



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

RUTE ROBERTA CORRÊA

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DE CONTROLE DE
QUALIDADE DE PEÇAS DE CONCRETO PARA
PAVIMENTAÇÃO**

Dissertação de Mestrado
submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil,
da Universidade Federal de Santa
Catarina, como parte dos requisitos
para obtenção do Título de Mestre
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto
Prudêncio Jr.

Florianópolis
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Corrêa, Rute Roberta
PROPOSTA DE METODOLOGIA DE CONTROLE DE QUALIDADE DE
PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO / Rute Roberta Corrêa
; orientador, Luiz Roberto Prudêncio Jr. - Florianópolis,
SC, 2013.
303 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. peças de concreto para
pavimentação (PCP). 3. método de controle de qualidade. I.
Prudêncio Jr., Luiz Roberto . II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Civil. III. Título

Rute Roberta Corrêa

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DE CONTROLE DE
QUALIDADE DE PEÇAS DE CONCRETO PARA
PAVIMENTAÇÃO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia Civil, e aprovada em sua forma
final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 05 de Abril de 2013.

Prof. Roberto Caldas de Andrade Pinto, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Jr.,
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Antonio Domingues de Figueiredo
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dr^a. Janaíde Cavalcante Rocha
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Alexandre Lima de Oliveira
Instituto Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais, Roque e Sueli.

AGRADECIMENTOS

Início agradecendo a Deus por ter me concedido a oportunidade de fazer o mestrado e também por ter me dado força para que eu o concluí-se.

Agradeço ao professor Luiz Roberto Prudêncio Jr. por ter me aceitado como orientanda e por todo o incentivo e orientação sempre prestados. Sou grata pela pesquisa que realizamos e pelos conhecimentos que me foram transmitidos. Agradeço à Regina Prudêncio pelo carinho.

Aos meus pais Roque e Sueli por sempre terem me apoiado e incentivado nos meus estudos. Agradeço pelos conselhos, amor, carinho e por sempre terem acreditado em mim. Aos meus irmãos Roque Paz, Allan, Alex e Rafael eu agradeço pelo amor e apoio. Ao meu marido André por ter me acompanhado em toda esta etapa, agradeço pelo amor, compreensão, paciência e pelas vezes em que me auxiliou no laboratório. A minha nona Natalícia pelas vezes que se dispôs a nos visitar.

Aos meus amigos do Gtec pelo apoio prestado ao longo deste trabalho: Rudiele, Ronaldo, Lucas, Eduardo, Felipe, Paulo, Matheus e Joelcio. Agradeço à Cleila Navarini pelas primeiras informações sobre o mestrado em engenharia civil da UFSC. A Ligia Mesquita pela ajuda e pelos conselhos durante o mestrado. A Carolina e a Juscélia por termos dividido os desafios do primeiro ano do mestrado.

À UFSC, ao PPGEC (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) e ao CNPQ (Conselho Nacional de Pesquisa) pelo incentivo a pesquisa e pela concessão da bolsa de estudo. Aos funcionários do LMMC (Laboratório de Materiais de Construção Civil) por disponibilizarem o espaço.

Aos proprietários da fábrica da Grande Florianópolis e da fábrica de Blumenau por terem disponibilizado informações, instalações e funcionários para auxiliarem no desenvolvimento desta pesquisa. Em especial agradeço ao Marcos, Diego, Willian, Nereu, Seu Nilton, Gisele, Amanda, Maurício, Jean e Alfonso.

Aos professores Alexandre, Antônio e Janaíde por aceitarem compor a banca examinadora desta pesquisa. Agradeço também aos demais familiares e amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A presente dissertação teve por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de controle de qualidade para empresas produtoras de peças de concreto para pavimentação (PCP). Sua importância consiste em contribuir para que as fábricas de PCP, dentro de suas limitações, possam utilizar esta metodologia para obter um aumento da qualidade das peças produzidas, da produtividade e diminuição de custos inerentes ao processo. Visando atingir o objetivo proposto, inicialmente realizou-se um diagnóstico do processo produtivo de duas fábricas de PCP de Santa Catarina, sendo uma fábrica da Grande Florianópolis e outra de Blumenau. A partir do diagnóstico inicial das fábricas e de pesquisa bibliográfica foi possível propor o programa de controle de qualidade, sendo este dividido em 4 módulos. O objetivo dos módulos iniciais foi mostrar quais os ensaios são necessários para a definição do parâmetro de massa específica verde que as PCP devem atingir durante o processo produtivo de forma a garantir que aos 28 dias as peças atinjam resistência à compressão preconizada pela NBR 9781 (1987). Após a definição dos parâmetros dos módulos iniciais, foi proposto no módulo 4 um fluxograma de controle de qualidade para aplicação diária nas fábricas. Neste fluxograma, são apresentadas as possíveis causas e as medidas que devem ser tomadas caso não se atinja o parâmetro de massa específica verde na produção. Foi possível a aplicação de 3 módulos do programa de controle de qualidade nas duas fábricas estudadas. Os resultados obtidos mostraram que o coeficiente de variação da resistência à compressão foi maior do que o apontado pela literatura e que apenas o controle da massa verde e do traço do concreto não é suficiente para a garantia do fpk das PCP. Além disso, constatou-se que, a utilização volume de sólidos das peças como parâmetro genérico de controle da resistência não totalmente eficaz pois, apesar de ambas as fábricas estudadas utilizarem o mesmo cimento, a fábrica onde este volume foi maior, a resistência à compressão foi menor, mesmo utilizando um consumo de cimento mais elevado na produção.

Palavras-chave: peças de concreto para pavimentação (PCP), método de controle de qualidade.

ABSTRACT

The present dissertation aimed at developing a method of quality control for concrete pavers (PCP). The importance of the proposed method is to increase the competitiveness of PCP producers by gains of productivity and product quality leading to cost savings. In order to achieve the proposed goal, initially it was carried out a diagnosis of the production process in two factories PCP Santa Catarina: one located in Florianópolis and another in Blumenau. From the initial diagnosis and literature review, it was possible to propose a quality control program, divided into 4 modules. The objective of the initial modules was to show the tests were necessary to define the PCP density in green state during the production process in order to guarantee the compressive strength at 28 days recommended by NBR 9781 (1987). After that, It was proposed in module 4 a flow chart of quality control for daily use in factories. This flow chart presents the possible causes and probable solution procedures when the minimum density of green concrete is not achieved during PCP production. During the period of this research it was applied 3 modules of the proposed quality control method. The results obtained showed that the coefficient of variation of the compressive strength was greater than that estimated by literature and the control of the green mass and concrete mix proportion is not sufficient to guarantee the f_{pk} of PCP. Moreover, it was found that the use of volume of solids of PCP as a generic quality control parameter is not totally effective because, although both plants studied use the same cement type and brand, that one where this volume was higher, the compressive strength was smaller, even using a higher cement content in the production process.

Keywords:concrete pavers, quality control method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de peças de concreto para pavimentação....	33
Figura 2 - Resistência à compressão do concreto seco e plástico em função da a/c	42
Figura 3 - Layout de uma fábrica de PCP	47
Figura 4 - Baias dos agregados descobertas.....	48
Figura 5 - Silo de armazenamento de cimento.....	49
Figura 6 - Partes principais de uma máquina vibro-prensa.....	52
Figura 7 - Corte longitudinal da gaveta.	53
Figura 8 - Mecanismo de funcionamento da gaveta: a) gaveta recuada; b) gaveta sobre a forma.	53
Figura 9 - Detalhe do conjunto de agitadores da gaveta	54
Figura 10 - Detalhes da parte frontal da gaveta com raspador da forma e das sapatas.	55
Figura 11 - Esquema do funcionamento de uma máquina a vibro-prensa	58
Figura 12 - Grades metálicas com as chapas com as PCP.....	59
Figura 13 - Câmara de cura térmica com as PCP.....	60
Figura 14 - PCP armazenados no pátio de uma fábrica.....	60
Figura 15 - Coeficiente de variação da resistência à compressão em função do coeficiente de variação da massa específica no estado verde das PCP.....	70
Figura 16 - Ábaco de dosagem obtido através das peças (corpos de prova 9x8 cm ou PCP-PAV1-80) moldadas em laboratório. .	74
Figura 17 - Parte do Check List de auditoria do Selo de Qualidade ABCP.....	78
Figura 18 - Etapas do programa experimental.	81
Figura 19 – Fluxograma do processo produtivo da fábrica da Grande Florianópolis.	82
Figura 20 - Misturador e silo do cimento.	84
Figura 21 - Estrias da pasta de cimento nas peças verdes.	86
Figura 22 - Funcionário posicionando as chapas na grade com a pinça.....	87
Figura 23 - Fluxograma do processo produtivo – Fábrica de Blumenau.	90
Figura 24 - Vista superior de parte dos silos dos agregados – Fábrica de Blumenau.....	91
Figura 25 - Vista inferior dos silos dos agregados – Fábrica de Blumenau	92
Figura 26 - PCP retangular.	98

Figura 27 - Proposta de metodologia de controle de qualidade para fábricas de PCP	100
Figura 28 - Fluxograma do módulo 1.....	101
Figura 29 - Gráfico genérico da massa específica seca obtida para uma dada resistência à compressão.	108
Figura 30 - Posicionamento das peças retangulares na chapa para a fábrica da Grande Florianópolis.....	109
Figura 31 – Histórico dos Fp, Fpk e CV para as PCP rompidas com 7 dias para o traço 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.	123
Figura 32 – Histórico dos Fp, Fpk e CV das PCP rompidas com 28 dias traço 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.	124
Figura 33 - Histórico dos Fp e Fpk e CV das PCP rompidas com 28 dias traço 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.....	125
Figura 34 - Coeficiente de variação das peças rompidas com 28 dias <i>versus</i> coeficiente de variação da massa específica dados dos 28 dias traço 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.....	127
Figura 35 - Fpk aos 7 e 28 dias das peças coletadas no mesmo dia para o traço 1 –Fábrica da Grande Florianópolis	129
Figura 36 - PCP capeadas com pasta de cimento.....	131
Figura 37 – Resultados para as PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 7 dias – Fábrica Grande Florianópolis.	138
Figura 38 – Resultados das PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 28 dias – Fábrica Grande Florianópolis.	139
Figura 39 - Fpk aos 7 e 28 dias para cada um dos 5 dias de coleta – Fábrica da Grande Florianópolis.	140
Figura 40 - Resultado das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com 7 dias.	141
Figura 41 – Resultado das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com 28 dias.	141
Figura 42 - Posicionamento das PH0635 na chapa - Fábrica da Grande Florianópolis.....	142
Figura 43 - a) Chapa com PCP verdes. b) Pesagem de uma PCP verde.....	143
Figura 44 - Posicionamento das PCP verdes pesadas e medidas.	143
Figura 45 - Massa das PCP da chapa número 1 obtidas durante cada um dos 5 dias da pesagem – Fábrica da Grande Florianópolis.....	148
Figura 46 - massa das PCP da chapa número 2 obtidas durante cada um dos 5 dias de pesagem – Fábrica da Grande Florianópolis.....	149

Figura 47 – Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.	149
Figura 48 – Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.	150
Figura 49 - Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.	151
Figura 50- Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 2.	151
Figura 51 – Curva da massa específica verde versus massa específica seca obtida para as peças da chapa número 1 e número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.	152
Figura 52 - Distribuição de massa das peças da chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.	153
Figura 53 - Distribuição de massa das peças da chapa número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.	153
Figura 54 - Distribuição de massa das peças para as duas chapas de PCP.	154
Figura 55 - Resistência à compressão obtidas para as argamassas confeccionadas com as diferentes amostras de cimento – Fábrica da Grande Florianópolis.	156
Figura 56 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica da Grande Florianópolis.	163
Figura 57 – Resultados das Fp com e sem os valores de massa específica seca de 2,21 g/cm ³	164
Figura 58 – Resultados das Fpk com e sem os valores de massa específica de 2,21g/cm ³	164
Figura 59 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 7 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica da Grande Florianópolis.	166
Figura 60 - Dados da 1 ^a e 2 ^a coleta usados para comparação de funções lineares.	167
Figura 61 - Dados da 1 ^a e 3 ^a coleta usados para comparação de funções lineares.	167
Figura 62 - Dados da 1 ^a e 4 ^a coleta usados para comparação de funções lineares.	168
Figura 63 - Dados da 1 ^a e 5 ^a coleta usados para comparação de funções lineares.	169
Figura 64 - Altura média das PCP rompidas com 7 e 28 dias para os 5 dias de coletas.	170

Figura 65 - Histórico dos Fp e Fpk para as PCP rompidas com 7 dias – Fábrica de Blumenau.....	176
Figura 66 - Histórico dos Fp e Fpk aos 28 dias - Fábrica de Blumenau.....	177
Figura 67 – Coeficiente de variação das peças rompidas com 28 dias versus o coeficiente de variação da massa específica – Fábrica de Blumenau.....	179
Figura 68 - Histórico dos Fpk aos 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	180
Figura 69 – Resultado para as PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 7 dias – Fábrica de Blumenau.....	188
Figura 70 - Resultado para as PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	188
Figura 71 - Fpk aos 7 e 28 dias para cada um dos 5 dias de coletas – Fábrica Blumenau.....	189
Figura 72 - Resultados das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com idade de 7 dias – Fábrica de Blumenau.....	190
Figura 73 - Resultados das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com idade de 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	190
Figura 74 - Posicionamento da PVR 635 na chapa – Fábrica de Blumenau.....	191
Figura 75 - Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.....	195
Figura 76 - Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.....	195
Figura 77 - Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.....	196
Figura 78 - Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.....	196
Figura 79 - Curva da massa específica verde versus massa específica obtida para as peças da chapa número 1 e número 2 – Fábrica de Blumenau.....	197
Figura 80 - Distribuição da massa verde na chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.....	198
Figura 81 - Distribuição da massa verde das PCP na chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.....	198
Figura 82 - Chapa número 1 com PCP secas.....	200
Figura 83 - chapa número 2 com PCP secas.....	200
Figura 84 - Chapa número 3 com PCP secas.....	201
Figura 85 - Chapa número 4 com PCP secas.....	201
Figura 86 - Chapa número 5 cm PCP secas.....	202

Figura 87 - Distribuição da massa das peças para as diferentes posições das chapas.	202
Figura 88 – Resistências à compressão obtidas para as argamassas confeccionadas com as diferentes amostras de cimento – Fábrica de Blumenau.....	207
Figura 89 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica de Blumenau.	212
Figura 90 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica de Blumenau.	213
Figura 91 – Resultados das Fp com e sem os valores de massa específica seca menor que as calculadas.	217
Figura 92 – Resultados das Fpk com e sem os valores de massa específica seca menor que as calculadas.	218
Figura 93- Altura média das PCP rompidas com 7 e 28 dias para os 5 dias de coletas.	221

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de fabricantes de PCP com selo de qualidade	35
Tabela 2 - Fator multiplicativo "p"	62
Tabela 3- Variação dimensional permitida.	62
Tabela 4 - Condição e tipo de controle a ser avaliado para encontrar o provável coeficiente de variação de uma fábrica.	76
Tabela 5 - Relação dos documentos e formulários Selo ABCP.	79
Tabela 6 – Tipos das PCP produzidas nas fábricas	96
Tabela 7 – Quantidade de materiais nos traços usados nas fábricas.....	97
Tabela 8 - Especificação dos materiais utilizados	97
Tabela 9 – Modelo da Tabela de Controle diário.	103
Tabela 10 – Resultado das PCP coletadas no 1º dia.	104
Tabela 11 - Volume médio das PCP.	107
Tabela 12 - Monitoramento das PCP da chapa nº “1 ou 2” para o ensaio de perda de água.	110
Tabela 13 - Controle diário de 3 chapas consecutiva com PCP verdes.	115
Tabela 14 - Controle das PCP verdes a cada 30 minutos.	116
Tabela 15 - Controle da uma chapa de PCP no início da tarde.	117
Tabela 16 - Quantidade de material no traço 1 e traço 2 praticado – Fábrica da Grande Florianópolis.	121
Tabela 17 - Resultados obtidos para o ensaio do volume – Fábrica da Grande Florianópolis.	134
Tabela 18 - Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	136
Tabela 19 - Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	137
Tabela 20 - Resultados obtidos no ensaio de perda de água para chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.....	144
Tabela 21 - Resultados obtidos no ensaio de perda de umidade para a chapa número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.	146
Tabela 22 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 7 dias.....	157
Tabela 23 – Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 28 dias....	157

Tabela 24 - Resultado do teste de Duncan.....	158
Tabela 25 - Conclusão do teste de Duncan para as resistências das argamassas de cimento rompidas com 28 dias.	158
Tabela 26 - Resultado da caracterização dos agregados – Fábrica da Grande Florianópolis.	159
Tabela 27 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão aos 28 dias.	161
Tabela 28 - Resultados do teste de Duncan.....	161
Tabela 29 - Conclusão do teste de Duncan para as médias das resistências à compressão das PCP aos 28 dias.	161
Tabela 30 - Resultados de resistência à compressão das argamassas e PCP rompidos com 28 dias.....	162
Tabela 31 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 28 dias.....	162
Tabela 32 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistência à compressão aos 28 dias.	165
Tabela 33 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 7 dias.....	165
Tabela 34 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 2º dia.....	167
Tabela 35 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 3º dia.....	168
Tabela 36 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 4º dia.....	168
Tabela 37 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 5º dia	169
Tabela 38 - Volume de sólidos obtidos para a Fábrica da Grande Florianópolis.....	172
Tabela 39 - Resultado do consumo de cimento em cada um dos 5 dias.	173
Tabela 40 – Quantidade de materiais usados nas PCP produzidas entre abril a outubro de 2012 – Fábrica de Blumenau.	175
Tabela 41 - Quantidade de material por virada antes e depois da aplicação do módulo 1 do programa de controle de qualidade – Fábrica de Blumenau.	182
Tabela 42 - Resultado obtido para o ensaio do volume – Fábrica de Blumenau.....	184
Tabela 43 – Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 7 dias – Fábrica de Blumenau.	186

Tabela 44 - Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	187
Tabela 45 - Resultados obtidos no ensaio de perda de água para a chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.....	193
Tabela 46 - Resultados obtidos no ensaio de perda de água para a chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.....	194
Tabela 47 - Médias e desvios das diferentes posições das chapas.....	204
Tabela 48 - Comparação múltipla de médias das posições das 5 chapas.....	205
Tabela 49 - Resultado do Teste de Duncan	205
Tabela 50-Conclusão do teste de Duncan para a médias das massas das diferentes posições das 5 chapas.	205
Tabela 51- Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 7 dias.....	208
Tabela 52 – Resultado do teste de Duncan para os 7 dias	208
Tabela 53 - Conclusão do teste de Duncan para as resistências das argamassas de cimento rompidas com 7 dias.....	208
Tabela 54 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 28 dias....	208
Tabela 55 - Resultados da caracterização dos agregados – Fábrica de Blumenau.....	210
Tabela 56 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão aos 28 dias.....	211
Tabela 57 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 28 dias.	211
Tabela 58 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão aos 7a dias.....	213
Tabela 59 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 7 dias.	213
Tabela 60 – Massa específica das PCP para cada um dos dias de produção.....	216
Tabela 61 - Massa específica seca das peças em cada um dos 5 dias de coletas.....	216
Tabela 62 - Volume de sólidos obtidos para a Fábrica de Blumenau.	220
Tabela 63 – Consumo de cimento Fábrica de Blumenau	222
Tabela 64 - PCP coletadas dia 05/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias- Fábrica da Grande Florianópolis – traço 1.....	233
Tabela 65 - PCP coletadas dia 06/07/12 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.....	235

Tabela 66 - PCP coletadas dia 07/07/12 e 08/07/12 e rompidas apenas aos 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	236
Tabela 67 - PCP coletadas dia 09/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias fábrica da Grande Florianópolis.	237
Tabela 68 - PCP coletadas dia 10/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	238
Tabela 69 - PCP coletadas dia 11/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	239
Tabela 70 - PCP coletadas dia 24/08/2012 e rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	240
Tabela 71 - PCP coletada dia 10/10/2012 e rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	241
Tabela 72 - PCP coletadas dia 27/08/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	242
Tabela 73 - PCP coletadas dia 10/09/2012 e 12/09/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	243
Tabela 74 - PCP coletadas dia 13/08/2012 e 14/09/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	244
Tabela 75 - PCP coletadas dia 08/10/2012 a 09/10/2012 e rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	245
Tabela 76 - PCP coletadas dia 15/10/2012 e rompidas apenas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	246
Tabela 77 - PCP coletadas dia 16/10/2012 e rompidas apenas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	247
Tabela 78 - PCP coletadas dia 17/10/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	248
Tabela 79 - PCP coletadas dia 18/10/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	249
Tabela 80 - PCP coletadas dia 19/10/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	250
Tabela 81 - PCP coletadas dia 24/08/2012 e rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	252
Tabela 82 - PCP coletadas dia 28/08/2012 e rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	253
Tabela 83 - PCP coletadas dia 10/09/2012 e 12/09/2012 rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	254
Tabela 84 - PCP coletadas dia 13/09/2012 e 14/09/2012 rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.	255
Tabela 85 - Dados das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.	256

Tabela 86 - Dados das PCP coletadas no 2º Dia – Fábrica da Grande Florianópolis.	257
Tabela 87 - Dados das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.	258
Tabela 88 - Dados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.	259
Tabela 89 - Dados das PCP coletadas no 5º dia- Fábrica da Grande Florianópolis	260
Tabela 90 - Resultados dos rompimentos das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica da Grande Florianópolis	262
Tabela 91 - Resultados dos rompimentos das PCP coletadas no 2º dia – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).....	264
Tabela 92 - Resultados das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.....	266
Tabela 93 - Resultados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.....	268
Tabela 94 - Resultados das PCP coletados no 5º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.....	270
Tabela 95 - Resultado do ensaio do cimento realizado para cada uma das 5 coletadas de cimento, obtidos através da moldagem de argamassas – Fábrica de Florianópolis.....	272
Tabela 96 - PCP coletadas dia 02/04/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	274
Tabela 97 - PCP coletadas dia 9/04/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.	275
Tabela 98 - PCP coletadas dia 24/04/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	276
Tabela 99 - Peças coletadas dia 15/05/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	277
Tabela 100 - Peças coletadas dia 18/05/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	278
Tabela 101 - PCP coletadas dia 23/05/2012 e rompidas com 7 e 28 dias - Fábrica de Blumenau.	279
Tabela 102 - PCP coletadas dia 01/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	280
Tabela 103 - PCP coletadas dia 04/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Bluemanu.....	281
Tabela 104 - PCP coletadas dia 06/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	282
Tabela 105 -PCP coletas dia 07/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.	283

Tabela 106 - PCP coletadas 13/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	284
Tabela 107 - PCP coletadas dia 19/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	285
Tabela 108 - PCP coletas dia 22/08/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	286
Tabela 109 - PCP coletadas dia 27/08/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	287
Tabela 110 - PCP coletadas dia 24/09/2012 rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	288
Tabela 111 - PCP coletadas dia 24/10/2012 rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.....	289
Tabela 112 - Dados das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica de Blumenau.....	290
Tabela 113 - Dados das PCP coletadas no 2º dia – Fábrica de Blumenau.....	291
Tabela 114 - Dados das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica de Blumenau.....	292
Tabela 115 - Dados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica de Blumenau.....	293
Tabela 116 - Dados das PCP coletadas no 5º dia – Fábrica de Blumenau.....	294
Tabela 117 - Resultado das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica de Blumenau.....	295
Tabela 118 - Resultado das PCP coletadas no 2º dia - Fábrica de Blumenau.....	297
Tabela 119 - Resultado das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica de Blumenau.....	299
Tabela 120 - Resultados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica de Blumenau.....	301
Tabela 121 - Resultados das PCP coletadas no 5º dia – Fábrica de Blumenau	303
Tabela 122 - Resultado do ensaio do cimento realizado para cada uma das 5 coletas de cimento, obtidos através da moldagem de argamassas – Fábrica de Blumenau.....	305

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a/c	Relação água cimento
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CLP	Controlador Lógico Programável
CPV – ARI –	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
RS	Resistente a Sulfato
CPII – Z	Cimento Portland Composto com Pozolana
CP IV	Cimento Portland Pozolânico
Gtec	Grupo de Tecnologia em Materiais e Componente à Base de Cimento Portland
LMCC	Laboratório de Materiais de Construção Civil
NBR	Norma Brasileira Registrada
PCP	Peças de Concreto para Pavimentação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

F _{pk}	Resistência à compressão da PCP
F _{pi}	Resistência à compressão individual das PCP ensaiadas
F _p	Resistência média à compressão das PCP ensaiadas
H	Altura
MPa	Mega Pascal
n	Número de peças da amostra
s	Desvio padrão da amostra
t	Coefficiente <i>t student</i>

GLOSSÁRIO

Coxim	Amortecedor de borracha.
Massa verde	Massa quando o concreto encontra-se no estado fresco.
Massa seca	Massa quando o concreto encontra-se no estado seco.
Massa específica verde	Relação entre a massa verde pelo volume da peça.
Massa específica seca	Relação entre a massa seca pelo volume da peça.
Tempo de alimentação	Tempo em que a gaveta fica posicionada sobre a forma, com o agitador e o sistema de vibração acionados, para o enchimento da forma com o concreto.
Tempo de vibro-compressão	Tempo necessário para vibro-prensar o concreto (moldagem das peças).
Porcentagem de volume de sólidos	Relação do volume de cimento e agregados (volume de material sólido) pelo volume da peça.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	33
1.1	OBJETIVOS.....	36
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	36
2	PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO ...	39
2.1	BREVE HISTÓRCIO DAS PCP	39
2.2	CARACTERÍSTICAS DOS CONCRETOS EMPREGADOS NA PRODUÇÃO DE PCP	40
2.3	MATERIAIS EMPREGADOS NA PRODUÇÃO DE PCP	42
2.3.1	Cimento Portland	43
2.3.2	Agregados graúdos e miúdos	44
2.3.3	Água	44
2.3.4	Aditivos e Pigmentos	45
2.4	PROCESSO PRODUTIVO DAS PCP.....	46
2.4.1	Armazenamento de matérias primas	48
2.4.2	Dosagem e proporcionamento	49
2.4.3	Mistura	50
2.4.4	Moldagem das PCP	51
2.4.4.1	Máquinas de vibro compressão	51
2.4.4.2	Funcionamento da máquina de vibro compressão	57
2.4.5	Transporte, cura e armazenamento	58
3	NORMATIZAÇÃO PARA PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO	61
3.1	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	61
3.2	VARIAÇÃO DIMENSIONAL	62
3.3	RESISTÊNCIA À ABRASÃO	63
3.4	TEXTURA SUPERFICIAL	63
3.5	ABSORÇÃO.....	64
4	PARTICULARIDADES QUANTO À PRODUÇÃO DE PCP	67
4.1	DISTRIBUIÇÃO DE PESOS NA CHAPA.....	67
4.2	VARIAÇÃO DE PESO NO DECORRER DA PRODUÇÃO	67
4.3	CUIDADOS COM A VELOCIDADE DE RECUO DA GAVETA E O RASPADOR DE PENTE.....	67
4.4	QUANTIDADE IDEAL DE ÁGUA NAS MISTURAS	68
5	MÉTODOS DE DOSAGEM PARA PCP	69
5.1	MÉTODO DE DOSAGEM PROPOSTO POR OLIVEIRA (2004).....	69

6	CONTROLE DE QUALIDADE	75
6.1	SELO DE QUALIDADE ABCP	77
7	PROGRAMA EXPERIMENTAL	81
7.1	ETAPA 1 - DIAGNÓSTICO DO PROCESSO PRODUTIVO DAS FÁBRICAS.....	81
7.1.1	DIAGNÓSTICO DA FÁBRICA DA GRANDE FLORIANÓPOLIS.....	82
7.1.1.1	Entrega da Matéria Prima.....	82
7.1.1.2	Armazenamento da Matéria Prima	83
7.1.1.3	Transporte das Matérias Primas.....	84
7.1.1.4	Produção do Concreto para as PCP	84
7.1.1.5	Moldagem das PCP	85
7.1.1.6	Transporte para as Câmaras de Cura	87
7.1.1.7	Paletização e laboratório	88
7.1.1.8	Estoque/Armazenamento	89
7.1.1.9	Conclusão do Diagnóstico da fábrica da Grande Florianópolis	89
7.1.2	DIAGNÓSTICO DO PROCESSO PRODUTIVO DA FÁBRICA DE BLUMENAU.....	89
7.1.2.1	Entrega da matéria prima	90
7.1.2.2	Armazenamento da matéria Prima	91
7.1.2.3	Produção do concreto para a produção de PCP	92
7.1.2.4	Moldagem das PCP	93
7.1.2.5	Transporte para as câmaras de cura	93
7.1.2.6	Paletização e laboratório	94
7.1.2.7	Estoque / armazenamento	94
7.1.2.8	Conclusão do diagnóstico da fábrica de Blumenau ...	95
7.2	ETAPA 2 - IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DAS PCP E QUANTIDADE DE MATERIAIS USADO NOS TRAÇOS DAS FÁBRICAS.....	95
7.3	ETAPA 3 – PROPOSTA DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE	98
7.3.1	MÓDULO 1	100
7.3.2	MÓDULO 2	101
7.3.2.1	Ensaio de Resistência à Compressão	102
7.3.2.2	Ensaio do Volume médio das PCP.....	106
7.3.2.3	Traçado da curva da massa específica seca <i>versus</i> resistência à compressão das peças.....	108
7.3.2.4	Ensaio de perda de água das PCP.....	109
7.3.3	MÓDULO 3	111
7.3.3.1	Ensaio do cimento.....	111

7.3.3.2 Ensaio dos agregados	111
7.3.4 MÓDULO 4.....	112
8 APLICAÇÃO E RESULTADOS DO PROGRAMA DE	
CONTROLE DE QUALIDADE NAS FÁBRICAS	119
8.1 APLICAÇÃO E RESULTADOS DO PROGRAMA DE	
CONTROLE DE QUALIDADE – FÁBRICA DE FLORIANÓPOLIS	
.....	120
8.1.1 Módulo 1 – Histórico de resistência à compressão .	120
8.1.2 Módulo 2.....	130
8.1.2.1 Ensaio de Resistência à compressão.....	130
8.1.2.2 Ensaio do Volume.....	131
8.1.2.3 Traçado da curva de massa específica seca <i>versus</i>	
resistência à compressão	135
8.1.2.4 Ensaio de perda de água das PCP	142
8.1.3 Módulo 3.....	155
8.1.3.1 Ensaio do cimento	155
8.1.3.2 Ensaio dos agregados	158
8.1.4 Análise estatística dos resultados da fábrica da Grande	
Florianópolis.....	160
8.1.4.1 Resultados das PCP rompidas com 28 dias.....	160
8.1.4.2 Resultados das PCP rompidas com 7 dias.....	165
8.1.4.3 Comparação de funções lineares.....	166
8.1.4.4 Avaliação da altura das PCP.....	170
8.1.4.5 Resultados do volume de sólidos.....	170
8.1.4.6 Determinação do consumo real de cimento	172
8.1.5 Considerações para a Fábrica da Grande Florianópolis	
.....	173
8.2 APLICAÇÃO E RESULTADOS DO PROGRAMA DE	
CONTROLE DE QUALIDADE NA FÁBRICA DE BLUMENAU	174
8.2.1 Módulo 1: Histórico de resistência à compressão ...	175
8.2.2 Módulo 2.....	182
8.2.2.1 Ensaio de resistência à compressão.....	182
8.2.2.2 Ensaio do volume	183
8.2.2.3 Traçado da curva de massa específica seca <i>versus</i>	
resistência à compressão	185
8.2.2.4 Ensaio de perda de água das PCP	191
8.2.2.5 Avaliação da distribuição de massa em diferentes	
chapas	199
8.2.3 Módulo 3.....	206
8.2.3.1 Ensaio do cimento	206
8.2.3.2 Ensaio dos agregados	209

8.2.4	Análise estatística para a Fábrica de Blumenau.....	211
8.2.4.1	Resultados das PCP rompidas com 28 dias	211
8.2.4.2	Resultados das PCP rompidas com 7 dias	212
8.2.4.3	Determinação da massa específica seca com base nas equações propostas por OLIVEIRA (2004).....	214
8.2.4.4	Determinação do Volume real de Sólidos	218
8.2.4.5	Avaliação das alturas das PCP	221
8.2.4.6	Determinação do consumo real de cimento	221
8.2.5	Considerações para a Fábrica de Blumenau	222
9	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	225
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	229
	ANEXOS.....	233

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a NBR 9781 (1987), as peças de concreto para pavimentação são peças pré-moldadas de formato geométrico regular, com comprimento máximo de 400 mm, largura mínima de 100 mm, e altura mínima de 60 mm.

A fabricação das peças de concreto para pavimentação tem ganhado progressivo espaço como solução para a pavimentação de áreas urbanas. Isto se deve não só ao aumento de esforços de empresas e entidades do setor no incentivo de sua utilização, mas também pelas vantagens técnicas do sistema (PAGNUSSAT, 2004). Estas peças para pavimentação também podem ser chamadas de *pavers* ou pavimentos intertravados de concreto (FIOROTI, 2007). Na presente pesquisa, optou-se por utilizar a denominação da NBR 9781 (1987) como peças de concreto para pavimentação (PCP). Na Figura 1 é possível observar alguns modelos de PCP.

Figura 1 – Modelo de peças de concreto para pavimentação



Fonte: (<http://www.dicaseideias.com/conheca-a-calcada-ideal-para-sua-casa-empresa-etc/>)

De acordo com Ferreira (1991 *apud* Oliveira 2004), as principais vantagens da pavimentação com PCP, são:

- Baixo custo de manutenção, sendo recomendada para regiões em fase de crescimento;
- Geralmente utiliza mão de obra não especializada;

- Pode ser posta em serviço imediatamente após a execução;
- Propicia boa superfície de rolamento para velocidade de até 80 Km/h;
- Baixo custo devido à fabricação industrializada;
- Efeito estético devido à diversidade de formas e cores;
- Quando adequadamente projetada e executada, propicia elevada vida útil;

A utilização de PCP auxilia ainda na redução da iluminação pública e a permissão do acesso à rede subterrânea apenas com a retirada das peças, que podem ser recolocadas após as intervenções necessárias (PAGNUSSAT, 2004). Devido às várias vantagens, este tipo de revestimento vem sendo utilizado em diversos locais, como: vias urbanas, postos de gasolina, estacionamentos, terminais de ônibus, portos e aeroportos (PIROLA, 2011).

Para suprir a demanda do mercado consumidor das PCP, se tem observado um aumento no número de fábricas produtoras, estas se diferenciando no maior ou menor grau de sofisticação dos seus equipamentos, além do nível de conhecimento sobre a produção das peças, bem como as formas de controle utilizado para a garantia de peças com a qualidade requerida por norma. Conforme Oliveira (2004), apesar do aumento do número de fabricantes, poucas são as que conseguem garantir as resistências estabelecidas pela NBR 9781 (1987), utilizando um proporcionamento econômico.

Em nível nacional, a ABCP concede o selo de qualidade ABCP às empresas produtoras de blocos de concreto e pavimentação que se encontram em conformidade com as normas vigentes da ABNT. Na Tabela 1, é mostrado o número de fabricantes nacionais com selo de qualidade para PCP, sendo que 38 fábricas possuem selo somente para produção de PCP de 35 MPa e outras 16 fábricas possuem selo para produção de PCP de 35 e 50 MPa.

Tabela 1 - Número de fabricantes de PCP com selo de qualidade

Região	Selo somente para PCP de 35 MPa	Selo para PCP de 35 e 50 MPa
Sudeste	21	8
Sul	14	7
Centro Oeste	1	0
Norte	0	0
Nordeste	2	1
Total	38	16

Fonte: ABCP, 2013.

Apesar do incentivo da ABCP para garantia da boa imagem do produto final, ainda existem inúmeros fabricantes sem selo de qualidade, colocando no mercado produtos com características duvidosas. Nota-se também, que mesmo com o incentivo da ABCP, muitos fabricantes possuem dificuldades em garantir um produto final com a resistência à compressão normatizada, com proporcionamento econômico. Este fato se deve não só às várias fontes de variabilidade existentes no processo produtivo como também pela falta de conhecimento por parte dos produtores sobre os parâmetros que influem significativamente na qualidade final do produto.

Nota-se também a quase inexistência de bibliografias voltadas para o controle de qualidade das PCP e que a NBR 9781 (1987) especifica somente a resistência à compressão das PCP aos 28 dias, sendo que com esta idade muitas peças já estão em serviço, sem suas amostras terem passado por ensaio de resistência à compressão.

Pesquisadores têm observado variações de peso em peças de uma mesma chapa, bem como a variação no decorrer da produção. Esta variação compromete a qualidade final do produto e é causado por vários fatores entre eles: problemas de regulagens dos equipamentos, falta do controle dos materiais que irão compor o concreto, falta de controle da umidade durante o processo produtivo das peças.

Neste contexto, a presente dissertação tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de controle de qualidade de PCP, de forma a contribuir para que, durante o seu processo produtivo, alguns parâmetros possam ser avaliados, garantindo desta forma peças com maior qualidade. Para a sua validação, aplica-se a proposta de controle de qualidade desenvolvida em

duas fábricas do estado de Santa Catarina, sendo uma localizada na Região da Grande Florianópolis e outra na cidade de Blumenau.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral da presente pesquisa consiste em desenvolver uma metodologia de controle de qualidade para fábricas produtoras de PCP, com posterior aplicação em dois estudos de caso.

Para atingir o objetivo geral os seguintes objetivos específicos são propostos:

- (i) Realizar um diagnóstico do processo produtivo das duas fábricas em estudo de forma a levantar:
- (ii) O fluxograma do processo produtivo;
- (iii) Os tipos de controles realizados;
- (iv) Os tipos de PCP e materiais usados na produção;
- (v) Os problemas nas etapas do processo produtivo;
- (vi) Propor uma metodologia de Controle de qualidade;
- (vii) Definir os ensaios necessários para a definição da massa específica verde das PCP a ser atingida na produção;
- (viii) Aplicar a metodologia de controle proposta em dois estudos de caso;

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho encontra-se dividido em dez capítulos. No capítulo 1, são apresentados a introdução e os objetivos da pesquisa. No capítulo 2, é feito um breve histórico das PCP bem como é realizada uma abordagem sobre os concretos plásticos e secos, processo produtivo e os materiais utilizados. No capítulo 3, é realizada uma revisão sobre a normatização Brasileira para as PCP. No capítulo 4, apresenta-se algumas particularidades quanto a produção de PCP, sendo no capítulo 5 abordados alguns métodos de dosagem e o capítulo 6 é voltado ao controle de qualidade.

O programa experimental proposto é apresentado no capítulo 7. O capítulo 8 destina-se a apresentação da aplicação do programa de controle de qualidade e os resultados obtidos em cada uma das fábricas estudadas, sendo no capítulo 9

apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos que venham a complementar a presente pesquisa. No capítulo 10, apresentam-se as referências bibliográficas.

2 PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

2.1 BREVE HISTÓRCIO DAS PCP

As primeiras peças de concreto para pavimentação foram produzidas na Alemanha no final do século XIX. Mesmo antes da primeira Guerra Mundial (1914), já existia um número de patentes de PCP demonstrando, desta forma, a preferência por este tipo de produto (MEYER, 1981).

Segundo Cruz (2003), os primeiros avanços no desenvolvimento da utilização de PCP ocorreram na Alemanha e Holanda, após a Segunda Guerra Mundial, no período de reconstrução dos países atingidos. Depois de 1950, ocorre uma evolução dos modelos de formas existentes para a fabricação das PCP. Inicialmente, as peças imitavam os tijolos e peças aparelhadas utilizadas na época, tendo como objetivo a substituição gradual dessas peças. As únicas vantagens da utilização de PCP, nesta época, eram os custos mais baixos e a homogeneidade dimensional.

As máquinas com ciclo automático de elevada capacidade surgem após a Segunda Guerra Mundial. Entre os anos de 1960 e 70, as PCP ganham um forte nicho de mercado na Europa, sendo que, nesta época, haviam mais de cinco fábricas de equipamentos na Alemanha. O mercado e tecnologia das PCP amadureceram na Europa, sendo posteriormente espalhadas ao redor do mundo (PAGE, 1998).

No Brasil, a fabricação de peças pré-moldadas, inicialmente era realizada artesanalmente, por indústrias de pouco porte e baixa capacidade produtiva. Desta forma, não há registros precisos sobre a introdução das PCP no país. As primeiras fábricas de peças pré-moldadas dispoñdo de equipamentos de vibro-compressão se deu no final dos anos 60 sendo, desta forma, considerado o início dos anos 70 como o marco do emprego de PCP no Brasil, (RODRIGUES, 1986 *apud* OLIVEIRA, 2004).

2.2 CARACTERÍSTICAS DOS CONCRETOS EMPREGADOS NA PRODUÇÃO DE PCP

O concreto é um material composto que consiste essencialmente de um meio contínuo aglomerante, dentro do qual estão mergulhados partículas ou fragmentos denominados agregados. No concreto de cimento hidráulico, o meio aglomerante é formado por uma mistura de cimento e água (METHA & MONTEIRO, 1994).

Os concretos que utilizam cimento Portland apresentam inúmeras aplicações e finalidades. Devido a sua versatilidade e o alcance de propriedades requeridas como durabilidade e resistência à compressão, entre outros, os mesmos podem ser utilizados na construção de peças pré-moldadas, edificações, barragens, pontes, pavimentos, etc. (FRASSON, 2000).

A classificação dos concretos pode ser feita em dois grandes grupos: concreto plástico e concreto seco. O concreto plástico é o mais utilizado, podendo-se citar o concreto convencional utilizado em obras de concreto armado, concreto fluido usado na fabricação de peças pré-moldadas, entre outros. Como concreto seco pode-se citar o concreto projetado por via seca, o concreto compactado a rolo e o concreto usado na fabricação de blocos de concreto e PCP, (FRASSON, 2000).

Os dois grupos de concreto apresentam inúmeras diferenças, podendo-se citar: a forma em que o ar é aprisionado e eliminado da mistura, a trabalhabilidade e o abatimento, a granulometria final, a relação água/materiais secos (H), a forma de produção de cada tipo de concreto, entre outras, (FRASSON, 2000).

Os concretos plásticos podem ser chamados de concretos estruturais normais. Apresentam elevado consumo de água, além da quantidade necessária para hidratação do cimento, para obtenção de uma mistura plástica e com consistência conveniente, capaz de ser adensada perfeitamente, sendo a retirada do ar aprisionado feita geralmente mediante vibradores de imersão, (OLIVEIRA, 2004).

A quantidade de água em excesso, necessária para garantir a consistência desejada ao concreto plástico, além daquela necessária para a hidratação do cimento, origina poros, fazendo diminuir a resistência dos concretos. Tal fato faz com que a resistência deste tipo de concreto, se relacione

diretamente com a relação água/cimento, através da expressão matemática conhecida com lei de Abrams (FRASSON, 2000).

Em 1918, Duff Abrams determinou a existência de uma relação entre a água/cimento (a/c) e a resistência do concreto (NEVILLE, 1997), sendo esta:

$$f_c = \frac{K_1}{K_2 \frac{a}{c}} \quad (1)$$

Onde:

K_1 e k_2 são constantes empíricas

F_c = resistência característica do concreto em j dias

a/c = relação água cimento

Os concretos plásticos atendem a uma segunda lei de comportamento conhecida como lei de Lyse. Esta lei segue a seguinte regra: A quantidade de água a ser empregada em um concreto com determinado grupo de materiais para obter-se uma dada trabalhabilidade independe do traço deste concreto. Na prática, para um dado grupo de materiais, existe uma relação água/materiais secos (H) constante para obter-se uma dada trabalhabilidade (FRASSON, 2000).

Os concretos secos são caracterizados por apresentarem uma mistura com consistência inicial maior do que a das misturas de concreto convencionais. A mistura deve ser suficientemente rígida para garantir uma consolidação eficaz (pelos equipamentos de compactação), ou para permitir a desmoldagem imediata (para a maioria das peças pré moldadas), mas molhada o suficiente para permitir uma distribuição adequada da pasta em toda a massa do elemento durante a mistura e operações de vibração. A alta consistência necessária para o concreto seco é normalmente conseguida por redução da quantidade de água ou pela diminuição da fração de pasta da mistura (MARCHAND et. al. 1996).

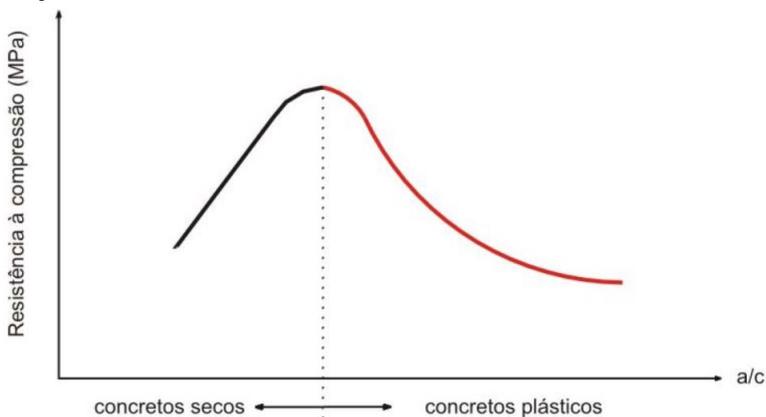
Para os concretos secos utilizados na produção de blocos de concreto e PCP, a eliminação do ar é realizada com a utilização de máquinas vibro-prensas. Os concretos secos para a produção de PCP não seguem a risca a lei de Abrams. Neste caso, via de regra, quanto maior a quantidade de água empregada na mistura maior será a resistência final das peças. Segundo Pirola (2010), tal fato ocorre porque a água empregada

contribui com uma melhor plasticidade a mistura, ou seja a água funciona como um lubrificante, diminuindo o atrito interno entre os grãos, tornando mais fácil a prensagem das peças e tornando mais eficiente a remoção do ar aprisionado.

Para Tango (1994), a quantidade de água de cada mistura deve ser a maior possível, suficiente para que os blocos não se esboroem e não tão grande que faça com que os mesmos tenham dificuldades de desforma por aderência aos moldes, ou por perda do formato adequado. Consequência direta disto é que o maquinário utilizado passa a ser de suma importância na qualidade final das peças produzidas.

A umidade é de primordial importância para a produção dos concretos secos utilizados em blocos e em PCP. Tal umidade gira em torno de 6% a 8% sendo esta função dos materiais e tipo de equipamento empregado.

Figura 2 - Resistência à compressão do concreto seco e plástico em função da a/c



Fonte: OLIVEIRA (2004).

2.3 MATERIAIS EMPREGADOS NA PRODUÇÃO DE PCP

Para a produção de PCP, além da preocupação com equipamentos de produção, instalações e acessórios, é fundamental conhecer as características dos materiais empregados na fabricação das peças. O desconhecimento de tais características pode levar a práticas inadequadas, com maior

consumo de cimento, menor produtividade e maior custo de produção (FERNANDES, 2011).

Os principais insumos empregados na fabricação das PCP são: cimento Portland, agregado miúdo e graúdo, água e eventuais aditivos químicos e adições minerais. A seguir, serão abordadas as principais características dos materiais empregados na produção das PCP:

2.3.1 Cimento Portland

O cimento utilizado para a fabricação de PCP pode ser de qualquer tipo e classe, devendo apenas, obedecer a suas referidas normas (NBR 9781:1987). Entretanto, os cimentos mais utilizados para a produção das PCP são os de alta resistência inicial (CPV ARI e o CPV-ARI-RS), em função da elevada resistência que propiciam nas primeiras idades, permitindo assim a desforma, manuseio e paletização mais rápida dos produtos. O desenvolvimento desta maior resistência inicial é conseguido pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção de clínquer (que resulta em elevação dos conteúdos de alita e C₃A) e pela moagem mais fina do cimento. Desta forma, ao reagir com água, o CPV ARI adquire elevadas resistências com maior velocidade, (BATTAGIN, 2011). A diferença entre o CPV ARI e o CPV ARI-RS está no fato que o CPV ARI-RS ser produzido com uma adição em torno de 12 % de cinza volante ou quantidade de escória de alto forno inferior a 30%, diminuindo assim o custo energético (pois diminui a quantidade de clínquer empregado) e o custo final dos produtos para empresas produtoras de cimento.

Para as PCP atingirem a resistência à compressão estipuladas pela NBR 9781 (1987) de 35 e 50 MPa, o consumo de cimento é alto (traços variando de 1:3 a 1:7 em massa), comparando-se com o dos blocos para alvenaria (1:7 a 1:14 em massa), tornando-se o cimento um forte determinante no custo final do produto (OLIVEIRA, 2004).

A determinação do consumo de cimento depende do tipo de equipamento empregado na produção pois, com um mesmo traço, podem-se produzir peças com diferentes resistências mecânicas, desde que estas apresentem uma maior ou menor compacidade (PIROLA, 2011).

2.3.2 Agregados graúdos e miúdos

A qualidade dos agregados é fundamental para a obtenção das propriedades das PCP. De acordo com Medeiros (1993), as características destes materiais podem interferir na aderência com a pasta de cimento, alterando a homogeneidade e a resistência do concreto constituinte. O autor relata ainda que a resistência mecânica dos agregados tem influência na resistência mecânica das peças, pois estes ocupam maior parte do volume existente no concreto e também permitem um maior ou menor grau de compactação, de acordo com sua distribuição granulométrica.

Os agregados miúdos mais usados na fabricação de PCP são os naturais (de rio ou de cava). Entretanto, cada vez mais, tem-se observado o uso de areia de britagem e/ou pó de pedra e a escolha dependerá da disponibilidade de material na região. Quanto aos agregados graúdos, os mais indicados são aqueles com dimensão máxima característica inferior a 9,5 mm (brita 0), para melhorar a textura superficial das peças e evitar danos a forma, (RODRIGUES, 1984 *apud* OLIVEIRA, 2004).

2.3.3 Água

A qualidade da água de amassamento para o concreto é de primordial importância, visto que, juntamente com o cimento, produz a matriz resistente que aglutina os agregados e confere compacidade à matriz para dotar as estruturas de durabilidade e vida útil (ISAIA, 2011). Em se tratando de normalização Brasileira, a NBR 15900:2009 trata da qualidade da água de amassamento para produção de concretos. Tal norma trata dos diferentes tipos de água que podem vir a ser utilizados na produção de concretos, desde que sejam analisados previamente (água natural de superfície, água de captação pluvial, água residual industrial, água salobra, água de esgoto tratado, água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto).

A presença de substâncias em suspensão ou diluídas na água pode afetar o tempo de pega da pasta cimentícia e, como consequência, o início da hidratação dos compostos como aluminatos, silicatos e ferro-aluminato, influenciando posteriormente no desenvolvimento da resistência à compressão (ISAIA, 2011).

Variando-se o conteúdo de água ocorrerá variação na textura, cor, resistência e durabilidade das PCP (DOWSON, 1998).

2.3.4 Aditivos e Pigmentos

A NBR 11768 (1992) define aditivos

“como produtos que, adicionados em pequenas quantidades a concretos e argamassas de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.”

De acordo com OLIVEIRA (2004), apesar do uso corrente de aditivos plastificantes e superplastificantes na produção de concretos plásticos, estes não são utilizados para produzir PCP. Para se conseguir o efeito desejado dos referidos aditivos, estes necessitam de uma quantidade mínima de água, superior a quantidade de água empregada para a para a confecção dos concretos secos para PCP. Os aditivos que podem interessar para a produção de PCP são os aditivos incorporadores de ar.

Os aditivos incorporadores de ar são usados para produzir, em argamassas e concretos, um sistema de bolhas de ar microscópico que seja estável e uniforme (NBR 11768: 1992). Nos concretos plásticos, os aditivos incorporadores de ar podem melhorar a reologia do concreto de forma significativa em misturas com o consumo de cimento abaixo de 300 Kg/m³ ou em traços com graduação pobre ou falta de finos. Nesses casos, os incorporadores de ar melhoram a trabalhabilidade do concreto, podem melhorar a coesão da mistura, e reduzem a exsudação. No entanto, se a quantidade exceder ao recomendado, pode-se causar retardo na pega e redução de resistência (HARTMANN et al. 2011).

Para os concretos secos, a adição do aditivo incorporador de ar também melhora a trabalhabilidade, porém acredita-se que, neste caso, não há a formação de bolhas, ou se são formadas, com a elevada vibração das máquinas de vibrocompressão, elas desaparecem. Não se tem um consenso sobre o mecanismo de funcionamento deste aditivo no concreto usado na produção de PCP (PIROLA, 2011). Acredita-se que apenas reduzem o atrito entre as partículas.

Quanto aos pigmentos, estes são usados para dar coloração as peças, possibilitando a obtenção de produto com maior valor agregado. Os pigmentos não afetam a hidratação do cimento, porém afetam consideravelmente a trabalhabilidade das misturas, devido a elevada finura, refletindo nas propriedades mecânicas finais, (RODRIGUES, 1984 apud OLIVEIRA, 2004).

A seleção adequada dos materiais é um fator de grande importância para que seja possível obter os resultados desejados para a cor das peças. A quantidade ideal de pigmento para a coloração das peças vai depender da tonalidade desejada e de experimentos práticos realizadas na produção (MEDEIROS, 1993).

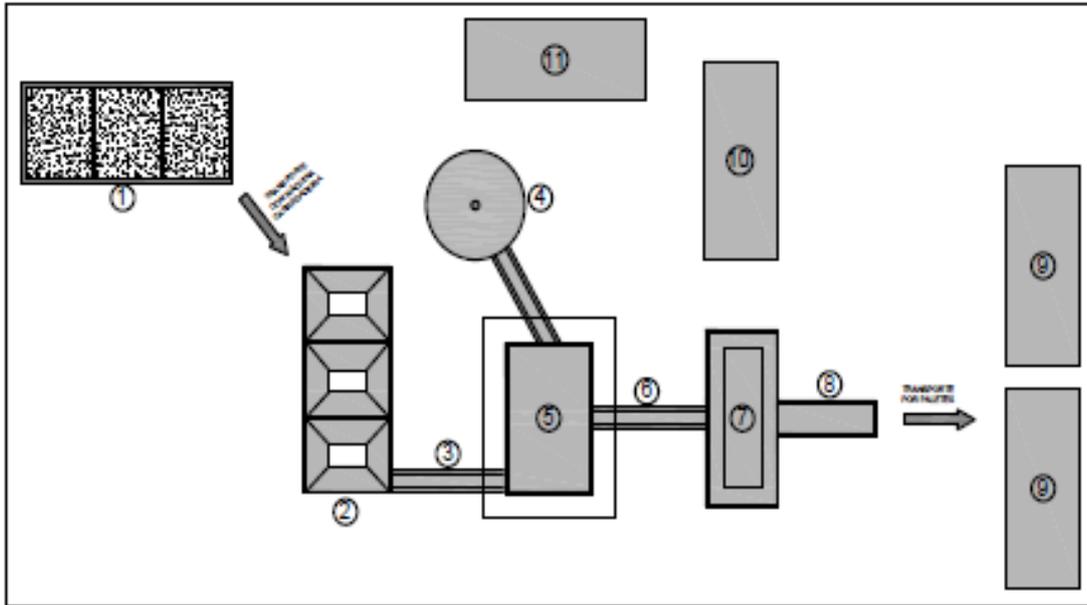
2.4 PROCESSO PRODUTIVO DAS PCP

O processo produtivo das PCP envolve vários tipos e modelos de equipamentos, desde uma máquina manual que produz em média 800 blocos por dia a uma instalação automática composta por vibro prensa hidráulica podendo produzir até 20.000 blocos por dia (FERNANDES, 2011).

Para a produção das PCP, são necessários equipamentos e controle de qualidade do processo produtivo, garantindo assim peças com qualidade que atendam resistência à compressão, textura e absorção. Na Figura 3 é apresentado um layout de uma fábrica de PCP, em que:

1. Baias dos agregados;
2. Cuba e balança dos agregados;
3. Correia transportadora;
4. Silo do cimento;
5. Misturador;
6. Correia transportadora;
7. Máquina vibro-prensa;
8. Transportador de chapas;
9. Câmara de cura;
10. Paletização;
11. Laboratório.

Figura 3 - Layout de uma fábrica de PCP



. Fonte: PIROLA (2011).

As principais etapas envolvidas no processo produtivo são: armazenamento das matérias primas; proporcionamento dos materiais; Mistura; Moldagem das PCP; Equipamentos de vibro-compressão; Cura. Cada uma das etapas é descrita na sequência.

2.4.1 Armazenamento de matérias primas

O armazenamento dos agregados deve ser feito em baias com separação evitando, desta forma o contato entre os diferentes agregados, e garantindo que cada silo de agregado não receberá agregados misturados, conforme Figura 4. Devem-se evitar variações bruscas de umidade dos agregados, assim sendo indica-se que os mesmos sejam estocados em locais protegidos da chuva.

Figura 4 - Baias dos agregados descobertas.



O armazenamento do cimento pode ser realizado de duas formas: a granel ou em sacos. O cimento a granel é armazenado em silos e facilita a operação de uso de sistemas automatizados, além de apresentar custo mais barato por não utilizarem embalagens. Na Figura 5, é mostrado um silo de armazenamento do cimento.

Figura 5 - Silo de armazenamento de cimento.



2.4.2 Dosagem e proporcionamento

Geralmente a dosagem de um concreto “seco” inicia-se pelo estudo da composição ideal entre os agregados. Estas dosagens visam obter o menor volume de vazios possíveis, garantindo desta forma uma maior massa unitária. A garantia de um menor volume de vazios objetiva encontrar uma proporção entre os agregados que resulte em uma mistura mais compacta por ter relação direta com a resistência à compressão. Peças mais compactas apresentam maiores resistências à compressão (FRASSON, 2000).

Quanto à quantidade de água, deve ser estabelecida experimentalmente em fábrica e é função dos materiais empregados e dos equipamentos utilizados. Quanto mais água puder ser empregada na mistura, maiores serão a compactidade e a resistência alcançadas. Porém, se esta quantidade for excessiva, poderão ocorrer problemas de deformações durante a

desforma e o transporte das peças para câmara de cura, prejudicando a qualidade das peças. Para corrigir estes problemas, sensores de umidades devem estar presentes dentro da cuba do misturador ou dentro do silo de armazenamento dos agregados, para a posterior correção da umidade (FRASSON, 2000). Os sensores de umidade detectam a umidade contida na mistura ou nos agregados e comandam automaticamente a quantidade suplementar de água, caso a umidade não tenha sido atingida.

Após a definição da dosagem do concreto seco, é realizado o seu proporcionamento podendo o mesmo ser gravimétrico e volumétrico. O recomendável é que os agregados e cimentos sejam dosados em massa, com auxílio de balanças, pois a correta medição dos materiais a serem usados é um fator fundamental para garantir a produção de peças mais homogêneas e com menor variabilidade. Pirola (2011) relata que uma das razões da recomendação para o não proporcionamento dos materiais em volume, é o inchamento da areia, que pode causar erros de medições.

De acordo com Fernandes (2011), o ideal é que cada fábrica deva ter seu proporcionamento específico, levando em conta as características dos materiais empregados e dos equipamentos disponíveis.

2.4.3 Mistura

Depois de proporcionado os materiais, estes são encaminhados ao misturador. Nesta etapa, devem-se empregar misturadores capazes de empregar tempo e energia suficiente para completa homogeneização da mistura. Os misturadores empregados para a produção de PCP podem ser de eixo vertical (misturadores forçados) e horizontal (por gravidade).

Cada tipo de misturador deve trabalhar com um volume adequado de material, que varia entre 50 % e 70% da capacidade do tambor. O tempo de homogeneização empregado pode variar de 60 a 180 segundos, devendo ser praticado conforme recomendação do fabricante do equipamento (FERNANDES, 2011).

Se a umidade for controlada pelo sensor de umidade, deve-se tomar cuidado no seu posicionamento dentro do

misturador evitando, desta forma, problemas de peças com falta ou excesso de umidade.

2.4.4 Moldagem das PCP

Após a correta homogeneização da mistura, a mesma é encaminhada através da correia transportadora ou por gravidade até o silo de armazenamento da máquina vibro-prensa, onde passará pelo processo de moldagem.

A denominação de máquina vibro-prensa advém do tipo de mecanismo empregado para fazer que com que o material penetre e preencha as formas de aço do equipamento. Os benefícios da produção com estes equipamentos são: produção em larga escala, controle da homogeneidade das peças, da resistência mecânica, textura e dimensões (FIOROTI, 2007).

As máquinas vibro-prensa imprimem elevados graus de compactação ao concreto seco, interferindo significativamente nas características das peças. Estas máquinas podem ser de funcionamento hidráulico ou pneumático. Conforme FERNANDES (2011), as máquinas mais eficientes são as hidráulicas que empregam bomba e pistões a óleo. Este tipo de equipamento possui central programável que permite o controle do tempo de alimentação, prensagem, acomodação e extrusão das peças. As máquinas pneumáticas são assim definidas por empregarem pistão movido a ar comprimido. Estas máquinas geralmente apresentam maior velocidade na movimentação de bandejas e pistão de compressão permitindo, desta forma, maior número de ciclos por minuto. Entretanto, este tipo de máquina propicia uma energia de compactação inferior as máquinas hidráulicas, resultando em um consumo de cimento ligeiramente superior para a obtenção da mesma resistência obtida com a máquina hidráulica.

2.4.4.1 Máquinas de vibro compressão

Uma máquina vibro-prensa é constituída, basicamente, das seguintes partes: silo de armazenamento; gaveta; sistema de compressão; forma ou molde; sistema de vibração. Na Figura 6 é possível observar as principais partes de uma máquina vibro-prensa.

Figura 6 - Partes principais de uma máquina vibro-prensa.



Fonte: PIROLA (2011).

a) Silo da máquina

O silo está localizado na parte superior da máquina vibro prensa, sendo o responsável pelo armazenamento temporário da mistura, para o posterior enchimento da gaveta.

A alimentação do silo de armazenamento pode ser feita por correia transportadora ou por gravidade. Em ambos os casos, deve-se cuidar para que a quantidade de material dentro do silo seja insuficiente para provocar montes de concreto causando, desta forma, um maior acúmulo de agregado graúdo nas laterais e uma maior concentração de finos no meio. Isso provocaria um enchimento não homogêneo das formas pela gaveta (PIROLA, 2011).

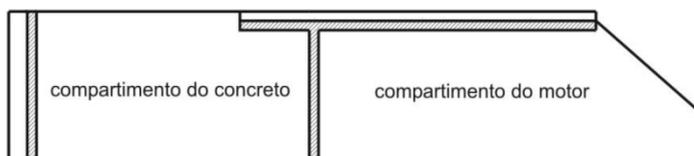
Caso o silo de armazenamento seja alimentado por correia transportadora, deve-se ter cuidado com a velocidade da correia.

Esta velocidade deve ser rápida o suficiente para evitar a desagregação da mistura quando da sua queda no silo.

b) Gaveta

O compartimento responsável pelo transporte do concreto do silo de armazenamento até a forma é chamado de gaveta. A gaveta é constituída de duas partes principais: o compartimento do concreto e o compartimento do motor, sendo separados por uma chapa metálica, conforme Figura 7.

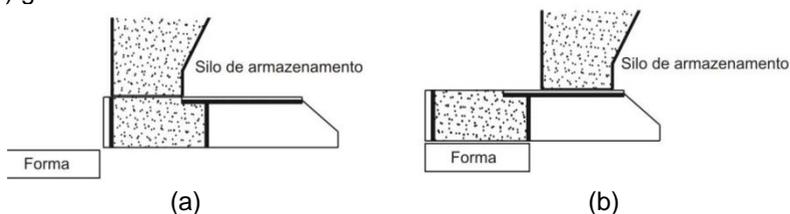
Figura 7 - Corte longitudinal da gaveta.



Fonte: OLIVEIRA 2004.

A gaveta funciona de maneira que, quando recuada (Figura 8a), esta fica com o compartimento de concreto sob o silo de armazenamento, ocorrendo então o enchimento deste compartimento. Ao ser acionada, a gaveta movimenta-se e alimenta a forma (Figura 8b), ficando o silo de armazenamento fechado pelo compartimento do motor (OLIVERIA, 2004).

Figura 8 - Mecanismo de funcionamento da gaveta: a) gaveta recuada; b) gaveta sobre a forma.



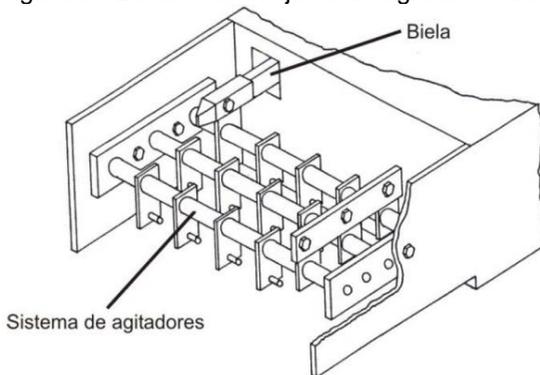
Fonte: OLIVEIRA (2004).

A gaveta ainda possui outros compartimentos necessários à produção das PCP:

- Conjunto de agitadores: são barras metálicas localizadas dentro da gaveta no compartimento de concreto, conforme Figura 9. Possuem função de revolver o concreto para

facilitar o enchimento da forma (OLIVEIRA, 2004). O tipo de agitador varia conforme o fabricante e o modelo de máquina utilizada, sendo que o tipo de agitador usado para a fabricação de PCP é diferente do utilizado para a produção de blocos.

Figura 9 - Detalhe do conjunto de agitadores da gaveta

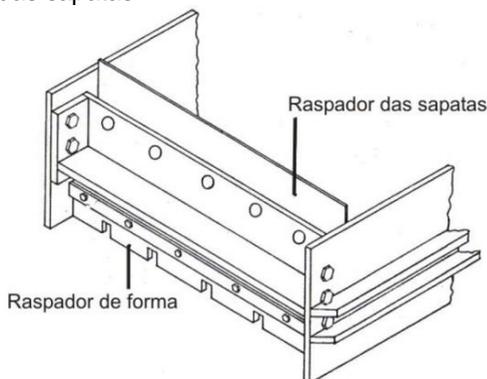


Fonte: OLIVEIRA (2004).

Deve-se verificar, antes da produção ou no final do dia de trabalho, se o sistema de agitador não se apresenta danificado, pois “dentes” do agitador danificados irão comprometer o correto enchimento das formas.

- Raspador da forma: é uma placa de material plástico localizado na parte frontal inferior da gaveta, sendo o responsável pela raspagem do excesso de concreto sobre a forma, durante o retorno da gaveta (OLIVEIRA, 2004).
- Raspador das sapatas: é uma placa de borracha localizada na parte frontal superior da gaveta. Sua função é limpar as sapatas durante o retorno da gaveta (OLIVEIRA, 2004). Na Figura 10, pode-se observar o raspador de forma e o raspador das sapatas.

Figura 10 - Detalhes da parte frontal da gaveta com raspador da forma e das sapatas.



Fonte: OLIVEIRA (2004).

c) Sistema de compressão

Consiste no sistema formado pelas sapatas, viga flutuante e pelo pistão hidráulico ou pneumático. Este sistema tem por função de aplicar carga durante a moldagem das peças.

- **Sapatas:** também denominadas de contra molde, as sapatas são a extremidade inferior do sistema de compressão. São responsáveis pela transmissão direta da carga da viga flutuante e, eventualmente, dependendo do tipo de equipamento, da carga do pistão hidráulico ou pneumático para o concreto, durante a fase de vibro compressão das peças (OLIVEIRA, 2004). As sapatas geralmente apresentam superfície tratada termicamente (tempera) ou são produzidas com material de maior dureza, objetivando diminuir o desgaste por atrito lateral às formas. Oliveira (2004) e Pirola (2011) citam que, em equipamentos mais modernos disponíveis no mercado, as sapatas são dotadas de sistema de aquecimento. Esse sistema evita problemas de aderência das PCP às sapatas, reduzindo assim as constantes paradas durante a produção para a limpeza das mesmas, além de reduzir os problemas “estruturais” causados às PCP.
- **Viga flutuante:** são normalmente formadas por dois perfis “U” solidarizados, fixados em suas extremidades às hastes laterais do equipamento de vibro compressão. Em alguns equipamentos, a viga flutuante é o único dispositivo

responsável pela aplicação de carga em função do seu peso próprio (OLIVEIRA, 2004).

- Pistão hidráulico ou pneumático: é o dispositivo que suspende a viga flutuante e as sapatas sendo que, em alguns equipamentos, esse dispositivo auxilia na aplicação da carga de compressão sobre o concreto, aumentando consideravelmente o nível de carregamento. O nível de carregamento alcançado em equipamentos em que o pistão funciona como aplicador de carga varia de 2,0 a 3,0 kg/cm². Entretanto, para equipamentos em que apenas a viga flutuante aplica carga, esta varia de 0,5 a 1,0 kg/cm² (OLIVEIRA, 2004).

d) Forma ou molde

É a parte responsável por dar o formato e a precisão dimensional as peças. Cada modelo de PCP possui seu próprio molde. A durabilidade de um molde depende de vários fatores sendo os principais: a dureza do aço utilizado na confecção do molde, presença ou não de tratamento de endurecimento (tempera ou cimentação), e a abrasividade do agregado utilizado. Moldes de boa qualidade, em condições normais de uso, duram cerca de 60.000 ciclos. Já um molde feito em aço especial ou com tratamento pode durar até 200.000 ciclos, (FERNANDES, 2011).

e) Vibração

O mecanismo de vibração das vibro-prensas é responsável direto pela qualidade dos componentes moldados. Tal fato se explica por todas as máquinas utilizarem a vibrocompressão como meio de adensamento do concreto e, por ser este um dos principais responsáveis pela maior compacidade das peças. De um modo geral a melhor vibração é aquela que permite obter, num tempo mínimo, peças de qualidade homogênea em todos os pontos da forma (MEDEIROS, 1993)

Os parâmetros que caracterizam a vibração são: direção, frequência, amplitude, velocidade, aceleração e duração.

2.4.4.2 Funcionamento da máquina de vibro compressão

Inicialmente é necessário compreender os chamados tempos de produção de um equipamento de vibro-compressão, tempos estes fundamentais para a qualidade final das peças produzidas.

- Tempo de alimentação: é o tempo em que a gaveta permanece sobre a forma, com os agitadores ligados, para o enchimento dos vazados, sendo acionado, simultaneamente, o sistema de vibração para facilitar o preenchimento da forma pelo concreto. Este é o único tempo regulável de um equipamento de vibro-compressão e, é o principal responsável pelo grau de compacidade das peças, pois, quanto maior o tempo de alimentação, maior será a quantidade de concreto na forma, diminuindo assim, o volume de vazios das peças e, conseqüentemente aumentando a resistência das peças OLIVEIRA (2004).
- Tempo de vibro-compressão: é o tempo de descida das sapatas com o sistema de vibro-compressão acionado. Compreende o período decorrido desde o contato das sapatas com o concreto, até o momento em que as peças atinjam a altura final. Normalmente, este tempo gira em torno de três a seis segundos, sendo esta função do equipamento e materiais utilizados, bem como o tempo de alimentação empregado (OLIVEIRA, 2004).

Oliveira (2004) ressalta que inúmeras fábricas utilizam o tempo de vibro-compressão como parâmetro de controle de produção. Porém, deve-se observar que este tempo é muito susceptível a variações de umidade e granulometria dos agregados. O melhor parâmetro de controle de uma produção é, sem dúvida, o peso das peças recém produzidas, devido à facilidade de determinação e à boa correlação com a resistência à compressão das mesmas.

A seguir aborda-se o funcionamento de uma máquina vibro-prensa.

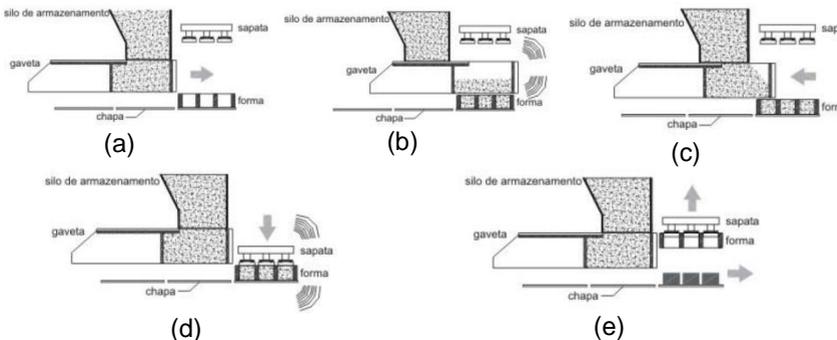
Primeiramente o concreto seco proveniente do misturador é armazenado no silo da máquina vibro-prensa. Em seguida o compartimento de concreto da gaveta é preenchido com concreto, conforme Figura 11 a.

Após inicia-se o ciclo onde a gaveta é acionada e esta leva o concreto até a forma, preenchendo-a. Durante a passagem da gaveta sobre a forma são acionados os agitadores e os vibradores, possibilitando uma melhor preenchimento do concreto na forma, conforme Figura 11 b. A duração desta etapa é denominado de tempo de alimentação, sendo esta etapa de grande importância, pois possui estreita relação com a compacidade das peças, (OLIVEIRA, 2004).

Depois do preenchimento da forma, o sistema de vibração da gaveta é desligado, e ocorre o recolhimento da gaveta. Após o recolhimento da gaveta, ocorre a descida das sapatas sobre a forma, dando à compactação às peças. Simultaneamente a descida das sapatas, ocorre a vibração. O tempo decorrido nesta etapa é chamado de tempo de vibro-compressão e seu término se dá quando a peça atinge a altura desejada, Figura 11 c.

Após o tempo de vibro-prensagem, ocorre a subida das sapatas juntamente com a da forma, sendo realizada a desforma das peças, conforme Figura 11 c, sendo então uma nova chapa posicionada iniciando o ciclo.

Figura 11 - Esquema do funcionamento de uma máquina a vibro-prensa



Fonte: OLIVEIRA (2004).

2.4.5 Transporte, cura e armazenamento

Após a moldagem, as chapas com as peças são colocadas em grades (Figura 12), e posteriormente encaminhadas para o local de cura, tomando-se o devido cuidado para evitar movimentos capazes de provocar vibrações e comprometer a qualidade das peças.

Figura 12 - Grades metálicas com as chapas com as PCP.



Entende-se por cura os procedimentos tomados para propiciar condições adequadas de temperatura e umidade para o desenvolvimento da resistência mecânica das peças, evitando a evaporação precoce da água necessária à correta hidratação do cimento.

Existem vários métodos de cura, podendo-se citar os processos convencionais de molhagem com mangueira, aspersão de água através de sistemas de irrigação de jardim, cobertura com lona plástica, saturação da umidade por meio de bicos ou ventiladores aspersores pressurizados. Os processos mais sofisticados que oferecem melhores resultados são o aquecimento através de queimadores de gás conjugados com umidificadores para manter a umidade, sendo a principal e mais eficiente forma de cura a aplicação de água à pressão atmosférica (FERNANDES, 2011).

A escolha do tipo de cura dependerá do porte de fábrica produtora, sendo a mais recomendada a cura térmica a vapor, pois acelera o ganho de resistência mecânica, e conseqüentemente as peças poderão ser paletizadas em um menor espaço de tempo, liberando o espaço físico da fábrica e as chapas e grades que possuem elevado custo. Muitas fábricas de PPC não empregam a cura a vapor das peças. Na Figura 13 podem-se observar grades com PCP dispostas em uma câmara de cura.

Figura 13 - Câmara de cura térmica com as PCP.



Após a cura, as peças são paletizadas e armazenadas de forma a constituírem um layout que facilite sua identificação e carregamento dos caminhões que levarão os produtos até as obras (FRASSON, 2000). A paletização facilita a operação de carga e descarga durante o transporte das peças e também minimiza a quebra dos produtos. Na Figura 14, pode-se observar peças paletizadas e armazenadas no pátio de uma fábrica.

Figura 14 - PCP armazenados no pátio de uma fábrica.



3 NORMALIZAÇÃO PARA PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

A normatização para PCP preconizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é atualmente a NBR 9781 (2013) Peças de Concreto para Pavimentação: especificação e método de ensaio. Esta norma passou a vigorar somente em 07 de fevereiro de 2013, em substituição a duas outras normas: NBR 9780 (1987) - Peças de Concreto para Pavimentação: Determinação da Resistência à Compressão e a NBR 9781 (2013) Peças de Concreto para Pavimentação: especificações. Como a parte experimental da presente dissertação foi realizada entre os meses de maio a novembro de 2012, todos os ensaios foram conduzidos com base nas especificações da versão anterior de 1987.

3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

De acordo com a NBR 9781 (1987), a resistência característica estimada à compressão deve ser:

- a) Maior ou igual a 35 MPa, para solicitação de veículos comerciais de linha;
- b) Maior ou igual a 50 MPa, quando o pavimento estiver sujeito a tráfego de veículos especiais ou solicitações capaz de produzir elevado efeito de abrasão.

No primeiro caso, encontram-se praticamente todos os tipos de pavimentos, desde os destinados para estacionamento de veículos de passeio, até as vias onde trafegam caminhões pesados. Para o segundo caso está o pavimento sujeito a solicitações extremas, onde veículos especiais movimentam cargas muito pesadas ou estocagem de cargas especiais, como bobinas de aço, contêiner etc, (RODRIGUES, 1995).

A resistência característica estimada à compressão deve ser calculada utilizando a equação 2:

$$f_{pk} = f_p - t \cdot s \quad (2)$$

Onde:

f_{pk} = resistência característica à compressão, em MPa;

f_p = resistência média das peças ensaiadas de acordo com a NBR 9780 em MPa;

t = coeficiente de student, fornecido através de Tabela da NBR 9781 (1987), em função do tamanho da amostra;

$$s = \text{desvio padrão da amostra} \sqrt{\frac{\sum (fp - fpi)^2}{n-1}}, \text{ em MPa};$$

n= número de peças da amostra.

fpi = resistência individual das peças ensaiadas de acordo com a NBR 9781, em MPa.

A NBR 9780 (1987) prescreve que o ensaio de resistência à compressão seja realizado o carregamento parcial da PCP através de placas auxiliares com dimensões de $90 \pm 0,5$ mm, confeccionadas em aço. De acordo com Rodrigues (1995) o carregamento parcial da PCP faz com que a área não carregada atue como um cintamento, majorando a resistência obtida. Segundo o referido autor a largura das peças não deve ser superior a 140 mm, sendo que abaixo deste limite o efeito do cintamento pode ser desconsiderado.

O resultado de resistência à compressão da peça é obtido dividindo-se a carga de ruptura (N) pela área de carregamento (mm^2), devendo o resultado ser multiplicado pelo fator "p", em função da altura de peça, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Fator multiplicativo "p"

Altura nominal da peça (mm)	Fator multiplicativo "p"
60	0,95
80	1,00
100	1,05

Fonte: NBR 9781 (ABNT, 1987).

3.2 VARIAÇÃO DIMENSIONAL

As variações dimensionais permitidas para as PCP são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3- Variação dimensional permitida.

Dimensão	Limites aceitáveis
Comprimento	$\pm 3,0$ mm
Largura	$\pm 3,0$ mm
Altura	$\pm 5,0$ mm

Fonte: NBR 9781(ABNT, 1987).

3.3 RESISTÊNCIA À ABRASÃO

Esta característica está ligada à durabilidade da PCP. Existem vários métodos para a determinação desta propriedade, cada um possuindo limites de aceitação. No Brasil, as normas existentes não tratam de métodos de ensaio de abrasão e seus limites de aceitação.

3.4 TEXTURA SUPERFICIAL

É necessário que as peças tenham características visuais conforme as necessidades do mercado consumidor. Segundo a NBR 9781 (ABNT, 1987):

“as peças devem ser inspecionadas visualmente objetivando a identificação de peças com defeitos que possam a vir prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento”.

Apesar da recomendação da referida norma, não se tem uma metodologia consagrada para a avaliação quantitativa das condições superficiais das peças e limites de aceitação das mesmas (OLIVEIRA, 2004), sendo esta característica avaliada de forma subjetiva.

Oliveira (2004) desenvolveu uma metodologia para análise da textura das peças por imagens digitais, que consiste em utilizar um scanner como ferramenta para a aquisição de imagens. As imagens obtidas do scanner são analisadas por um programa computacional que gera um histograma cujo eixo das abcissas contém diversos tons de cinza capturados na imagem. Quanto maior a amplitude da base do histograma, maior a presença de vazios superficiais.

Verificou-se, então, que o desvio padrão do histograma gerado se correlaciona adequadamente com o aspecto superficial da peça e que era possível se estabelecer uma escala de textura baseada neste valor. A eficiência do procedimento foi testada classificando-se visualmente peças de diferentes texturas superficiais empregando-se diferentes avaliadores. A classificação visual das peças correspondeu exatamente à fornecida pelo procedimento de análise digital de imagens

3.5 ABSORÇÃO

A NBR 9781 (ABNT, 2013) estabelece que as peças submetidas ao ensaio de absorção devem apresentar valor menor ou igual a 6%, não sendo permitido nenhum valor individual maior que 7%. As normas que especificam esta propriedade são geralmente as de países que possuem clima muito frio, e sofrem ação de gelo e degelo (OLIVEIRA, 2004). Como justificado anteriormente, a presente dissertação foi desenvolvida com base nas normas NBR 9780 (ABNT, 1987) e NBR 9781 (1987) e estas não tratam da absorção permitida para PCP.

Outras alterações observadas na NBR 9781 (ABNT, 2013) foram:

- Foi estabelecido o ensaio de resistência à abrasão, sendo este facultativo;
- As placas auxiliares usadas no ensaio de resistência à compressão devem ser de $85 \pm 0,5\text{mm}$ e não mais de $90 \pm 0,5\text{mm}$. Manteve-se o carregamento parcial das PCP durante o ensaio de resistência à compressão;
- Foi estabelecido um índice de forma para as peças (IF), sendo este a relação entre o comprimento e a espessura (altura) da peça. O índice de forma para as PCP utilizadas em vias com tráfegos de veículos ou áreas de armazenamento deve ser menor ou igual a 4.
- Quanto à variação dimensional, mantiveram-se as mesmas medidas para o comprimento e a largura, porém a variação da altura das peças passaram para $\pm 3\text{mm}$.
- As resistências característica à compressão mantiveram-se em: maior ou igual a 35 MPa para tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha. Maior que 50 MPa para tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeito de abrasão acentuados;
- Para os lotes com PCP entregues aos clientes com idade inferior a 28 dias, estas devem apresentar pelo menos 80% da fpk no momento de sua instalação, sendo que aos 28 dias ou mais da idade

de cura, o fpk deve ser igual ou superior ao especificado.

Quanto à normatização internacional, não se tem um consenso quanto aos métodos de ensaio de resistência à compressão. No entanto, todas as normas fixam esta propriedade como principal parâmetro de controle de qualidade das peças. Alguns países adotam o carregamento total das peças, ou até a extração de corpos de prova cilíndricos. Além disso, não existe consenso entre os valores a serem atingidos. Conforme relata Rodrigues (1986 apud Oliveira 2004) fatores como durabilidade são os que influem na fixação da resistência média das peças.

4 PARTICULARIDADES QUANTO À PRODUÇÃO DE PCP

No presente tópico serão abordadas as principais peculiaridades quanto à produção de PCP.

4.1 DISTRIBUIÇÃO DE PESOS NA CHAPA

De acordo com Oliveira (2004), a falta de ajuste dos tempos de alimentação e regulagens adequadas da gaveta, da mesa vibratória ou de mesa de apoio das chapas, podem causar variações de peso nas peças da mesma virada.

O autor relata que, em fábricas da região Sul do Brasil onde existem programas internos de controle de qualidade, periodicamente é realizado controle na distribuição de pesos das peças por chapa, objetivando efetuar devidas regulagens no equipamento, caso seja necessário. Entretanto, não existe consenso quanto a valores máximos de desvio de peso aceitáveis que sirvam de alerta para a necessidade do ajuste do processo.

4.2 VARIAÇÃO DE PESO NO DECORRER DA PRODUÇÃO

A variação de peso no decorrer da produção acontece devido a alterações de umidade das misturas, causado pela falta de equipamentos adequados (sensores de umidade) ou de constantes variações na granulometria dos agregados, principalmente dos agregados miúdos (OLIVEIRA, 2004). A própria variação na amplitude da vibração decorrente de falta de sincronia dos motores do sistema de vibração da máquina pode gerar esta variação.

Como parâmetro de controle interno da produção, alguns fabricantes da região Sul do Brasil, adotam o peso úmido das peças (OLIVEIRA, 2004). Determina-se o peso ideal verde que a peça deverá apresentar, sendo o mesmo verificado durante a produção.

4.3 CUIDADOS COM A VELOCIDADE DE RECUO DA GAVETA E O RASPADOR DE PENTE

Deve-se regular a gaveta de modo que o seu recuo seja de forma lenta e com o sistema de vibração desligado. Desta forma,

evita-se que o concreto seja mau distribuído na forma produzindo peças com diferenças de peso na mesma chapa, além de evitar acúmulo de agregado graúdo na superfície das peças (OLIVEIRA, 2004).

4.4 QUANTIDADE IDEAL DE ÁGUA NAS MISTURAS

Para a produção de PCP, o excesso de água tem como o maior limitante, durante a fase de produção, a aderência das sapatas de compressão da máquina, prejudicando a textura das peças e a produtividade desses equipamentos em função das paradas para a limpeza das sapatas (OLIVEIRA, 2004).

Prática comum entre os fabricantes é utilizar um teor de água nas misturas que após a moldagem das peças, estas apresentem suas faces laterais e superiores levemente umedecidas. Outra forma de se avaliar as condições da mistura é o chamado “ponto de pelota”, TANGO (1994). Este procedimento consiste basicamente em fazer uma pelota com uma quantidade de mistura, avaliando-se posteriormente as condições de umidade da mão. Se a palma da mão ficar levemente umedecida, pela umidade da mistura, tal umidade é tida como a ideal. Caso a palma da mão apresentar-se muito seca ou muito úmida (suja com pasta de cimento), deve-se proceder o aumento ou diminuir a quantidade de água da mistura.

5 MÉTODOS DE DOSAGEM PARA PCP

Segundo Medeiros (1993), algumas diretrizes são citadas para a dosagem de concreto para a produção de blocos e de PCP, sendo elas:

- Determinação da melhor composição granulométrica para a mistura dos agregados e suas proporções ideais;
- Determinação da quantidade de água a ser empregada na mistura, em função de critérios que dependem, entre outros fatores, da funcionalidade do equipamento e da composição e características individuais dos constituintes da mistura;
- Determinação da quantidade de cimento adequada às especificações de resistência e absorção desejadas;

Para a dosagem de concreto para blocos e PCP, existem vários métodos, estes sugeridos por pesquisadores e por fabricantes de equipamentos. Podem ser citados: Método de dosagem adotado pela Besser Company, Método ABCP baseado na maior compacidade da mistura, Método IPT/EPUSP adaptado para concretos seco, Método sugerido pela Columbia e, o método proposto por Oliveira (2004). A metodologia proposta por Oliveira (2004) é específica para PCP, sendo a mesma obtida através de ajustes e modificações da metodologia de Frasson (2000), proposta para blocos de concreto. Na sequência será apresentado o método proposto por OLIVEIRA (2004).

5.1 MÉTODO DE DOSAGEM PROPOSTO POR OLIVEIRA (2004)

O método de dosagem proposto por Oliveira (2004) é realizado com o auxílio de um equipamento de moldagem para corpos de prova cilíndricos de 9x8 cm (diâmetro x altura), e/ ou equipamento protótipo de vibro-compressão. Na sequência serão descritas as principais etapas propostas pelo método.

a) Definição da resistência à compressão das PCP

O método é baseado em resistências médias, sendo necessário realizar uma conversão nas resistências

características, prescritos pela NBR 9781 (1987), para resistências médias, através da seguinte expressão:

$$F_{pj} = F_{pk} + t \cdot S_d \quad (3)$$

Onde:

F_{pj} = resistência média de dosagem a j dias;

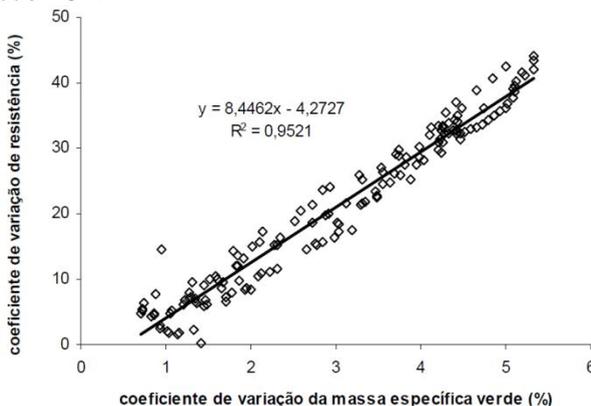
F_{pk} = resistência característica das PCP segundo prescrições da NBR 9781 (1987)

t = coeficiente de Student com nível de significância de 20 %;

S_d = desvio padrão de dosagem.

O desvio padrão S_d é função de uma série de fatores relacionados a qualidade e uniformidade dos materiais e aos inerentes ao processo produtivo (proporcionamento, mistura, moldagem e cura). Destaca-se a influência do tipo de equipamento de vibro-compressão empregado e sua regulagem na variação da resistência das peças. Oliveira (2004) sugere o emprego da curva apresentada na Figura 15, para a definição do desvio padrão da resistência à compressão das peças.

Figura 15 - Coeficiente de variação da resistência à compressão em função do coeficiente de variação da massa específica no estado verde das PCP.



Fonte: OLIVEIRA (2004).

b) Seleção dos materiais empregados

Segundo Oliveira (2004), a seleção dos materiais a serem utilizados deve inicialmente estar baseado na disponibilidade e uniformidade das propriedades, sendo posteriormente realizada uma avaliação mais criteriosa, considerando a questão de custo dos materiais e a influência das propriedades na qualidade e na produtividade das peças.

O cimento mais recomendado para artefatos pré moldados é o de alta resistência inicial – CPV – ARI. Em função de sua finura, auxilia na coesão da mistura e por permite a liberação das grades e câmaras de cura mais rapidamente. Em regiões de clima quente e, quando a fábrica dispuser de sistemas de câmaras de cura para aplicação de vapor, pode-se empregar cimentos como CP II-Z e o CPIV, OLIVEIRA (2004).

Em se tratando de agregados, Oliveira (2004) ressalta que não existe nenhuma faixa granulométrica consagrada para a produção de PCP. Recomenda-se que os agregados miúdos empregados apresentem a forma mais arredondada possível, sendo prática comum o emprego de dois ou mais agregados miúdos. Já para a o agregado graúdo, recomenda-se o emprego de pedrisco (material retido na # 4,8 mm e com dimensão máxima característica de 9,5 mm). Recomenda-se ainda que o agregado graúdo seja da forma mais cúbica possível. Quanto aos aditivos os mais utilizados, são os incorporadores de ar, responsáveis por diminuir o atrito interno entre os grãos, facilitando a etapa de compactação.

c) Proporções entre os agregados

A proporção entre os agregados graúdos e miúdos, é realizado por tentativas, com o auxílio do equipamento para moldagem dos corpos de prova de 9 x 8 cm, ou com o equipamento protótipo de vibro compressão.

O processo inicia-se com um traço piloto, utilizando-se da areia mais grossa entre os agregados miúdos disponíveis, sendo fixados os seguintes parâmetros para a confecção da mistura: traço (1:5; cimento: agregados), umidade de (7,0 %), teor de pedrisco no agregado total (25%) e massa específica após a compactação (2,3 kg/dm³). Baseando-se no aspecto visual e energia de compactação necessária para a produção das peças, procede-se o ajuste do teor de areia fina e pedrisco definindo-se assim a proporção ideal dos agregados.

d) Traços e percentagem de volume de sólidos a serem empregados no estudo de dosagem

De acordo com Oliveira (2004), para a construção das curvas de dosagem são empregados três traços, 1:6,5 ; 1:5,0 e 1:3,5. Para cada um dos traços são moldados corpos de prova com diferentes compacidades, sendo sugeridas as seguintes percentagens de volume de sólidos:

- Compacidade baixa = 73,3 %
- Compacidade média = 76,8 %
- Compacidade alta = 80,3 %

e) Moldagem das peças e determinação da umidade ótima

A moldagem das peças é realizada com auxílio do equipamento 9x8 cm ou com o equipamento protótipo de vibro compressão. Desta forma, são moldados em laboratório, peças com o emprego dos três traços (1:6,5 ; 1:5,0 e 1:3,5) e as três percentagens de volume de sólidos (73,3; 76,8; e 80,3%), para a determinação da umidade ótima em cada situação. A quantidade ideal de água é a máxima possível, desde que não prejudique a resistência à compressão e a produtividade (OLIVEIRA, 2004).

De acordo com Oliveira (2004), pode-se iniciar a determinação da umidade ótima, utilizando uma relação água/materiais secos (H) de 6,0%. Após moldagem, caso as peças apresentem superfície seca, deve-se ir aumentando a relação água/materiais secos de 0,5 em 0,5 % , até o ponto em que toda a área do topo das peças apresente vestígios de água. Tal ponto é considerado como a quantidade máxima de água que o equipamento de vibro compressão suportará. Quantidades de água maiores podem resultar em paradas excessivas, para realização da limpeza das sapatas, causadas pela aderência das peças de concreto. As massas verdes para a moldagem são definidas empregando-se a equação 4.

$$M_{moldagem} - cp = volx \frac{(1 + m)}{\left[\frac{1}{dc} + \frac{m}{100} x \left(\frac{\%p}{dp} + \frac{\%agrossa}{dagrossa} + \frac{\%afina}{dafina} \right) \right]} x \frac{\%Vsol}{100} x \left(1 + \frac{H}{100} \right) \quad (4)$$

Onde:

$m = 6,5; 5,0$ e $3, 5$.
 $\% \text{ vol} = 73,3; 76,8$ e $80,3\%$

Depois da moldagem, as peças devem ser curadas e, após as primeiras 24 horas, devem ser determinadas as alturas reais, e o volume médio das peças, através do ensaio da caixa metálica. Pode-se então calcular a área média das peças, através da equação 5:

$$\text{Áreamédia} = \frac{\text{volumemédio}}{\text{alturamédia}} \quad (5)$$

Onde:

altura média = média das alturas das peças empregadas no ensaio do volume médio no ensaio da caixa metálica.

As percentagens de volume de sólidos reais das peças pode ser determinadas através da equação 6.

$$\% \text{ vol sol} = \frac{\left[\left(\frac{m_{\text{real}}}{\text{Áreamédia} \times \text{altura}} \right) \times \left(1 + \frac{H}{100} \right)^{-1} \right]}{(1+m)} \quad (6)$$

$$\left[\frac{1}{d_c} + \frac{m}{100} \times \left(\frac{\%p}{d_p} + \frac{\%agrossa}{d_{agrossa}} + \frac{\%afina}{d_{afina}} \right) \right]$$

Onde:

m_{real} = massa no estado verde da peça;

altura = altura da peça

H = relação água/materiais secos empregados na moldagem

m = traço utilizado para a moldagem das peças

d_c = massa específica do cimento

$\%p$ = porcentagem de agregado graúdo do agregado total;

d_p = massa específica do agregado graúdo;

$\%agrossa$ = porcentagem de areia grossa no agregado total;

$d_{agrossa}$ = massa específica da areia grossa;

$\%afina$ = porcentagem de areia fina no agregado total;

d_{afina} = massa específica da areia fina.

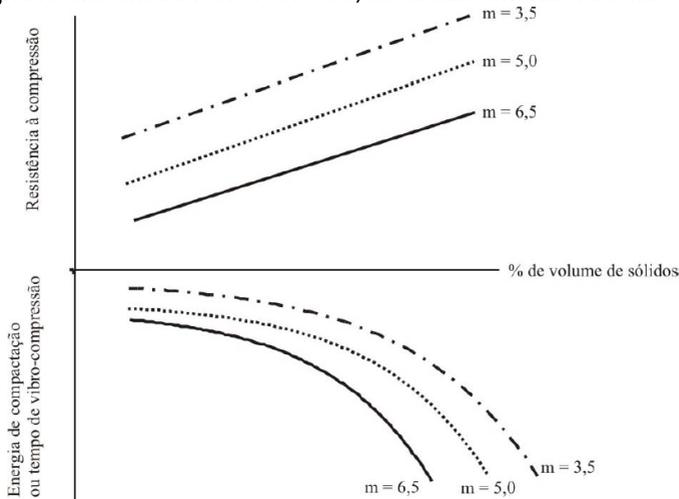
$\% \text{ vol sol}$ = compacidade

Depois da determinação da área média e das alturas individuais das peças, essas devem ser capeadas com pasta de cimento, e imersas na água até a data do rompimento (normalmente 28 dias).

Com a curva de resistência à compressão das peças em função da quantidade de água, determina-se a quantidade ótima de água, com relação a resistência à compressão. O teor ideal de água para uma dada situação (traço e porcentagem de volume de sólidos) será o menor teor dentre a máxima quantidade de água que o equipamento suporta e a quantidade ótima de água com relação a resistência à compressão das peças (OLIVEIRA, 2004).

Com os valores de porcentagem de volumes sólidos reais, as energias ou tempos de vibro-compressão e resultados de resistência à compressão das peças para o teor de umidade ótima, é possível a construção das curvas apresentadas na Figura 16, para a posterior definição do traço piloto. OLIVEIRA (2004) sugere os graus de compacidade devem ser compatíveis com os graus de compacidade empregados pela máquina de vibro compressão, sugerindo assim que seja empregado um volume de sólidos variando de 71 a 82%.

Figura 16 - Ábaco de dosagem obtido através das peças (corpos de prova 9x8 cm ou PCP-PAV1-80) moldadas em laboratório.



Fonte: OLIVEIRA (2004).

6 CONTROLE DE QUALIDADE

É importante observar que o termo controle de qualidade pode apresentar diferentes significados. Algumas pessoas consideram controle de qualidade como sendo o processo de garantia da qualidade, sendo que outras a consideram apenas como etapa de análise de resultados de ensaios (DEWAR, 2004).

Paese (2000) relata que a *American Society for Quality* apresenta a definição para controle de qualidade como sendo o “conjunto de técnicas operacionais e atividades que sustentam a qualidade do produto ou serviço que satisfará certas necessidades”. O controle de qualidade envolve técnicas e atividades operacionais visando o monitoramento de um processo e a eliminação das causas de desempenho insatisfatório, de modo a permitir que uma empresa apresente desempenho econômico.

O controle de qualidade é o conjunto de atividades técnicas e planejadas, através das quais pode alcançar uma meta e garantir um nível estipulado de qualidade. Helene (1993) relata que o controle de produção não deve ser realizado somente sobre as características finais do concreto, sendo antecipadamente necessário o controle da qualidade e da uniformidade da matéria prima utilizada. Durante o controle de produção, interessa controlar os fatores que influem na resistência à compressão.

Para se alcançar e manter uma dada resistência à compressão do concreto é necessário assegurar a qualidade e uniformidade do cimento, da água e dos agregados usados. Após, deve-se verificar o proporcionamento correto destes materiais, assim como observar a ordem de lançamento dos materiais no misturador e o tempo de mistura. Assim sendo, para se assegurar que um concreto tenha características homogêneas, é necessário assegurar a uniformidade dos materiais, a regularidade do proporcionamento, qualidade da mão-de-obra e a eficiência dos equipamentos (HELENE, 1993). Destaca-se que estas recomendações foram feitas para concretos plásticos, mas também são válidas para concretos secos.

A variabilidade existente em todos os processos é a causa principal dos defeitos nos produtos, além de causar interrupções dos equipamentos mecânicos e elétricos, muitas vezes

ocasionando perdas, desperdícios e até acidentes. Desta forma, é necessário que se atue sobre as causas da variabilidade, eliminando ou reduzindo ao máximo os efeitos indesejados (WERKEMA, 1995).

FRASSON (2000) sugeriu como resultado de sua pesquisa que a dosagem de concreto secos utilizado na fabricação de blocos deve ter um coeficiente de variação conforme a Tabela 4. Chegou-se a estes resultados a partir de experiência adquirida em fábrica, onde foi possível adotar alguns valores dos CV (coeficientes de variação) de acordo com o tipo de dosagem (massa ou volume), equipamentos disponíveis em fábrica (sensor de umidade e maquinário), controle do processo produtivo (ajustes do equipamento e treinamento do pessoal) a fim de obter valores de desvios padrão para o cálculo estimado de Fbk a ser atingido. Conforme FRASSON (2000) deve-se definir o valor de cada item da Tabela 4 e, realizar uma média aritmética para o coeficiente de variação.

Tabela 4 - Condição e tipo de controle a ser avaliado para encontrar o provável coeficiente de variação de uma fábrica.

Tipo de controle/equipamento na produção	Condição (valores de coeficiente de variação %)		
	Bom	Médio	Ruim
1 - Controle do processo e pessoal treinado	5	15	25
2 - Equipamentos: máquina vibro prensas e sensores de umidade	5	15	25
3 - Dosagem em massa	5	10	15
4 - Dosagem em volume	10	15	20

Fonte : FRASSON (2000).

Em nível nacional, existe um programa específico para o controle da qualidade de blocos e peças de pavimentação de concreto que concede um selo de qualidade chancelado pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Este programa tem contribuído para com o aumento da qualidade dos blocos e PCP produzidas, atuando como instrumento de credibilidade junto aos clientes, as entidades financeiras e

iniciativa privada. Estimula a produção de produtos com as exigências normativas.

6.1 SELO DE QUALIDADE ABCP

O selo de qualidade ABCP é regido por um regulamento específico que deve ser seguido pelas fábricas de blocos de concreto para alvenaria e pavimentação para a sua obtenção e manutenção. Este selo consiste em uma ferramenta para avaliar o processo de fabricação e a qualidade dos blocos e pavimentação. Seu objetivo é gerar e manter a boa imagem dos produtos a base de cimento, representando assim a conformidade das empresas com condições das especificações e normas da ABNT aplicáveis.

No entanto conforme o Regulamento, a concessão do Selo de Qualidade ABCP, não é por si só, garantia suficiente de que o fornecimento para uma obra em específico seja respaldada pelo Programa. Nestes casos, o regulamento recomenda a execução de ensaio dos lotes recebidos conforme prescreve as normas da ABNT.

O regulamento avalia a conformidade de duas categorias de produtos sendo elas: Categoria 1 (blocos de concreto para alvenaria) e categoria 2 (peças de concreto para pavimentação). No caso de empresas que fabriquem as duas categorias de produtos, estas deverão solicitar a adesão ao programa para as duas categorias, não sendo concedida a adesão a apenas uma.

A gestão do selo é composta por uma comissão de avaliação técnica constituída por profissionais com experiência nos procedimentos de fabricação, utilização e controle de qualidade das categorias 1 e 2. Esta comissão pode ser acionada pela Gestão do Selo de Qualidade para situações que requeiram uma análise específica do regulamento.

Para os fabricantes obterem a inclusão e manutenção do selo de qualidade estes devem atender aos requisitos estabelecidos pela Gestão do Selo, ao regulamento e aos documentos complementares e devem cumprir os prazos estabelecidos pela gestão do selo bem como cumprir com as obrigações financeiras.

Para o monitoramento das fábricas a ABCP realiza auditorias cujo objetivo é verificar se a fábrica vem atendendo aos requisitos estabelecidos. Esta auditoria é realizada por

profissional qualificado e aprovado pela gestão do selo. A realização das auditorias é feita na fase inicial e intervalos não superiores a doze meses. Conforme o Regulamento, estas auditorias podem ser realizadas em intervalos diferentes do prescrito.

Nesta etapa de auditoria, utiliza-se um check list como parâmetro de avaliação das fábricas. Este check list consiste em quatorze pontos avaliados pelo profissional qualificado, sendo para cada ponto apresentado as evidências verificadas em fábrica. Os pontos avaliados são: Dados da produção, Registros e certificados, Matéria-prima, Dosagem, Mistura, Vibro-prensa, Moldagem, Sistema de Cura, Transporte interno, Armazenamento, Rastreabilidade, Controle de Qualidade, Equipamentos de Produção, Divulgação e Publicidade e Uso do Selo. Na Figura 17 procurou-se apresentar o ponto Controle de Qualidade avaliado no Check List da Auditoria.

Figura 17 - Parte do Check List de auditoria do Selo de Qualidade ABCP.

12 - CONTROLE DA QUALIDADE				
	PERGUNTA	C	NC	EVIDÊNCIAS/OBSERVAÇÕES
12.1	Controle de produção			
	Utiliza laboratório na fábrica			
	Utiliza laboratório terceiro			
	Nota 1: A avaliação de cada lote produzido deve ser feita de acordo com as normas da ABNT			
	Nota 2: Os ensaios realizados pelo programa selo da qualidade podem ser utilizados como complemento para o controle da qualidade dos produtos. Devendo o fabricante realizar o controle contínuo dos lotes não avaliados pelo			
12.2	Calibração dos equipamentos de ensaio			
	Nota 1: Para os laboratórios localizados na fábrica, verificar a utilização de: prensa, paquímetro, balança e termômetro de estufa.			
	Nota 2: Recomenda-se que os equipamentos do laboratório devem ser calibrados por laboratório competente (de preferência pertencente a RBC - Rede Brasileira de Calibração)			

Fonte ABCP, 2012

Para a avaliação da conformidade dos produtos, são realizadas coletas para ensaios conforme as normas aplicáveis. Estas coletas e ensaios são realizados por laboratórios parceiros

da ABCP. Conforme descreve o regulamento, devem-se realizar coletas quinzenais, mensais e trimestrais, sendo:

- a) Ensaios quinzenais: após quatro coletas para cada classe e ensaios quinzenais o selo é conferido;
- b) Ensaios mensais: depois de conferido o selo, é realizado doze coletas com ensaios mensais para cada classe;
- c) Ensaios trimestrais: após a realização dos doze ensaios mensais, são realizadas as coletas e ensaios trimestrais para cada classe.

Todas as empresas que foram qualificadas passam a ter o direito de usar a marca do Selo de Qualidade ABCP conforme documento “Divulgação e Publicidade”. Este documento estabelece critérios do uso da marca do Selo de Qualidade ABCP e encontra-se disponível no site da ABCP.

Na Tabela 5 apresenta-se resumidamente a relação de documentos e formulários necessários para a implantação do Selo ABCP.

Tabela 5 - Relação dos documentos e formulários Selo ABCP (continua).

Documentos	Formulário
Regulamento Selo da Qualidade ABCP	Solicitação/inclusão/atualização cadastral do programa selo da qualidade ABCP
	Termo de adesão ao programa Selo de Qualidade ABCP
Critérios de avaliação da conformidade	
Realização de auditoria	Termo de confidencialidade e imparcialidade
	Check list de auditoria da fábrica
	Relatório de auditoria
	Proposta de ação corretiva
	Relatório de ações corretivas
Divulgação e publicidade	

Tabela 5 (continuação) - Relação dos documentos e formulários Selo ABCP.

Documentos	Formulário
Qualificação de laboratórios parceiros	Solicitação/inclusão/atualização dados cadastrais laboratórios parceiros
	Check list para diagnóstico de laboratório
	Avaliação final - qualificação de laboratório parceiro
Documentos	Formulário
Coleta identificação das amostras	Quadro de identificação de amostras para blocos vazados de concreto
	Quando de identificação para amostras de pisos de concreto
Custo do Programa - Selo de Qualidade ABCP	

Fonte: Regulamento Selo ABCP 2012.

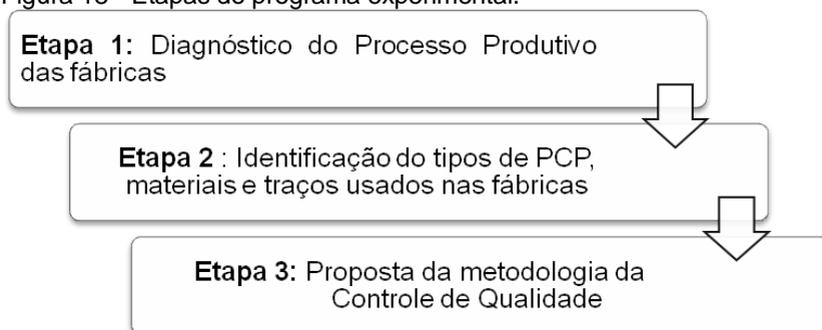
Conforme o regulamento, para os casos em que, durante a auditoria, são detectadas não conformidades nos produtos, as fábricas devem encaminhar a gestão do selo e ao auditor uma proposta de ações corretivas a serem implementadas na fábrica. Em casos em que a gestão do selo e/ou auditor não considerarem satisfatórias as ações corretivas deve-se implementar novas ações corretivas.

Com base no exposto acredita-se que somente o selo de qualidade não é garantia que as fábricas vão produzir produtos com qualidade, visto que nos casos de não conformidades as fábricas devem solucionar os problemas com sua equipe técnica. Considera-se sim que o selo contribui para que as fábricas implementem políticas de controle de qualidade. No entanto, quando se tem problemas de ordem técnica como o não atendimento a resistência à compressão preconizada pelas NBR, as fábricas não tem auxílio da ABCP. Assim sendo, o presente trabalho se propôs a auxiliar as fábricas de forma que estas possam controlar parâmetros durante a fase de produção das peças de forma a garantir que estas atendam a resistência normatizada aos 28 dias.

7 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental inicialmente foi dividido em 3 etapas, sendo que as etapas 1 e 2 foram voltadas para identificar o processo produtivo, traços e materiais utilizados em duas fábricas de PCP de Santa Catarina, sendo uma fábrica localizada na Grande Florianópolis e a outra na cidade de Blumenau. Estas etapas iniciais foram propostas objetivando contribuir com o desenvolvimento do programa de controle de qualidade proposto na etapa 3, na Figura 18 estão apresentadas as etapas do programa experimental.

Figura 18 - Etapas do programa experimental.



Na sequência encontra-se explanado cada uma das etapas do programa experimental.

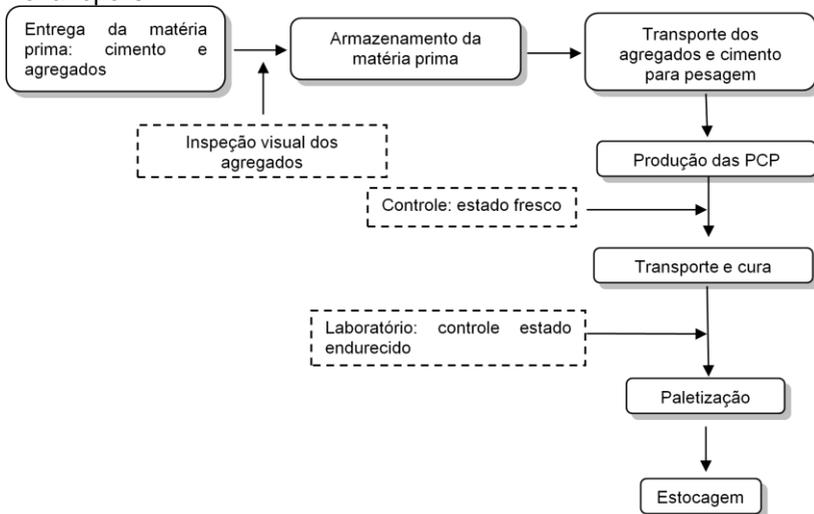
7.1 ETAPA 1 - DIAGNÓSTICO DO PROCESSO PRODUTIVO DAS FÁBRICAS

A presente etapa consistiu em identificar o processo produtivo da fábrica da Grande Florianópolis e da fábrica de Blumenau. Com esta etapa foi possível apresentar cada uma das fases do processo produtivo das PCP e identificar os problemas de cada fase, sendo possível também identificar como as fábricas realizam o controle de qualidade das PCP. Com a realização do diagnóstico e da pesquisa bibliográfica, foi possível desenvolver a metodologia de controle de qualidade proposta na etapa 3 da pesquisa.

7.1.1 DIAGNÓSTICO DA FÁBRICA DA GRANDE FLORIANÓPOLIS

A fábrica da Grande Florianópolis produz PCP e blocos de concreto estruturais e de vedação. Possui 4 máquinas de vibro compressão, sendo duas destas destinadas à produção de PCP e produção de blocos. As demais máquinas são destinadas apenas para a produção de blocos de concreto. As máquinas que produzem PCP são modelo Piorotti Bloco Pac 700 e, para fins de controle interno, as máquinas são chamadas de M3 e M4. Basicamente o processo produtivo empregado para a fabricação das PCP é o mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Fluxograma do processo produtivo da fábrica da Grande Florianópolis.



7.1.1.1 Entrega da Matéria Prima

Quando os agregados chegam à fábrica, estes são inspecionados de forma visual pelo operador. O objetivo é de verificar visualmente alguma alteração nos agregados como a presença de impurezas. No laboratório da fábrica, existe uma amostra padrão de cada agregado e, caso ocorra alguma dúvida, o operador pode comparar o material que chegou com o material padrão. Os agregados chegam a ser entregues até duas vezes ao dia. Quanto ao cimento, é utilizado o cimento de alta

resistência inicial (CPV – ARI RS), sendo o mesmo entregue até duas vezes na semana.

Problemas observados:

- Inspeção apenas subjetiva o que facilita a ocorrência de erros;
- O operador muitas vezes fica sobrecarregado não conseguindo realizar as inspeções quando chegam os agregados;
- Não se sabe realmente se as amostras padrão são utilizadas para a inspeção;
- São realizados alguns ensaios de granulometria e densidade dos agregados, porém não se tem um número definido da quantidade de vezes que o procedimento deve ser realizado. A principal dificuldade observada é que, pelo número de vezes que o material é entregue, existe dificuldade em se realizar os ensaios em cada entrega. Existe também dificuldade na coleta de amostras representativas do lote.

7.1.1.2 Armazenamento da Matéria Prima

Os agregados podem ser armazenados em baias de separação descobertas, ou em uma baia coberta, sendo que esta última não possui separação entre os agregados e é usada nos dias de chuva. O cimento é armazenado em silos devidamente fechados para evitar contato com a umidade.

Problemas observados:

- Dificuldade em se controlar a umidade dos agregados que entram no processo;
- Quando necessário, utiliza-se os agregados da baia coberta. Estes podem vir misturados dificultando assim o correto porcionamento;
- Quanto ao cimento, foi observado que, em alguns dias, ocorre falta do mesmo na produção, ocasionando a parada das máquinas.

7.1.1.3 Transporte das Matérias Primas

Nesta fase é realizado o transporte dos agregados por uma pá carregadeira até os silos de armazenamento para posterior pesagem de acordo com cada traço.

Problemas observados:

- Não se sabe se o sistema de pesagem opera de forma correta;
- A umidade dos agregados não é controlada.

7.1.1.4 Produção do Concreto para as PCP

O sistema de produção da fábrica é automatizado. Após a definição do traço, este é digitado no painel de controle (CLP), sendo que este possui senha e só pessoa autorizada tem acesso a realizar alterações nos traços. No dia de cada produção, o operador da máquina tem a opção de escolher o traço que será produzido de acordo com o tipo de produto a ser fabricado naquela data.

Os agregados, após a pesagem, chegam ao misturador de eixo horizontal através de uma esteira rolante. Quanto ao cimento, este possui um silo de pesagem localizado na parte superior do misturador, conforme a Figura 20. Recentemente a fábrica adquiriu um controlador de umidade que foi localizado dentro do misturador.

Figura 20 - Misturador e silo do cimento.



Problemas observados:

- Não se sabe quando ocorreu a última aferição da balança do cimento;

- O controlador de umidade não funciona de forma correta;
- O operador da máquina, em alguns casos, controla a umidade da mistura de forma subjetiva, através do “ponto de pelota”. Na maioria das vezes, este parâmetro não está sendo controlado;
- Não se tem um histórico claro dos traços usados anteriormente na fábrica o que poderia facilitar em casos da necessidade de troca de agregados;
- Notou-se que a areia natural média usada no traço das PCP, em alguns casos vem com uma granulometria mais grossa ou mais fina, não havendo correção de proporcionamento para ambos os casos, o que compromete a textura das peças.

7.1.1.5 Moldagem das PCP

Depois de misturado, o concreto é encaminhado automaticamente através de uma esteira até o silo da máquina de vibro-compressão. Nesta fase, o operador da máquina vibro-prensa cuida do processo e identifica anormalidades na moldagem ou no equipamento.

A máquina vibro-prensa trabalha no chamado autocontrole. Este consiste em uma programação da máquina que leva em consideração um tempo mínimo de prensagem, um tempo ideal e um tempo máximo de prensagem. Também é programada a altura que as peças devem atingir, sendo esta variação da altura da peça de ± 2 mm (ex: as peças com 60 mm de altura podem ter variação na altura de $60 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$). A chapa é liberada se o tempo de prensagem e a altura das peças ficarem dentro dos limites de variação estabelecidos.

Nesta fase, o operador da máquina realiza o controle das peças verdes, que pode ser realizado de duas formas:

- Pesa a peça verde e mede sua altura. Após, confere o peso mínimo necessário para uma peça com aquele padrão de altura.
- Conferência da altura das peças através de um gabarito o qual respeita a variação de altura de ± 5 mm (variação especificada NBR 9781:1987). Neste caso, não existe conferência do peso;

O operador, em alguns casos, realiza a avaliação da umidade das peças de forma subjetiva. Se as peças apresentarem “estrias” da nata de cimento nas faces laterais, então a umidade é considerada boa. Caso contrário, a umidade não ficou boa. Porém, mesmo assim, as peças são liberadas para a cura. Na Figura 21 observam-se peças de PCP verdes com umidade boa (observar as “estrias” da pasta de cimento nas laterais da peça).

Figura 21 - Estrias da pasta de cimento nas peças verdes.



Problemas observados:

- Paradas inesperadas da máquina;
- Dificuldade de controle do processo;
- Não é respeitado um período específico entre as pesagens das peças verdes;
- Não se sabe realmente que parâmetros interferem significativamente na qualidade das peças;
- Quando ocorre a pesagem de alguma peça verde, esta é coletada do lado da chapa que facilita a coleta pelo operador. Neste caso, sempre ocorre a coleta das peças de um mesmo lado da chapa, pois é ali que o operador fica posicionado. O que pode ocorrer é a pesagem das peças mais pesadas sendo então considerada uma produção boa. Também não é hábito ser anotado na planilha de controle qual posição a peça esta sendo coletada na chapa nem o tempo de prensagem (vibro-compressão);
- Quando a conferência da peça é realizada com auxílio do gabarito, respeita-se somente a altura da peça, não

levando em consideração o peso mínimo a ser atingido. A peça pode estar com altura dentro do padrão, porém com o peso inferior ao mínimo estipulado;

- Não se tem controle do tempo de ciclo, o que ajudaria para avaliar o rendimento da máquina;
- A produtividade do dia é contada por número de chapas, porém não se pode considerar todo o número de chapas como PCP produzida com qualidade, pois algumas são descartadas durante a inspeção realizada na paletização;
- A conferência da umidade das peças verdes na chapa, através das estrias, não serve de parâmetro de controle para as peças já produzidas pois, mesmo a umidade não sendo atingida, as peças são liberadas produzindo desta forma peças menos resistentes. Foi observado que a conferência das estrias serve de parâmetro de controle para as novas massadas onde é possível alterar a quantidade de água.

7.1.1.6 Transporte para as Câmaras de Cura

Depois da moldagem, as chapas com PCP verdes são colocadas nas grades com auxílio de uma “pinça” operada por um funcionário, conforme Figura 22. Após o preenchimento da grade com as chapas, estas são encaminhadas para as câmaras de cura com o auxílio de uma empilhadeira. As grades são colocadas dentro das câmaras de cura. Quando uma câmara é cheia, realiza-se o fechamento da mesma, porém para as PCP não é ligado o vapor.

Figura 22 - Funcionário posicionando as chapas na grade com a pinça.



Problemas observados:

- Não se sabe qual o ganho de resistência das peças submetidas a cura com ou sem o vapor ligado.

7.1.1.7 Paletização e laboratório

Depois de curadas, as peças são encaminhadas nas grades para o pátio da fábrica para então serem paletizadas. Nesta etapa, o laboratorista coleta algumas amostras PCP para realização do controle no laboratório.

Na paletização, as PCP são transferidas das chapas para o *pallet*, sendo este sistema automatizado, porém conta com uma inspeção visual de todas as PCP prontas, sendo este processo realizado por funcionários. Após a paletização, cada *pallet* é etiquetado com especificação do tipo da PCP, nome da empresa e a data da produção das peças.

Problemas observados:

- A definição da qualidade das peças fica sujeita ao critério do funcionário, sendo possível que peças boas sejam classificadas como segunda classe ou peças ruins sejam classificadas como primeira classe;
- Não se tem controle sobre a quantidade de peças produzidas que são descartadas ou vendidas como segunda linha;
- A coleta das PCP para ensaio em laboratório não é realizada sempre que ocorre produção de PCP;
- Não se respeita a prescrição da NBR 9780 (1987) de proceder o capeamento e a saturação das PCP, para a realização do ensaio de resistência à compressão. Foi observado a saturação somente das PCP rompidas com 28 dias, porém o capeamento não foi realizado em nenhuma das idades de rompimento;
- As peças são rompidas com 7 dias e não se tem parâmetro para saber se estas peças realmente chegarão a resistência à compressão aos 28 dias, conforme a NBR 9781 (1987);
- Existe dificuldade em se centralizar as placas auxiliares para o ensaio de resistência à compressão.

7.1.1.8 Estoque/Armazenamento

Após a paletização, os *pallets* são estocados no pátio da fábrica com auxílio de uma empilhadeira, onde ficam até serem vendidos.

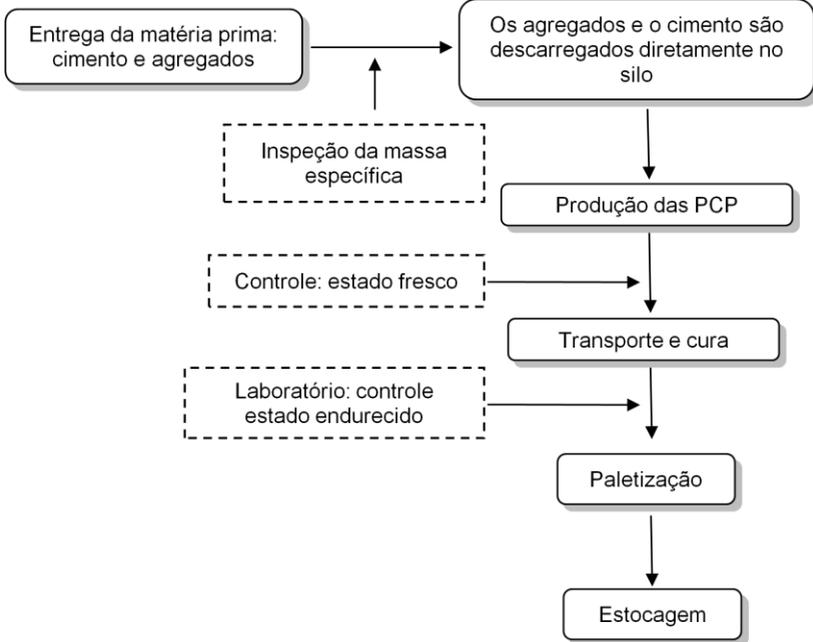
7.1.1.9 Conclusão do Diagnóstico da fábrica da Grande Florianópolis

Com o diagnóstico, foi possível levantar as fases do processo produtivo da fábrica da Grande Florianópolis, observou-se que a fábrica conta com algumas políticas de controle de qualidade, sendo possível levantar alguns pontos que podem ser controlados ou melhorados. Não foi possível levantar nesta etapa, se as PCP produzidas estão atingindo ou não à resistência à compressão preconizada pela NBR 9781 (1987). Por isso na proposta do programa de controle de qualidade foi sugerido como etapa inicial do programa a análise de resistência à compressão para o tipo de PCP a ser estudada.

7.1.2 DIAGNÓSTICO DO PROCESSO PRODUTIVO DA FÁBRICA DE BLUMENAU

Apresenta-se a seguir o diagnóstico do processo produtivo realizado na fábrica de Blumenau. A fábrica produz blocos de concreto de vedação e estruturais, peças de concreto para pavimentação, lajes pré moldadas e tubos de concreto. Para a produção de PCP, a fábrica conta com duas máquinas modelo Piorotti Bloco Pac 750, mas geralmente uma é usada para a produção de PCP, dependendo da demanda da produção. O fluxograma do processo produtivo das PCP na fábrica é conforme a Figura 23.

Figura 23 - Fluxograma do processo produtivo – Fábrica de Blumenau.



7.1.2.1 Entrega da matéria prima

Os agregados são inspecionados de forma visual pelo laboratorista, com objetivo de verificar a presença de impurezas como matéria orgânica. Nesta fábrica não foi observada a presença das amostras padrão dos agregados, porém é prática diária a realização dos ensaios de densidade para o areia artificial e o pedrisco, pois foi detectado que a rocha empregada na produção é um gnaisse e a proporção entre os minerais constituintes altera conforme varia a frente de lavra, provocando variação nas densidades dos agregados produzidos. Quanto a areia fina e média estas são ensaiadas uma vez por mês.

Problemas observados:

- Não foi observado problemas nesta fase.

7.1.2.2 Armazenamento da matéria Prima

Quando os agregados chegam à fábrica, estes são descarregados diretamente nos silos de pesagem. Não existe a presença das baias de separação para armazenamento temporário dos agregados. O que possibilita este processo é que a própria fábrica possui uma pedreira. Então, quando da necessidade de agregados de britagem (areia artificial e pedrisco), estes são entregues diariamente. Quanto a areia fina e média, estas possuem fornecedores que as entregam diariamente. Na Figura 24 é possível visualizar os silos onde são descarregados os agregados. Observa-se que os silos estão posicionados num nível abaixo do piso, sendo que o caminhão pode descarregar diretamente os agregados sem a necessidade de uma pá carregadeira.

Figura 24 - Vista superior de parte dos silos dos agregados – Fábrica de Blumenau.



Na Figura 25 é possível observar a parte inferior dos silos dos agregados, observam-se também as esteiras rolantes que levam os agregados até os misturadores, pois os silos abastecem dois misturados.

Figura 25 - Vista inferior dos silos dos agregados – Fábrica de Blumenau



Quanto ao cimento se utiliza o cimento de alta resistência inicial (CPV- ARI-RS), este é armazenado em um silo metálico. O cimento é entregue de três a quatro vezes por semana.

Problemas observados:

- Em dias de chuva os agregados ficam expostos, pois os silos são descobertos;

7.1.2.3 Produção do concreto para a produção de PCP

O sistema de produção da fábrica é todo automatizado. Para a produção das peças, ocorre o proporcionamento dos agregados conforme traço definido inicialmente por profissional habilitado da empresa. Após o proporcionamento, os materiais são então encaminhados através de uma esteira rolante para o misturador de eixo horizontal. Para o cimento, existe um silo de pesagem localizado na parte superior do misturador. O misturador apresenta um controlador de umidade.

Esta fábrica apresenta o proporcionamento em massa combinada com volume, sendo os agregados proporcionados em volume e o cimento em massa. O processo de massa combinada consiste em realizar a verificação da vazão de agregados para uma “boquilha” padrão para um tempo pré-fixado. Determina-se assim quantas voltas são necessárias a esteira realizar para obter um peso de agregado fixado.

Problemas observados:

- Existe uma variação no proporcionamento dos agregados para o sistema adotado.

7.1.2.4 Moldagem das PCP

Após a mistura o concreto é encaminhado para o silo de armazenamento da máquina de vibro-compressão, sendo então realizada a moldagem das PCP. Nesta fase o operador realiza o controle no estado fresco através do monitoramento das peças, que pode ser através da presença de estrias ou não de estrias, e através da pesagem e medida da altura de peças coletadas geralmente a cada hora. Sendo detectado que a peça pesada apresenta peso menor que o peso mínimo estipulado procura-se identificar a causa do problema, verifica-se se este é oriundo de problemas de diferença de umidade ou se é de má regulação da máquina.

A máquina não possui auto-controle como no caso da fábrica da Grande Florianópolis. Neste caso, o operador da máquina tem a opção de alterar o tempo de prensagem bem como o tempo de pré vibração, sendo que geralmente este último é um valor fixo.

Nesta fábrica foi observado o controle em todas as vezes que as PCP são produzidas, e a fábrica possui um arquivo de ensaios realizados tanto de resistência à compressão quanto densidade dos agregados.

7.1.2.5 Transporte para as câmaras de cura

Após a moldagem, as chapas com as PCP são dispostas nas grades através de uma “pinça”. Depois as grades são encaminhadas para as câmaras de cura por um período médio de 8 horas. Tanto para a produção de PCP quanto para a produção de blocos de concreto não existe a aplicação de vapor. Nesta fábrica, a parte superior das câmaras de cura possuem lajes e estas são cobertas por telhas de zinco pintadas de cor escura para facilitar a absorção de energia solar para o aquecimento das câmaras.

Depois da cura as grades são encaminhadas para a paletização com auxílio de uma empilhadeira. Segundo o responsável técnico da empresa, na época de inverno existe

maior dificuldade em curar os blocos de concreto de vedação, pois os mesmos apresentam quebras nos cantos. Já para as PCP, não existem problemas de danos a estrutura da peça.

Problemas observados:

- Não foi observado problemas.

7.1.2.6 Paletização e laboratório

Após cura, as peças são transportadas para a paletização. Neste momento o laboratorista coleta peças para o controle da resistência à compressão. Após a coleta, as peças são encaminhadas para o laboratório. Todas as vezes que se produz PCP, são coletadas peças para o ensaio de resistência à compressão aos 7 e 28 dias. O laboratorista segue as prescrições da NBR 9780 (1987) de proceder a saturação de todas as peças antes do rompimento, porém não realiza o capeamento.

Durante a paletização, os funcionários observam visualmente a presença de alguma imperfeição nas PCP. Sendo constatada a presença destas imperfeições, as peças são descartadas.

Problemas observados:

- A definição da qualidade das peças fica sujeita ao critério do funcionário, sendo possível que peças boas sejam classificadas como segunda classe ou peças ruins sejam classificadas como primeira classe;
- Não se tem controle sobre a quantidade de peças produzidas que são descartadas ou vendidas como segunda linha;
- Não se respeita a prescrição da NBR 9780 (1987) de proceder o capeamento e a saturação das PCP;

7.1.2.7 Estoque / armazenamento

Após a paletização, os *palletes* são encaminhados para o pátio onde ficam armazenados até sua venda.

7.1.2.8 Conclusão do diagnóstico da fábrica de Blumenau

No diagnóstico da fábrica de Blumenau foi possível levantar as fases do processo produtivo das PCP. Observou-se que a fábrica conta com melhores políticas de controle de qualidade quando comparadas a fábrica da Grande Florianópolis, pois sempre que se produz PCP, estas são monitoradas no estado fresco e também sempre ocorre a coleta das peças para rompimento com 7 e 28 dias. Como não foram avaliadas as resistências à compressão das peças produzidas, assim como para a Fábrica da Grande Florianópolis, propôs-se realizar na primeira etapa da proposta do programa de controle de qualidade análise da resistência à compressão para o tipo de PCP a ser estudada.

7.2 ETAPA 2 - IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DAS PCP E QUANTIDADE DE MATERIAIS USADO NOS TRAÇOS DAS FÁBRICAS

Nesta etapa foram identificados os tipos de PCP que são produzidos, os traços e quantidade de materiais usados em cada uma das fábricas e quais as especificações dos materiais usados. Nas Tabelas 6, 7 e 8 observam-se os resultados obtidos.

Tabela 6 – Tipos das PCP produzidas nas fábricas

Fábrica da Grande Florianópolis				
Identificação das PCP produzidas	Forma	Cor	Altura (cm)	Resistência à compressão (MPa)
PH 0635	Retangular	Natural/colorido	6	35
PH 0835	Retangular	Natural/colorido	8	35
PH 0850	Retangular	Natural/ colorido	8	50
PS 0835	Retangular	Natural/colorido	8	35
Fábrica da Blumenau				
Identificação das PCP produzidas	Forma	Cor	Altura (cm)	Resistência à compressão (MPa)
PVR6 35	Retangular	Natural	6	35
PVRV 6 35	Retangular	Colorida	6	35
PVR 8 50	Retangular	Natural	8	50
PVR 8 50	Retangular	Colorida	8	50
PVS 50	S	Natural	8	50

Tabela 7 – Quantidade de materiais nos traços usados nas fábricas.

Fábrica da Grande Florianópolis							
Resistência à compressão	Quantidade de material usado por virada (Kg)						
	Cimento	Areia fina	Areia média	Areia artificial	Pedrisco	Aditivo	Pigmento*
35 MPa – traço 1	175	210	490	-	175	0,525	6
35 MPa – traço 2	175	130	570	-	175	0,525	6
50 MPa	220	130	505	-	185	0,660	6
Fábrica de Blumenau							
Resistência à compressão	Quantidade de material usado por virada(Kg)						
	Cimento	Areia fina	Areia média	Areia artificial	Pedrisco	Aditivo	Pigmento*
35 MPa	170	308	-	414	248	0,510	7
50 MPa	170	100	200	200	140	0,510	7

*Usado somente para as PCP coloridas.

Tabela 8 - Especificação dos materiais utilizados

Materiais	Fábrica da Grande Florianópolis	Fábrica de Blumenau
Cimento	CP V - ARI - RS	CP V - ARI - RS
Aditivo	Incorporador de ar	Incorporador de ar
Pigmentos	Óxido de ferro - Bayferrox	Óxido de ferro - Lions

Na Figura 26 representa-se uma PCP retangular com cor natural ou também conhecida por cor cinza. Este tipo de PCP é chamado de PH pela fábrica de Florianópolis, sendo sua especificação de altura e resistência à compressão dados pelos números finais. Por exemplo, PH0835 indica peças com altura de 8 cm e resistência à compressão de 35 MPa, ou ainda o PH 0635 indica peças com altura de 6 cm e resistência à compressão de 35 MPa.

Figura 26 - PCP retangular.



Fonte: Arquivos da fábrica de Blumenau.

Para a fábrica de Blumenau, a PCP da Figura 26 é conhecida pela especificação de PVR, onde também as especificações dos números finais representam a altura e resistência da peça. PVR 835 representa peças com altura de 8 cm e resistência a compressão de 35 MPa, já as PVR 635 representam peças com altura de 6 cm e resistência à compressão de 35 MPa.

7.3 ETAPA 3 – PROPOSTA DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE

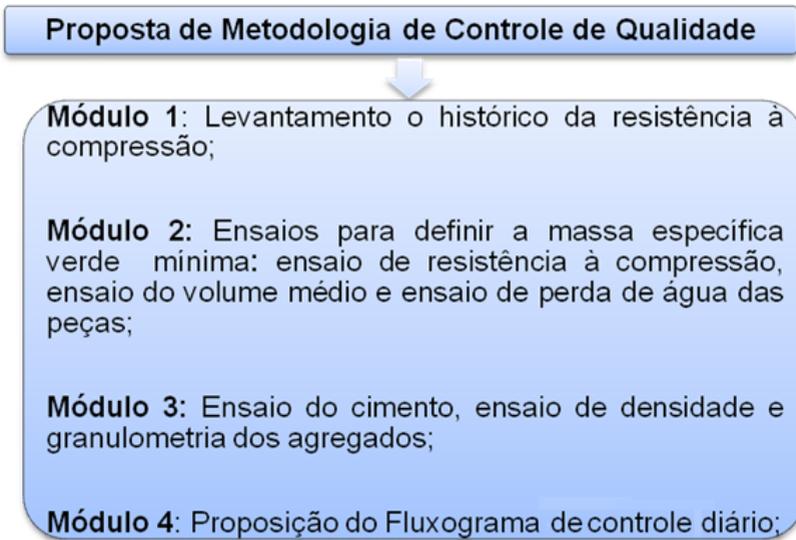
Após a aplicação das etapas 1 e 2 do programa experimental juntamente com a realização da pesquisa bibliográfica, foi proposta uma metodologia de controle de qualidade. Como foi observado, tanto a fábrica da Grande Florianópolis quanto a fábrica de Blumenau realizam o controle de qualidade das peças no estado verde através do controle da massa das peças durante o processo produtivo e, no estado endurecido controlam a qualidade através do rompimento das

peças à compressão e com a inspeção visual durante a fase da paletização.

Apesar das fábricas contarem com políticas de controle de qualidade das peças, foi observado que existia dificuldade em saber como definir a massa verde mínima que a peça deve atingir na produção. Outro problema observado foi que não existia uma rotina clara de quantas vezes seria o ideal coletar as peças no estado verde e pesá-las diariamente e, quando as peças não atingissem a massa mínima estipulada, existia dificuldade em identificar a causa do problema e qual intervenção seria necessário realizar.

Neste contexto a metodologia de controle de qualidade proposta foi dividida em 4 módulos, conforme a Figura 27. O objetivo do programa de controle foi, para um único tipo de PCP, avaliar o histórico de resistência à compressão existente na fábrica e, posteriormente, definir os ensaios e procedimentos necessários para se chegar a massa específica mínima a fixar na produção. A justificativa em definir a massa específica mínima e não a massa verde mínima foi porque, durante algumas análises realizadas no diagnóstico inicial, observou-se que o parâmetro massa mínima é influenciado pela altura das PCP que pode variar, pela densidade dos agregados, e por desgastes causados na forma. No último módulo do programa de controle, definiu-se uma rotina diária para aplicação do programa de controle nas fábricas através de um fluxograma que contempla todos os procedimentos diários a serem realizados, além das condições de contorno caso não se atinja a massa específica mínima estipulada.

Figura 27 - Proposta de metodologia de controle de qualidade para fábricas de PCP

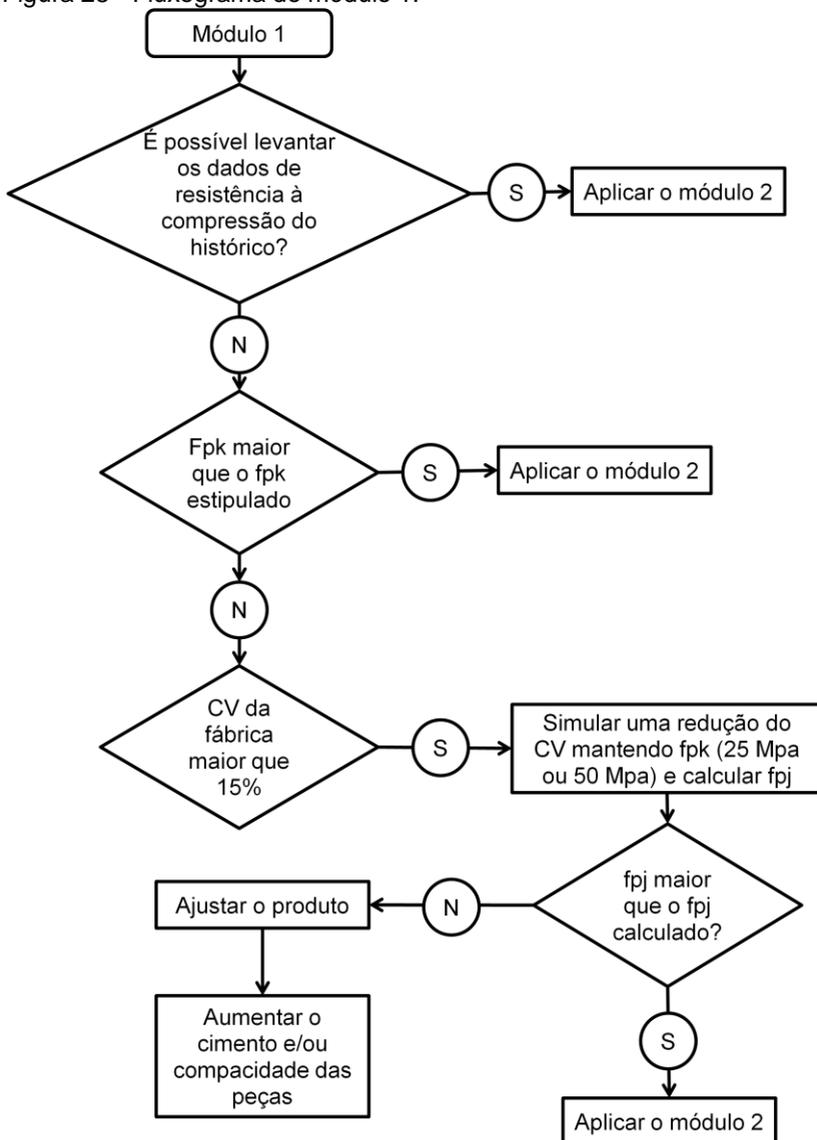


Na sequência, são explicados os procedimentos a serem realizados em cada um dos módulos proposto na metodologia de controle de qualidade.

7.3.1 MÓDULO 1

No módulo 1, deve-se realizar o levantamento do histórico de resistência à compressão para o tipo de PCP estudada. O objetivo é verificar inicialmente se a resistência à compressão preconizada pela NBR 9781 (1987) está sendo atingida. Acredita-se que, com esta etapa, seja possível tomar decisão quanto à necessidade de alteração no traço praticado. Se não for possível levantar os dados de resistência à compressão junto ao histórico da fábrica, deve-se proceder a coleta de PCP do estoque e rompê-las com 28 dias. Neste módulo deve-se aplicar o fluxograma da Figura 28.

Figura 28 - Fluxograma do módulo 1.



7.3.2 MÓDULO 2

O módulo 2 tem por objetivo principal aplicar os ensaios e análises estatísticas necessárias para a definição da massa

específica verde das PCP a ser fixada na produção. Para tanto, os ensaios necessários a serem realizados para as PCP são: ensaio de resistência à compressão com 7 e 28 dias, ensaio do volume médio das peças e o ensaio de perda de água. Cada um dos ensaios é explicado nos itens subsequentes.

7.3.2.1 Ensaio de Resistência à Compressão

Durante 5 dias de produção, deve-se coletar diariamente de 15 a 20 peças de PCP endurecidas. Estas peças devem ser coletadas aleatoriamente das chapas com PCP produzidas no dia anterior à coleta. Após a coleta diária, as peças devem ser pesadas e medidas as suas alturas. Depois devem ser separadas em dois lotes homogêneos (respeitando-se a relação massa/Hmédica de cada uma das peças). Após a divisão dos 2 grupos as peças devem ser capeadas com pasta de cimento, devendo um lote ser rompido aos 7 dias e o outro aos 28 dias. Para a divisão das coletas diárias em dois grupos deve-se utilizar a Tabela 9.

A Tabela 10 deve ser preenchida com base nos resultados das coletas diárias. Também se deve usá-la para o preenchimento da carga de ruptura, resistência à compressão e cálculo do volume corrigido de cada peça que será obtido através de conversão do resultado do ensaio do volume médio obtido no 2º item.

Tabela 9 – Modelo da Tabela de Controle diário.

Dados das PCP coletadas no 1º Dia							
Tipo das PCP				Data para rompimento aos 7 dias			
Dia da produção das peças				Data para rompimento aos 28 dias			
Data da pesagem das peças				Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
1.1							
1.2							
1.3							
1.4							
1.5							
1.6							
1.7							
1.8							
1.9							
1.10							
1.11							
1.12							
1.13							
1.14							
1.15							
1.16							
1.17							
1.18							
1.19							
1.20							

Tabela 10 – Resultado das PCP coletadas no 1º dia (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 1ª dia						
Tipo das PCP				Data do rompimento com 7 dias		
Dia da produção das PCP				Data do rompimento com 28 dias		
Data da pesagem das PCP				Área da placa auxiliar (cm ²)		
Fator de correção				Volume nominal (cm ³)		
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
Desvio padrão da resistência (MPa)				CV(%)		
Fp (MPa)						
Fpk (MPa)						

Tabela 10 (continuação) - Resultado das PCP coletadas no 1º dia.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 1ª dia						
Tipo das PCP			Data do rompimento com 7 dias			
Dia da produção das PCP			Data do rompimento com 28 dias			
Data da pesagem das PCP			Área da placa auxiliar (cm²)			
Fator de correção			Volume nominal (cm³)			
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
Desvio padrão da resistência (MPa)					CV(%)	
Fp (MPa)						
Fpk (MPa)						

Para o procedimento do ensaio de resistência à compressão, devem-se seguir os procedimentos da NBR 9780 (1987). As peças capeadas devem ser encaminhadas para saturação em água por no mínimo 24 horas antes do ensaio de resistência à compressão, sendo o rompimento realizado com as placas auxiliares conforme prescreve a referida norma.

7.3.2.2 Ensaio do Volume médio das PCP

O objetivo do ensaio consiste em definir o volume médio das peças para uma dada altura média. Deve-se proceder a coleta de 21 peças secas durante um dia de produção. Primeiramente as peças devem ser numeradas e medidas as suas alturas, sendo então realizado a divisão das peças em 3 grupos de 7 peças. Esta divisão pode ser aleatória, pois o único objetivo em fazer 3 grupos é devido ao tamanho da caixa metálica usada para a realização do ensaio, pois a mesma não comporta todas as peças de um única vez. Após estas definições iniciais, pode-se proceder ao ensaio do volume.

Para determinação do volume médio das peças será utilizado o ensaio da caixa metálica proposto por FRASSON (2000) e usado por OLIVEIRA (2004) e também pelas duas fábricas estudadas nesta dissertação. O ensaio deve ser realizado com base na submersão das PCP previamente saturadas dentro de uma caixa metálica com água. Esta submersão provocará a saída de água através do bico extravasor da caixa, sendo esta água coletada por um recipiente. Depois que toda a água tiver vazado, será então pesado o recipiente com água. Considerando a massa específica da água igual a 1 kg/dm^3 , assume-se que a massa de água deslocada é igual ao volume das peças dentro da caixa metálica. O volume médio das peças é igual ao volume encontrado dividindo-se pelo número de peças dentro da caixa. O volume médio das peças deve ser estabelecido para a altura média das peças ensaiadas. Aqui se deve utilizara Tabela 11.

O volume médio obtido será utilizado para a correção do volume das peças ensaiadas no ensaio de resistência á compressão para posterior definição da massa específica seca de cada uma das PCP.

Tabela 11 - Volume médio das PCP.

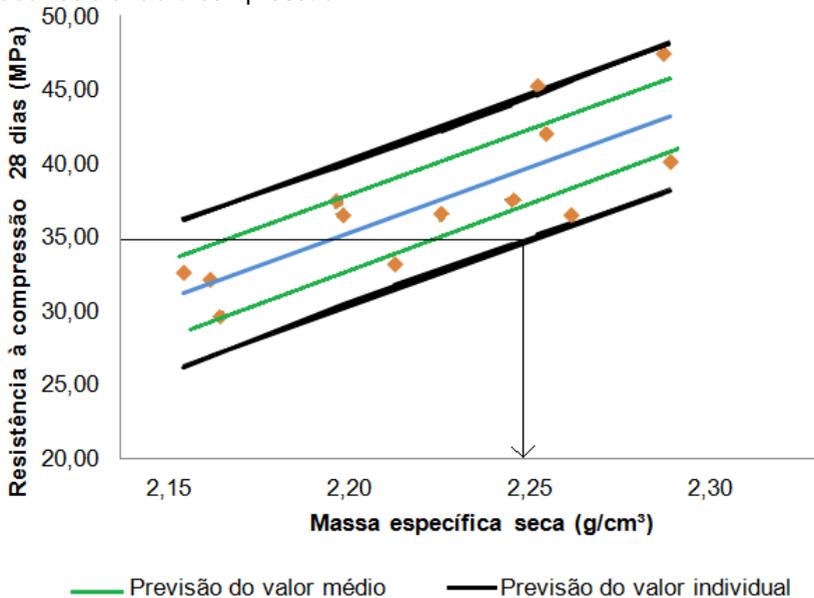
Ensaio do volume médio das PCP													
Ensaio lote nº 1			Ensaio lote nº 2				Ensaio lote nº 3						
Nº da PCP	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Nº da PCP	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Nº da PCP	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)		
1				1				1					
2				2				2					
3				3				3					
4				4				4					
5				5				5					
6				6				6					
7				7				7					
Altura média das peças (cm)				Altura média das peças (cm)					Altura média das peças (cm)				
Massa de água deslocada (g)				Massa de água deslocada (g)					Massa de água deslocada (g)				
Volume médio (g/cm ³)				Volume médio (g/cm ³)					Volume médio (g/cm ³)				
Altura média de todas as peças (cm)													
Volume médio de todas as peças (g/cm ³)													

7.3.2.3 Traçado da curva da massa específica seca *versus* resistência à compressão das peças

Após a obtenção do volume médio das peças deve-se proceder com o cálculo do volume corrigido e da massa específica seca de todas as PCP usadas no ensaio de resistência à compressão com 7 e 28 dias, deve-se utilizar a Tabela 10.

Com todos os dados obtidos para cada um dos 5 dias das coletas, deve-se então proceder o traçado da curva da massa específica seca *versus* resistência à compressão e, através de métodos estatísticos, fazer a determinação de qual a massa específica seca mínima garante peças com resistência à compressão estabelecida pela NBR 9781 (1987) aos 28 dias. Pode-se visualizar o gráfico genérico na Figura 29.

Figura 29 - Gráfico genérico da massa específica seca obtida para uma dada resistência à compressão.



7.3.2.4 Ensaio de perda de água das PCP

O objetivo principal deste ensaio consiste em obter a curva de massa específica verde *versus* massa específica seca de cada uma das peças usadas neste ensaio. Com o resultado, pretende-se determinar para a massa específica seca estabelecida no item anterior, qual deve ser a massa específica verde a ser atingida na produção.

O ensaio de perda de água deve ser realizado em um único dia de produção. Na data escolhida deve-se separar 2 chapas de PCP verdes. Estas devem ser encaminhadas ao laboratório, onde devem ser pesadas e medidas as suas alturas ainda no estado verde. Após 4 ou 5 dias deve-se proceder novamente a pesagem das peças. Para o ensaio deve-se utilizar o modelo da Tabela 12. Ressalta-se que se deve respeitar o posicionamento de cada uma das peças na chapa. Para a fábrica da Grande Florianópolis, deve-se respeitar o posicionamento conforme a Figura 30.

Figura 30 - Posicionamento das peças retangulares na chapa para a fábrica da Grande Florianópolis.



7.3.3 MÓDULO 3

O módulo 3 deve ser aplicado juntamente com o módulo 1 e tem como objetivo caracterizar o cimento e agregados utilizados na produção das PCP durante cada um dos 5 dias de coleta. Pretende-se aqui verificar se existe variabilidade dos materiais utilizados na produção das peças.

7.3.3.1 Ensaio do cimento

Deve-se coletar uma amostra de cimento para cada um dos 5 dias das coletas das PCP para o ensaio de resistência à compressão. Após a coleta, as amostras devem ser devidamente armazenadas e encaminhadas para o laboratório e ensaiadas de acordo com a NBR 7215 (1996). De acordo com a referida norma, o ensaio do cimento consiste em confeccionar argamassas com agregados padronizados (areia normal do Tietê padronizada pelo IPT SP) e rompe-las aos 7 dias. Na presente pesquisa optou-se por utilizar o mesmo traço sugerido por norma porém com agregados disponíveis na Grande Florianópolis. Optou-se também em utilizar um aditivo para melhorar a trabalhabilidade da argamassa, pois em testes realizados com o traço proposto pela NBR 7215 (1996) existiu dificuldade na moldagem dos corpos de prova devido a falta de trabalhabilidade das argamassas. Utilizou-se das seguintes proporções para a confecção das argamassas:

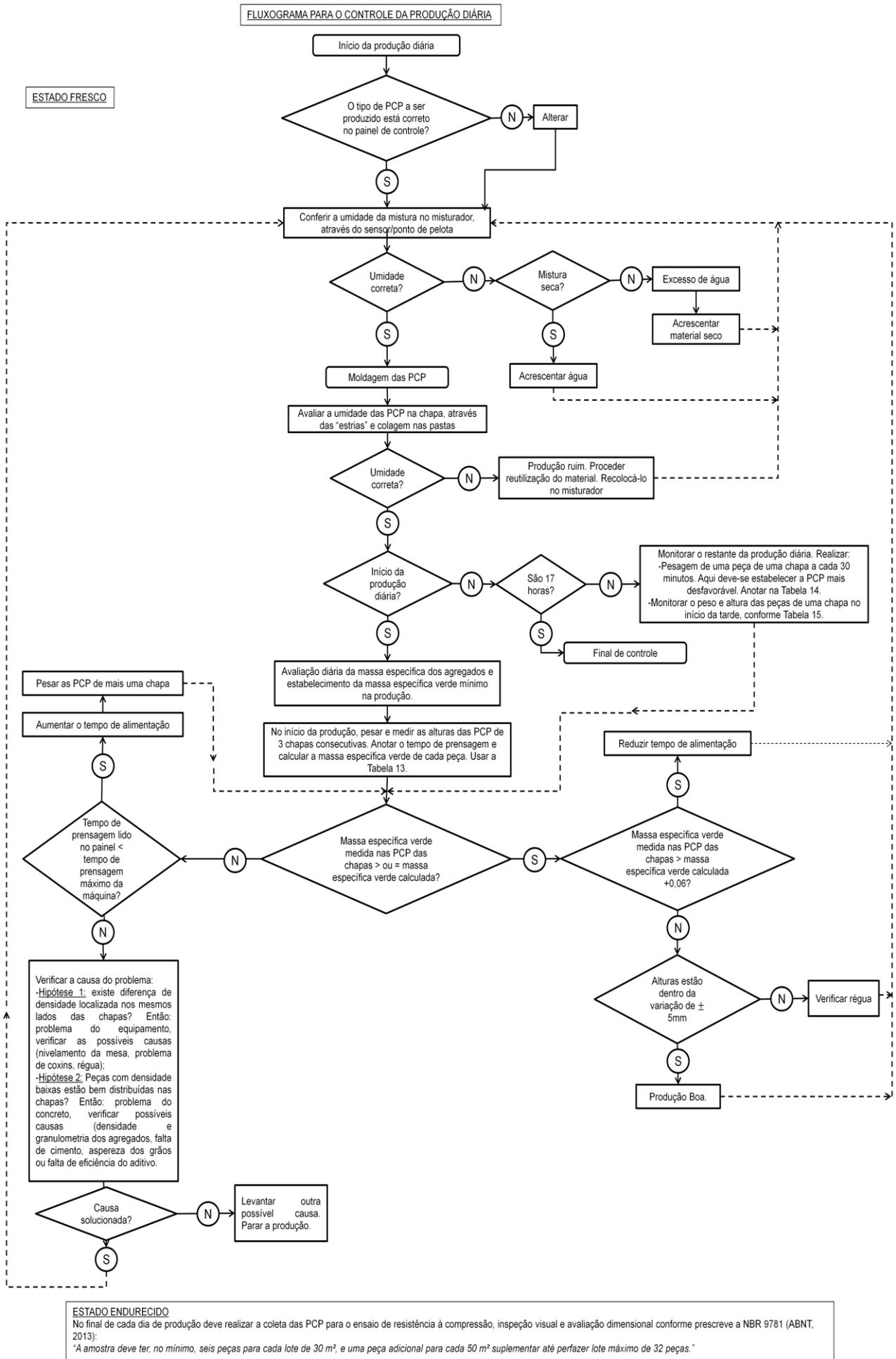
- 60% de areia industrial e 40% de areia fina;
- Confecção de 6 corpos de prova para cada amostra de cimento, sendo 3 rompidos com 7 dias e 3 rompidos aos 28 dias.

7.3.3.2 Ensaio dos agregados

Em cada um dos 5 dias das coletas das PCP para rompimento à compressão, deve-se coletar uma amostra diária dos agregados utilizados para a produção das peças. Estes devem ser encaminhados para o laboratório onde devem ser realizados os ensaios de massa específica e granulometria.

7.3.4 MÓDULO 4

Com as etapas anteriores do programa de controle de qualidade, é possível determinar o valor da massa específica verde a ser monitorada durante o processo de produção das PCP, sendo possível também verificar se existe variabilidade nos materiais usados. Como é inviável a realização da amostragem de todas as PCP de uma produção, é necessário que se crie uma rotina de aplicação diária, contemplando as verificações que o operador juntamente com o laboratorista deve realizar durante uma produção. Neste contexto, o módulo 4 teve por objetivo criar uma rotina de aplicação diária do controle de qualidade das PCP durante o processo produtivo. Definiu-se uma rotina diária através de um fluxograma, o qual contempla todos os passos a serem aplicadas durante um dia de produção. Procurou-se, através deste fluxograma, criar tabelas que contribuíssem para o monitoramento das PCP, bem como se definiu a quantidade de vezes que se deve coletar amostra de PCP para amostragem no estado verde. Foram também levantadas as possíveis causas dos problemas caso as PCP não atinjam a massa específica verde estipulada e quais as intervenções necessárias a realizar. O fluxograma proposto encontra-se na sequência.



As Tabelas 13e 14devem ser utilizadas para o controle diário das peças, conforme descreve o fluxograma. Deve-se respeitar o posicionamento das PCP na chapa conforme o posicionamento das PCP de cada fábrica em estudo (conformeFigura 30).

A Tabela 13deve ser utilizada para a pesagem das 3 chapas consecutivas de PCP no início da produção diária. Acredita-se que, com a pesagem de 3 chapas consecutivas, seja possível levantar se as peças estão atingindo a massa específica verde mínima estipulada, bem como verificar se existe variabilidade de massa específica entre as chapas. Nesta verificação, deve-se determinar qual a posição da PCP mais desfavorável, sendo que esta posição será verificada no restante da produção diária.

Após a determinação da posição mais desfavorável deve-se utilizar a Tabela 13. Sendo, a cada 30 minutos, coletada apenas a PCP da posição mais desfavorável. Deve-se coletar a peça verde cuidadosamente, pesá-la e medir a altura sendo então verificada a massa específica verde. A posição mais desfavorável deve ser determinada com base nos locais da chapa onde se concentra peças com menor massa específica verde. Neste caso, as três chapas consecutivas devem apresentar a tendência das peças menos densas para os mesmo lados da chapa. Caso seja detectado que não existe posição mais desfavorável, ou seja, as peças das três chapas foram pesadas e a variação densidade foi dispersa, deve-se proceder à regulagem do equipamento.

A Tabela 15 deve ser usada para o controle de uma chapa após o período de parada da máquina, correspondente ao início da tarde.

Tabela 13 - Controle diário de 3 chapas consecutiva com PCP verdes.

Controle das 3 Chapas diárias com PCP verde							
Data		Tempo de prensagem			Máquina		
Horário		Operador da máquina			Massa esp. verde mínimo calculado		
Chapa nº 1, 2 ou 3	Posição da PCP na chapa	Massa (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H média (cm)	Volume corrigido (cm³)	Massa esp. verde (g/cm³)
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						

Tabela 15 - Controle da uma chapa de PCP no início da tarde.

Chapa a monitorar no início da tarde							
Data		Tempo de prensagem			Máquina		
Horário		Operador da máquina			Massa específica verde		
Chapa nº 4	Posição da PCP na chapa	Massa (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H média (cm)	Volume corrigido (cm ³)	Massa esp. verde (g/cm ³)
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						

8 APLICAÇÃO E RESULTADOS DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE NAS FÁBRICAS

Definidas as etapas e procedimentos da proposta de metodologia de controle de qualidade para fábricas de PCP, procurou-se realizar a aplicação do programa de controle nas duas fábricas estudadas nesta dissertação, tendo como objetivo a validação da proposta do programa de controle de qualidade. Cada uma das aplicações do programa contemplou os seguintes módulos:

- **Aplicação do Programa de Controle de qualidade na Fábrica da Grande Florianópolis:** Foram aplicados os módulos 1, 2 e 3 do programa de controle de qualidade, para o tipo de PCP PH0635.
- **Aplicação do Programa de Controle de qualidade na Fábrica de Blumenau:** Realizou-se a aplicação dos módulos 1,2 e 3 do programa de controle de qualidade para o PVR635.

Devido ao tempo gasto para elaboração do programa de controle de qualidade, não foi possível escolher previamente o tipo de PCP para se aplicar o programa de controle em cada uma das fábricas, visto que as fábricas não apresentam um cronograma antecipado do tipo de PCP a ser produzido e também a produção não é diária, pois depende da quantidade de estoque existente na fábrica. Optou-se então em aplicar o programa de controle para o tipo de PCP que estivesse sendo produzido nos meses de outubro e novembro de 2012. Coincidentemente, as PCP produzidas nas duas fábricas na época da aplicação do programa de controle foram as mesmas, sendo a PH0635 para a fábrica da Grande Florianópolis e a PVR635 para a fábrica de Blumenau. Neste contexto, também se justifica a não aplicação do módulo 4, pois nos meses de dezembro de 2012 a fevereiro de 2013 previsto para aplicação do módulo não ocorreu a produção das peças de 6 cm, tanto para a fábrica da Grande Florianópolis quanto para a fábrica de Blumenau, sendo assim aplicados apenas os módulos 1, 2 e 3.

Na sequência, apresenta-se como se procedeu a aplicação dos módulos do programa de controle de qualidade em cada

uma das fábricas estudadas e quais os resultados foram obtidos para cada um dos módulos aplicados.

8.1 APLICAÇÃO E RESULTADOS DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE – FÁBRICA DE FLORIANÓPOLIS

O presente item visa apresentar as considerações realizadas na aplicação do programa de controle de qualidade na fábrica da Grande Florianópolis, bem como os resultados obtidos em cada um dos módulos aplicados. O tipo de PCP estudada, como já mencionado anteriormente, foi a PH0635 com especificação para peças naturais ou também conhecidas por apresentarem cor cinza com altura de 6 cm e Fpk de 35 MPa aos 28 dias. Destaca-se que, em função do número de dados coletados e objetivando facilitar a leitura do trabalho, parte das tabelas obtidas foram apresentadas nos anexos do trabalho. Na sequência são explanadas as considerações e os resultados obtidos.

8.1.1 Módulo 1 – Histórico de resistência à compressão

Como prescrito no programa experimental, no módulo 1 foi feito o levantamento do histórico dos ensaios de resistência à compressão realizados no laboratório da fábrica da Grande Florianópolis. O histórico foi obtido junto aos arquivos existentes na fábrica, sendo levantados os dados entre os meses de julho a outubro de 2012. Justifica-se este período porque nos meses anteriores a julho poucos ensaios tinham sido realizados, não se sabe se por pouca produção ou por não ser prática a realização do ensaio de resistência à compressão. No **Anexo 1** (página 233) e **Anexo 2** (página 252), encontram-se as tabelas com os resultados de resistência à compressão individual (Fpi), resistência média das peças (Fp), resistência característica à compressão (Fpk), CV (coeficiente de variação) e massa específica seca para as PCP ensaiadas durante os meses de julho a outubro.

Com o levantamento do histórico, foi possível verificar que a fábrica estava usando dois traços com composições diferentes para o mesmo tipo de PCP, isso justificado pela diferença existente na areia média como já mencionado no diagnóstico

realizado anteriormente. Ocorria que a areia média vinha de dois areiais: um entregava uma areia média mais fina e outro uma areia média mais grossa. Sendo assim, o responsável técnico optou por alterar as proporções entre a areia média sendo que, quando a areia média vinha mais fina usava-se o traço 2. Já quando esta vinha mais grossa, praticava-se o traço 1. O traço 2 foi praticado durante algumas produções entre os meses de agosto e setembro, sendo depois fixado somente o traço 1. Justifica-se esta decisão de manter somente para o traço 1 porque a fábrica começou a adquirir areia média somente de um areial (aquele que fornecia areia média mais grossa). Na Tabela 16 visualizam-se as composições dos traços.

Tabela 16 - Quantidade de material no traço 1 e traço 2 praticado – Fábrica da Grande Florianópolis.

Material	Quantidade de material por virada Traço 1 (Kg)	Quantidade de material por virada Traço 2 (Kg)	Traço 1	Traço 2
Cimento	175	175	1	1
Areia média	490	570	2,8	3,26
Areia fina	210	130	1,2	0,74
Pedrisco	175	175	1	1
Aditivo	0,525	0,525	-	-

Verificou-se também que independente do traço praticado, na fábrica não era hábito a coleta de peças de um mesmo dia de produção para rompimento com 7 e 28 dias. Para o traço 1, foi identificado que a maioria das peças eram coletadas e rompidas com 7 dias, sendo que poucos foram os casos de coletas para o rompimento com 28 dias. Já para o traço 2, as coletas foram realizadas apenas para rompimento com 28 dias. Segundo o laboratorista, as PCP para o ensaio de resistência à compressão, tanto para os 7 dias quanto para os 28 dias, não eram capeadas e a saturação era realizada apenas para as peças rompidas com 28 dias. Conforme prescreve a NBR 9780 (1987), as peças devem ser submetidas ao ensaio de resistência à compressão capeadas e saturadas. Já a NBR 9781 (1987) não estima

resistência característica à compressão aos 7 dias sendo especificado somente aos 28 dias.

Na Figura 31 e Figura 32 é possível visualizar para cada um dos dias de produção os resultados de F_p , F_{pk} e o CV da resistência à compressão dos lotes ensaiados aos 7 e 28 dias para o traço 1. Na Figura 33 representa-se graficamente os resultados de F_p , F_{pk} e CV para as coletas realizadas para o traço 2.

Figura 31 – Histórico dos Fp, Fpk e CV para as PCP rompidas com 7 dias para o traço 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.

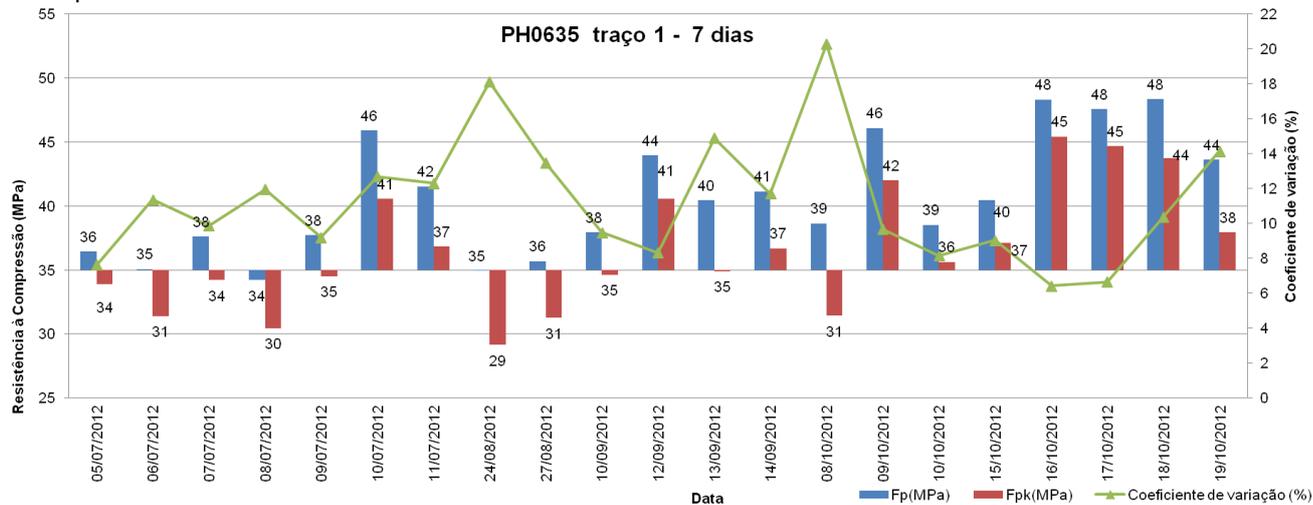


Figura 32 – Histórico dos Fp, Fpk e CV das PCP rompidas com 28 dias traço 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.

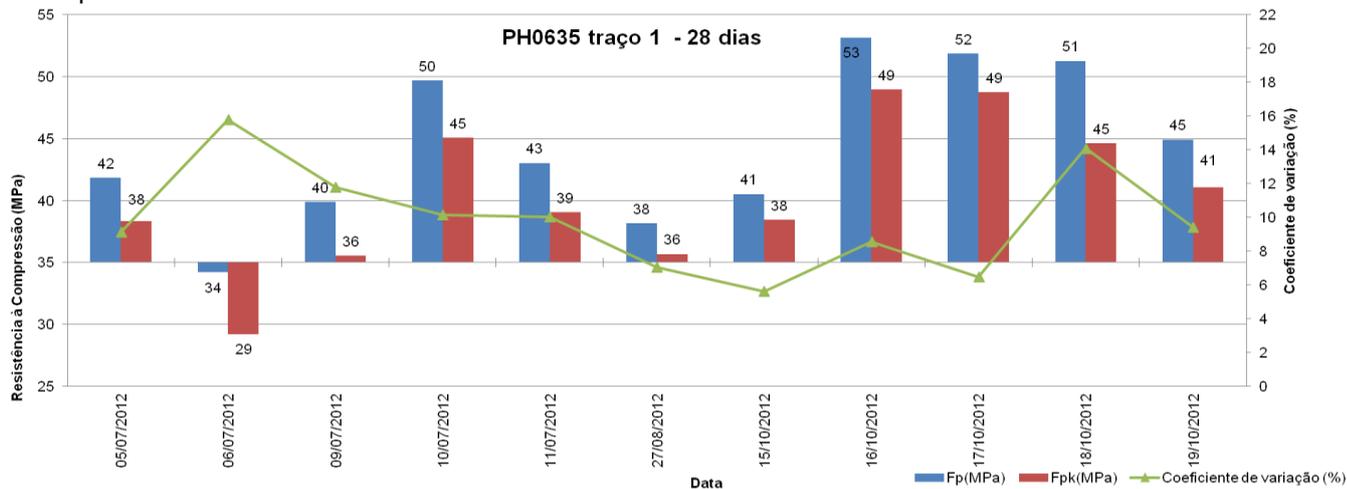
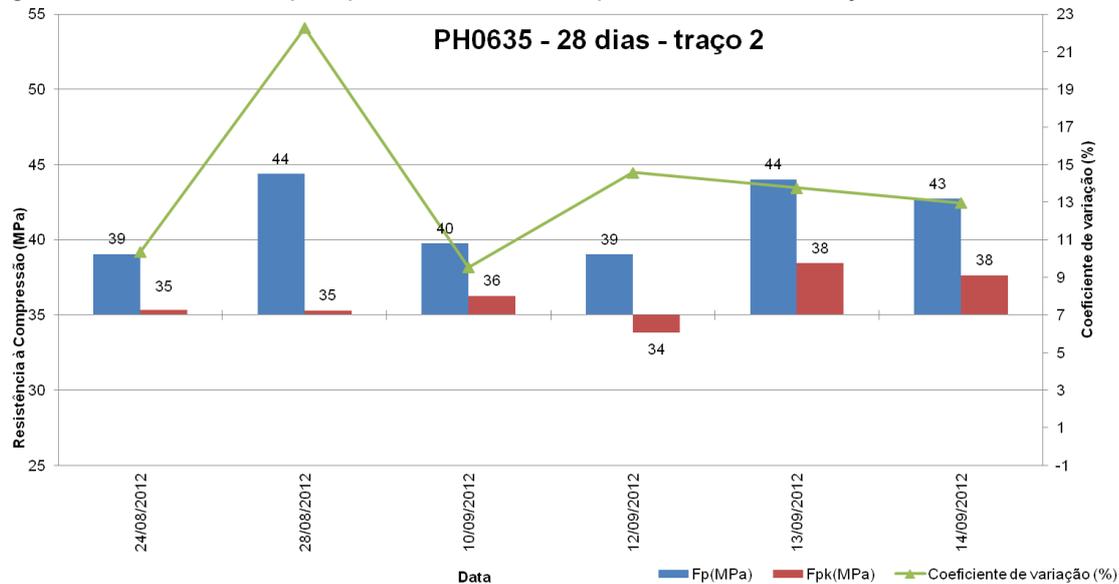


Figura 33 - Histórico dos Fp e Fpk e CV das PCP rompidas com 28 dias traço 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.



Conforme se observa na Figura 31, no período de julho a outubro foi realizada 21 coletas de PCP para rompimento com 7 dias. No entanto na Figura 32, nota-se que para o mesmo período, foram realizadas 11 coletas para rompimento com 28 dias. Como mencionado anteriormente, conclui-se que para uma mesma produção diária, não se realizava a coleta de peças para rompimento aos 7 e 28 dias.

Quanto as peças rompidas com 7 dias, o que pode se observar na Figura 31 é que quase todas as Fp apresentaram-se acima de 35 MPa, sendo que os dias 08/07/2012 e 24/08/2012 apresentaram-se abaixo. Para o Fpk, notou-se que, em alguns dias este ficou acima de 35 MPa e em outros foi abaixo, sendo notável que algumas produções apresentaram Fpk elevado chegando a atingir 45 MPa. Nota-se que algumas produções apresentaram CV da resistência acima de 20 %. Se comparado com os valores sugeridos por FRASSON (2000) e presentes na Tabela 4, a fábrica deveria obter um CV próximo a 13,30 % quando considerado o controle médio. Este valor de 13,30 % é obtido através da Tabela 4, considerando o controle de pessoal treinado como médio (CV = 15%), controle de equipamentos de vibro compressão e sensores de umidade como controle médio (CV = 15%) e controle de dosagem em massa também como controle médio (CV = 10%), devendo-se então realizar a média dos valores obtidos e chegando-se a 13,30 %.

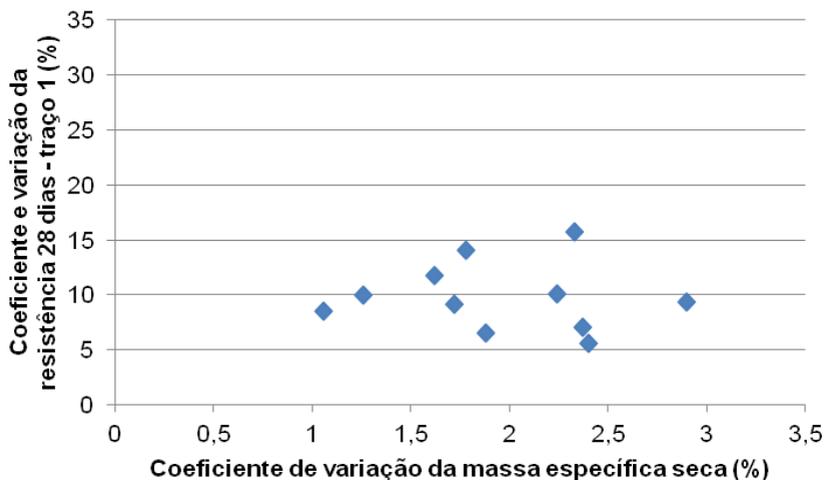
Quanto às peças rompidas com 28 dias, conforme observada na Figura 32, todas as fpk foram superiores a 35 MPa com exceção do dia 06/07/2012 que se mostrou inferior. Fato observado é que algumas produções chegaram a 49 MPa. Já o CV da resistência manteve-se abaixo de 13,30 % com exceção das produções dos dias 06/07/2012 e 18/10/2012. Nota-se também que as peças rompidas com 7 dias apresentaram CV maior que as peças rompidas com 28 dias, acredita-se que isso possa ter ocorrido pelo maior número de coletas realizadas para as peças com 7 dias, o que poderia representar melhor os rompimentos. Outro fato é que as coletas são aleatórias dentro das produções diárias, podendo contribuir para que em um dia de produção se colete peças com menor ou maior variação das massas específicas.

Na Figura 33 visualiza-se aos resultados para as peças produzidas com o traço 2. Como pode ser observado, os valores de CV foram superiores aos obtidos para o traço 1 quando

rompidos com 28 dias, sendo que os Fpk obtidos apresentaram-se próximos a 35 MPa, (no dia 12/09/2012 apresentou-se em 34 MPa). Conclui-se que, se o traço 2 ainda fosse praticado, deveria ser realizado ajuste de traço e/ou regulagem no equipamento de vibro-compressão, controle dos materiais e da umidade dos concretos a fim de diminuir o coeficiente de variação.

Procurou-se representar na Figura 34 os valores obtidos de CV da resistência das peças rompidas aos 28 para o traço 1 *versus* o coeficiente de variação da massa específica seca das peças ensaiadas. Optou-se por representar os dados dos 28 dias do traço 1 por ser o traço mais praticado e por apresentar maior número de rompimentos quando comparados ao traço 2. Como pode ser observado, existiu grande dispersão entre os pontos, não sendo possível o traçado de uma curva com boa correlação.

Figura 34 - Coeficiente de variação das peças rompidas com 28 dias *versus* coeficiente de variação da massa específica dados dos 28 dias traço 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.



Procurou-se apresentar na Figura 35 os resultados de Fpk aos 7 e 28 dias para o traço 1 das peças coletadas no mesmo dia de produção. Para estes rompimentos, coletava-se 12 peças de forma aleatória dentro da produção diária. Estas peças eram encaminhadas ao laboratório e separadas aleatoriamente em 2

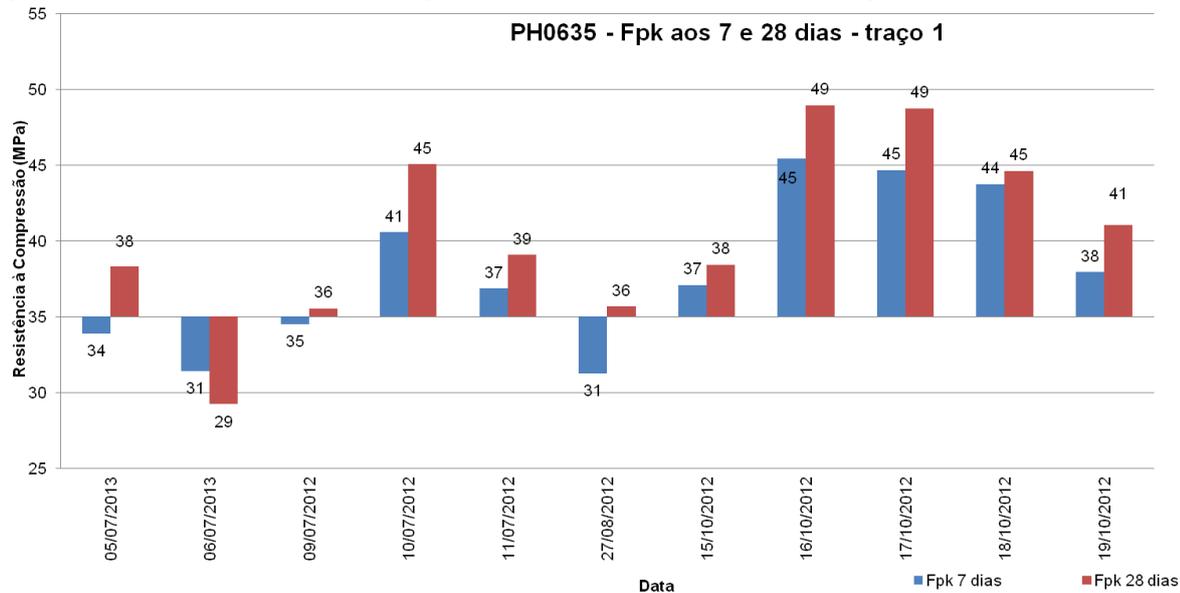
grupos de 6 peças, um para rompimento com 7 e o outro com 28 dias.

Conforme se observa na Figura 35 os acréscimos de resistência dos 7 aos 28 dias foi de 1 a 5 MPa para todos os casos com exceção do dia 06/07/2012 que apresentou um Fpk aos 28 dias 2 MPa menor que o obtido aos 7 dias. Acredita-se que isto possa ter ocorrido pela aleatoriedade da divisão dos dois grupos, podendo peças mais desfavoráveis terem ficado para rompimento com 28 dias.

Como o objetivo do módulo 1 era verificar se as peças produzidas estavam atingindo o Fpk de 35 MPa aos 28 dias e verificar a necessidade de possíveis alterações nos traços praticados, concluiu-se que, para o traço 1 as peças estavam atingindo o Fpk estimado (com exceção do dia 06/07/2012 que apresentou Fpk de 29 MPa). Entretanto, algumas produções apresentaram CV superior a 13,30 %. Apesar das peças atingirem o fpk, algumas próximas a 45 MPa, poder-se-ia decidir por diminuir a quantidade de cimento usado no traço. Entretanto, devido ao pouco número de coletas de peças realizadas para rompimento com 28 dias e, por as peças não serem capeadas, optou-se por manter o mesmo traço 1 e realizar os ensaios conforme prescreve a NBR 9781 (1987), para então verificar a necessidade ou não de alteração no traço.

Após a aplicação do módulo 1, deu-se sequência a aplicação do módulo 2 utilizando-se do traço 1, sendo iniciado sua aplicação a partir da data de 05/11/2012.

Figura 35 - Fpk aos 7 e 28 dias das peças coletadas no mesmo dia para o traço 1 –Fábrica da Grande Florianópolis .



8.1.2 Módulo 2

Apresenta-se a seguir os resultados da aplicação do módulo 2 proposto no programa de controle de qualidade para a fábrica da Grande Florianópolis. Foram realizados os seguintes ensaios: ensaio de resistência à compressão, ensaio do volume e ensaio de perda de água.

8.1.2.1 Ensaio de Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão consistiu em coletar PCP do mesmo tipo das peças usadas no módulo 1 (PH0635), sendo estas ensaiadas de acordo com o método de ensaio da NBR 9780 (1987). As peças foram produzidas do dia 05 a 09 de novembro de 2012, e a coleta era realizada um dia após a produção, quando já existia facilidade no manuseio das peças sem comprometer a sua estrutura.

Dentro da produção de cada um dos 5 dias, coletava-se 20 peças diariamente. O objetivo era coletar peças pesadas e peças leves. Para tanto, as peças eram coletadas aleatoriamente dentro da produção e pesadas para aceite ou rejeição. Este procedimento foi realizado com auxílio de uma balança colocada no pátio da fábrica próximo as grades com as PCP produzidas no dia anterior.

Depois de cada coleta, as peças eram encaminhadas ao laboratório da fábrica onde eram numeradas, novamente pesadas e medidas as suas alturas, sendo os valores anotados em tabelas conforme o modelo da Tabela 9 proposta no programa experimental. Após este procedimento, realizava-se a divisão das 20 peças diárias em 2 grupos o mais homogêneo possível sendo um grupo para rompimento com 7 dias e outro com 28 dias.

Para o procedimento de divisão dos grupos procedeu-se o cálculo da relação da massa da peça pela altura média da peça ($\text{massa}/H_{\text{médio}}$), após em uma planilha ordenava-se os valores de forma crescente. Era então deixado a primeira peça para rompimento com 7 dias e a segunda peça com 28 dias e assim sucessivamente até a vigésima peça. O objetivo em separar as peças coletadas diariamente desta forma foi o de criar 2 grupos com peças com massa específicas parecidas, pois corria-se o risco de deixar todas as peças pesadas para rompimento com 7 dias e todas as peças leves para rompimento com 28 dias, ou vice e versa.

Após os procedimentos iniciais, em cada um dos 5 dias em que as peças eram coletadas, realizava-se o capeamento das peças com pasta de cimento, conforme a Figura 36 e, após secagem, as peças eram armazenadas no laboratório da fábrica e, no mínimo com 24 horas de antecedência ao rompimento as peças, eram deixadas dentro de um tanque com água potável para a saturação conforme prescreve a NBR 9780 (1987). As peças saturadas foram rompidas aos 7 e 28 dias em uma prensa hidráulica de acionamento manual existente no laboratório da fábrica, tomou-se o cuidado para a correta centralização das placas auxiliares. Todos os resultados do ensaio obtidos para cada um dos 5 dias estão nas tabelas do **Anexo 3** (página 256).

Figura 36 - PCP capeadas com pasta de cimento.



8.1.2.2 7Ensaio do Volume

O ensaio do volume foi seguido conforme prescrito no programa experimental tendo como objetivo calcular o volume médio das peças ensaiadas para uma dada altura média, tornando possível a correção dos volumes das peças ensaiadas no ensaio de resistência à compressão realizada no item anterior e, com isso saber qual a massa específica seca de cada peça rompida.

Realizou-se a separação de 21 peças coletadas em um único dia de produção. Após a coleta as peças foram encaminhadas ao laboratório sendo então numeradas e medidas suas alturas e anotadas na tabela conforme o modelo da Tabela

11, proposta no programa experimental. Procedia-se então a divisão das 21 peças em 3 grupos de 7 peças, sendo então realizado o ensaio do volume separadamente para cada um dos grupos. O objetivo em realizar o ensaio com 3 grupos foi de tentar diminuir o erro inerente ao ensaio, pois o mesmo não é preciso. Assim optou-se por realizar 3 vezes o ensaio e calcular uma média dos valores obtidos.

Para a determinação do volume médio das PCP utilizou-se o ensaio da caixa metálica proposto por FRASSON (2000). O ensaio consistiu basicamente em utilizar a caixa metálica com um bico extravasor existente na fábrica, onde os seguintes procedimentos foram realizados:

- Deixavam-se as peças já pesadas e medidas em saturação dentro de um tanque com água por no mínimo 24 horas;
- Posicionou-se a caixa metálica sobre uma bancada de forma a ficar nivelada;
- Enchia-se a caixa metálica com água potável, até transbordar pelo bico extravasor;
- Esperava-se estabilizar o nível de água até que a água para-se de pingar pelo bico extravasor;
- Posicionava-se um balde abaixo do bico extravasor;
- Retirava-se de dentro do tanque com água as 7 peças do primeiro grupo, com auxílio de um pano retirava-se o excesso de água.
- Após estas peças eram colocadas dentro da caixa metálica;
- Esperava-se toda a água sair pelo bico extravasor, sendo coletadas pelo balde posicionado abaixo do bico;
- A estabilização acontecia quando a água parava de pingar pelo bico;
- Após a estabilização pesava-se a massa de água deslocada para dentro do recipiente coletor. Como já citado anteriormente, a massa específica da água é igual a 1kg/dm^3 . Assim, assume-se que a massa de água deslocada é igual ao volume das peças dentro da caixa metálica;
- O volume médio das peças era igual ao volume encontrado dividido pelas 7 peças de dentro da caixa;

- Após estes procedimentos, repetiu-se o ensaio para os grupos 2 e 3.

Na Tabela 17 encontram-se os resultados obtidos para cada um dos 3 grupos de PCP ensaiadas. Como resultado final foi obtido para peças com altura de 5,87 cm um volume médio de 1230,70 cm³. Com este valor obtido foi possível calculado o volume corrigido de cada uma das peças usadas no ensaio de resistência à compressão, sendo assim possível a definição da massa específica seca de cada peça ensaiada.

Tabela 17 - Resultados obtidos para o ensaio do volume – Fábrica da Grande Florianópolis.

Ensaio do volume médio das PCP														
Ensaio do lote número 1					Ensaio do lote número 2					Ensaio do lote número 3				
Número da PCP	Massa seca (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Número da PCP	Massa seca (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Número da PCP	Massa seca (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)
1	2712,8	5,85	5,83	5,83	8	2781,0	5,90	5,90	5,85	15	2721,6	5,87	5,86	5,87
2	2786,4	5,92	5,88	5,94	9	2740,8	5,86	5,84	5,82	16	2835,6	5,92	5,92	5,87
3	2709,4	5,93	5,89	5,88	10	2809,0	5,92	5,94	5,9	17	2791,2	5,97	5,97	5,98
4	2769,2	5,88	5,80	5,89	11	2851,1	5,85	5,82	5,92	18	2702,4	5,90	5,90	5,88
5	2768,3	5,84	5,82	5,84	12	2688,0	5,82	5,80	5,8	19	2811,4	5,94	5,89	5,87
6	2732,0	5,82	5,82	5,80	13	2839,2	5,84	5,85	5,83	20	2699,1	5,78	5,81	5,84
7	2830,0	5,96	5,82	5,90	14	2760,4	5,82	5,80	5,8	21	2787,1	5,82	5,82	5,86
H média das peças (cm)		5,86			H média das peças (cm)			5,85		H média das peças (cm)			5,88	
Massa de água deslocada (g)		8650			Massa de água deslocada (g)			8620		Massa de água deslocada (g)			8575	
Volume médio de cada peça		1235,7			Volume médio de cada peça			1231,4		Volume médio de cada peça			1225,0	
Altura média de todas as peças (g)								5,87						
Volume médio de todas as peças (cm³)								1230,7						

8.1.2.3 Traçado da curva de massa específica seca *versus* resistência à compressão

Após a obtenção do volume médio foi possível calcular o volume de cada uma das peças ensaiadas durante os 5 dias no ensaio de resistência à compressão, bem como calculou-se a massa específica seca das peças ensaiadas. Todos os resultados obtidos de massa, carga, resistência à compressão, volume corrigido e massa específica seca para as PCP aos 7 e 28 dias encontram-se nas tabelas do **Anexo 4** (página 262). Nas Tabelas 18 e 19 são apresentados os resultados de resistência à compressão e massa específica seca respectivamente para as peças rompidas com 7 e 28 dias.

Apresenta-se graficamente nas Figuras 37, 38 e 39 os resultados obtidos para as peças rompidas com 7 dias e 28 dias durante os 5 dias de coletas.

Tabela 18 - Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças rompidas com 7 dias										
	1ª Coleta		2ª Coleta		3ª Coleta		4ª Coleta		5ª Coleta	
	MES ¹ (g/cm ³)	Rc ² (MPa)								
	2,34	45,94	2,19	35,52	2,32	48,5	2,30	50,7	2,27	36,05
	2,25	38,75	2,25	32,82	2,30	38,9	2,22	33,9	2,27	38,06
	2,30	41,74	2,28	33,17	2,17	30,5	2,21	31,0	2,17	35,79
	2,31	45,78	2,27	34,72	2,25	34,8	2,26	45,0	2,30	39,25
	2,20	33,24	2,30	46,57	2,21	34,2	2,23	41,1	2,31	42,14
	2,24	34,60	2,23	36,80	2,29	37,1	2,25	43,8	2,35	43,83
	2,24	37,87	2,20	26,73	2,24	29,1	2,28	47,5	2,28	44,49
	2,27	44,58	2,25	41,15	2,27	36,1	2,20	31,6	2,25	42,55
	2,20	33,78	2,38	39,49	2,22	32,1	2,18	30,0	2,22	37,82
	2,29	48,48	2,23	39,55	2,20	35,3	2,35	52,7	2,18	33,56
S	0,05	5,60	0,05	5,43	0,05	5,41	0,05	8,54	0,058	3,74
CV (%)	2,02	13,83	2,42	14,81	2,15	15,16	2,35	20,97	2,58	9,49
Média	2,26	40,48	2,26	36,65	2,25	35,67	2,25	40,74	2,26	39,36
Fp		40,48		36,65		35,7		40,7		39,36
Fpk		35,53		31,86		30,89		33,20		36,06

¹ MES: Massa específica seca; ² Rc: Resistência à compressão

Tabela 19 - Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças rompidas com 28 dias										
	1ª Coleta		2ª Coleta		3ª Coleta		4ª Coleta		5ª Coleta	
	MES ¹ (g/cm ³)	Rc ² (MPa)								
	2,30	55,94	2,17	32,5	2,27	46,29	2,23	38,2	2,30	53,34
	2,25	52,09	2,29	52,3	2,28	41,50	2,26	42,6	2,28	52,48
	2,17	46,60	2,27	46,6	2,22	41,04	2,21	41,6	2,24	41,42
	2,24	48,23	2,21	40,7	2,16	31,53	2,17	32,6	2,25	45,85
	2,27	50,94	2,26	50,3	2,21	42,47	2,27	44,4	2,27	44,52
	2,21	45,73	2,23	39,5	2,30	45,16	2,18	34,7	2,29	44,38
	2,29	52,75	2,24	45,9	2,24	41,60	2,27	39,9	2,16	38,54
	2,32	58,04	2,35	59,1	2,30	52,46	2,29	50,4	2,20	35,91
	2,24	43,93	2,25	44,1	2,17	37,15	2,25	44,1	2,17	35,46
	2,20	46,66	2,27	36,8	2,25	37,60	2,32	53,7	2,35	55,56
S	0,05	4,64	0,05	7,87	0,05	5,69	0,05	6,49	0,059	7,20
CV (%)	2,07	9,26	2,17	17,57	2,19	13,64	2,14	15,37	2,62	16,08
Média	2,25	50,09	2,25	44,77	2,24	41,68	2,24	42,22	2,25	44,75
Fp		50,09	2,25	44,77	2,24	41,7	2,24	42,2	2,25	44,75
Fpk		46,00		37,82		36,66		36,49		38,39
Volume de sólidos (%)*	78,65		78,54		78,03		78,03		78,27	

*A determinação do volume de sólidos esta apresentada no item 8.1.4.5.¹ MES: Massa específica seca; ² Rc: Resistência à compressão

Figura 37 – Resultados para as PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 7 dias – Fábrica Grande Florianópolis.

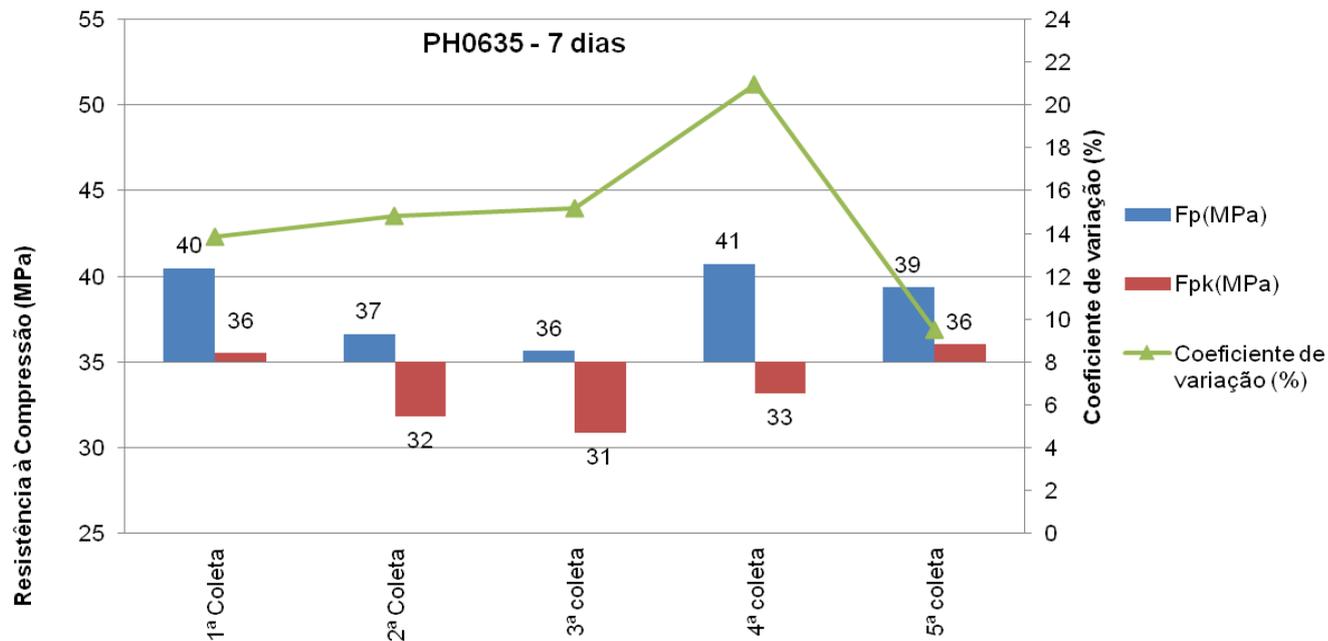


Figura 38 – Resultados das PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 28 dias – Fábrica Grande Florianópolis.

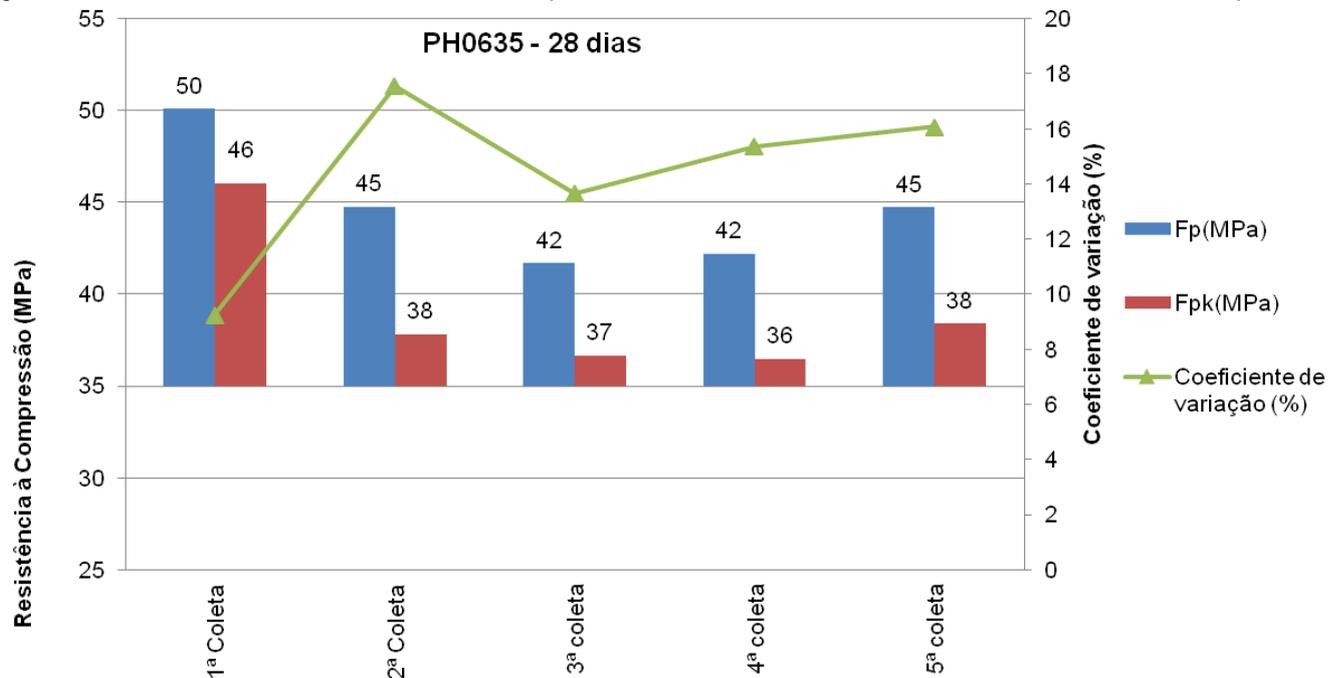
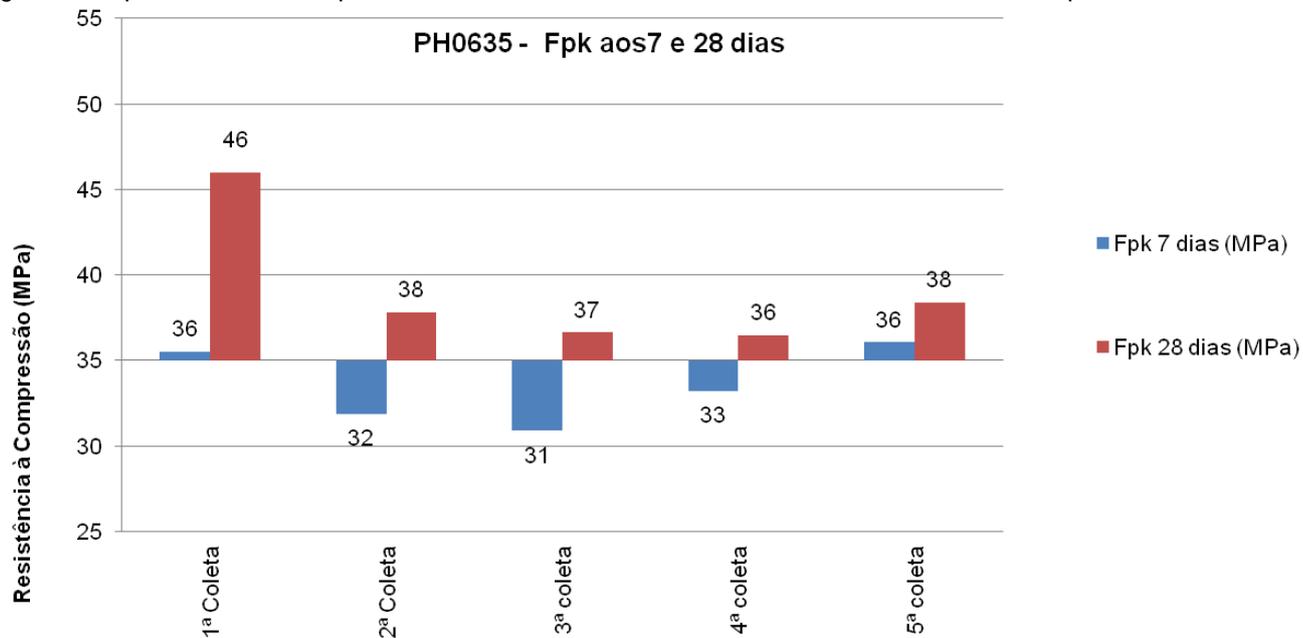


Figura 39 - Fpk aos 7 e 28 dias para cada um dos 5 dias de coleta – Fábrica da Grande Florianópolis.



Nas Figuras 40 e 41 procurou-se representar graficamente os resultados de massa específica seca *versus* resistência à compressão para cada uma das PCP rompidas com 7 dias e 28 dias, respectivamente. Estes valores serão usados para a definição da massa específica seca que garante peças com Fpk de 35 MPa aos 28 dias.

Figura 40 - Resultado das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com 7 dias.

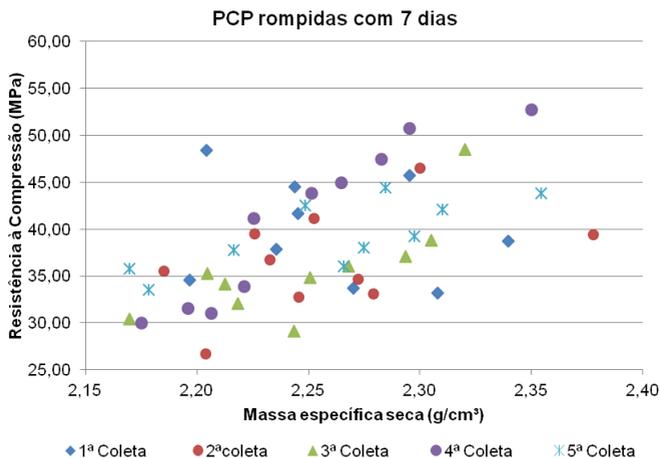
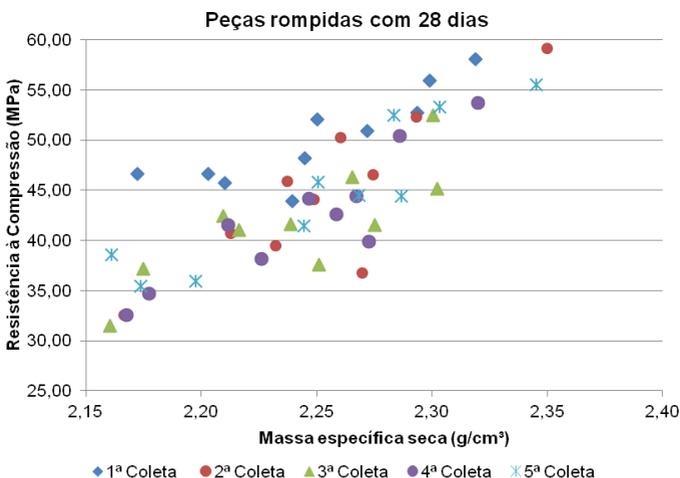


Figura 41 – Resultado das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com 28 dias.



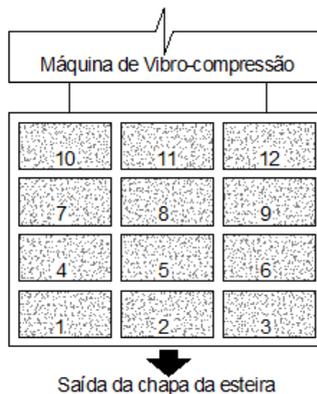
Os resultados das Figuras 40 e 41 mostram que, tanto para as peças rompidas com 7 quanto aos 28 dias, existe uma tendência do aumento de resistência à compressão com o aumento da massa específica seca das peças, fato mais evidente para as PCP rompidas com 28 dias. Nota-se também que o intervalo de massas específicas obtidas é grande, pois para as peças rompidas com 28 dias produziu-se peças entre 2,15 a 2,40 g/cm³ obtendo-se resistência à compressão individuais de 31 a 58 MPa. Conclui-se assim que a fábrica apresenta elevada variabilidade, sendo necessária intervenção para esta diminuição.

Para a definição da massa específica seca mínima que garante peças com 35 MPa aos 28 dias, se faz necessário a aplicação de métodos estatísticos. Optou-se por apresentá-los no item 8.1.4 após a aplicação do módulo 3 voltado ao ensaio da caracterização dos agregados.

8.1.2.4 Ensaio de perda de água das PCP

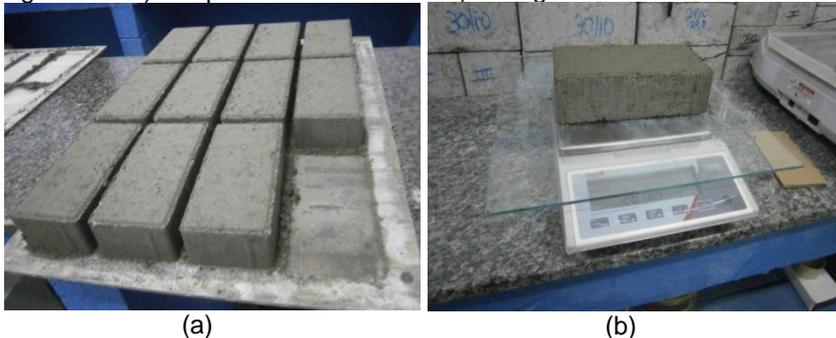
Durante um dia de produção, realizou-se a separação de 2 chapas consecutivas com PCP verdes. Estas foram coletadas diretamente da esteira da máquina de vibro-compressão. Após a separação, as chapas foram encaminhadas para o laboratório da fábrica, onde cada uma das peças foi cuidadosamente pesada e medida a sua altura. Respeitou-se o posicionamento da Figura 42 para cada uma das peças da chapa.

Figura 42 - Posicionamento das PH0635 na chapa - Fábrica da Grande Florianópolis.



Na Figura 43a visualiza-se uma das chapas com as PCP verdes posicionadas em cima da bancada do laboratório. Dela foram retiradas cuidadosamente cada uma das peças verdes, sendo estas pesadas conforme a Figura 43b, e medidas as suas alturas com auxílio de um paquímetro.

Figura 43 - a) Chapa com PCP verdes. b) Pesagem de uma PCP verde.



Após a pesagem e a medida das alturas das peças verdes, estas eram posicionadas em cima da bancada. Procurou-se anotar em etiquetas a posição das peças em cada uma das chapas, conforme a Figura 44, facilitando assim as novas pesagens. Para a fábrica da Grande Florianópolis foi decidido pesar as peças das duas chapas diariamente até que se completasse os 5 dias e, não somente no primeiro e no quinto dia conforme prescrito no programa experimental. É possível visualizar as etiquetas utilizadas e as peças verdes sendo posicionadas.

Figura 44 - Posicionamento das PCP verdes pesadas e medidas.



Os resultados obtidos no ensaio de perda de água encontram-se nas Tabelas 20 e 21.

Tabela 20 - Resultados obtidos no ensaio de perda de água para chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

CHAPA NÚMERO 1							
Posição da PCP na chapa	Usada no primeiro dia da pesagem						
	Massa verde (g)	H 1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H médio (cm)	Volume corrigido (cm³)	Massa específica verde (g/cm³)
1	2725,8	5,86	5,84	5,96	5,89	1234,19	2,21
2	2733,4	5,80	5,84	5,87	5,84	1223,71	2,23
3	2879,8	5,82	5,84	5,85	5,84	1223,71	2,35
4	2831,7	5,84	5,84	5,84	5,84	1224,41	2,31
5	2823,7	5,90	5,93	5,90	5,91	1239,09	2,28
6	2918,3	5,84	5,87	5,87	5,86	1228,60	2,38
7	2722,2	5,82	5,80	5,79	5,80	1216,72	2,24
8	2719,3	5,90	5,86	5,86	5,87	1231,40	2,21
9	2774,2	5,82	5,84	5,80	5,82	1220,22	2,27
10	2817,6	5,82	5,83	5,84	5,83	1222,31	2,31
11	2799,8	5,86	5,86	5,87	5,86	1229,30	2,28
12	2927,5	5,90	5,88	5,87	5,88	1233,50	2,37

Tabela 20 (continuação) - Resultados obtidos no ensaio de perda de água para chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.

CHAPA NÚMERO 1							
Posição da PCP na chapa	Usada no primeiro dia da pesagem						
	Massa verde (g)	H 1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H médio (cm)	Volume corrigido (cm³)	Massa específica verde (g/cm³)
1	2725,8	2694,3	2689,5	2687,7	2685,5	1234,2	2,18
2	2733,4	2703,7	2698,2	2696,3	2694,7	1223,7	2,20
3	2879,8	2850,1	2845,2	2843,1	2841,5	1223,7	2,32
4	2831,7	2800,1	2795,3	2793,6	2792,0	1224,4	2,28
5	2823,7	2793,9	2788,6	2786,7	2785,1	1239,1	2,25
6	2918,3	2889,2	2883,4	2881,3	2879,9	1228,6	2,34
7	2722,2	2693,2	2688,7	2686,5	2685,2	1216,7	2,21
8	2719,3	2692,2	2686,3	2684,3	2682,8	1231,4	2,18
9	2774,2	2747,0	2740,5	2739,1	2737,6	1220,2	2,24
10	2817,6	2788,4	2788,1	2782,3	2780,8	1222,3	2,28
11	2799,8	2770,9	2766,0	2764,1	2762,6	1229,3	2,25
12	2927,5	2899,1	2893,5	2891,5	2889,4	1233,5	2,34

Tabela 21 - Resultados obtidos no ensaio de perda de umidade para a chapa número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

CHAPA NÚMERO 2							
Posição da PCP na chapa	Usada no primeiro dia da pesagem						
	Massa verde (g)	H 1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Volume corrigido	Massa específica verde (g/cm³)
1	2831,7	5,95	5,93	5,90	5,93	1242,58	2,28
2	2818,5	5,94	5,93	5,95	5,94	1245,38	2,26
3	2797,8	5,90	5,94	5,92	5,92	1241,18	2,25
4	2839,4	5,98	5,98	5,97	5,98	1253,06	2,27
5	2695,7	5,90	5,95	5,95	5,93	1243,98	2,17
6	2818,7	5,90	5,90	5,94	5,91	1239,79	2,27
7	2941,6	6,00	6,03	6,00	6,01	1260,05	2,33
8	2906,8	5,96	5,94	5,95	5,95	1247,47	2,33
9	2909,8	5,98	5,97	6,00	5,98	1254,46	2,32
10	2762,8	5,98	5,96	5,99	5,98	1253,06	2,20
11	2805,7	6,00	5,97	5,96	5,98	1253,06	2,24
12	2798,3	6,03	5,99	6,00	6,01	1259,35	2,22

Tabela 21 (continuação) - Resultados obtidos no ensaio de perda de umidade para a chapa número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis

CHAPA NÚMERO 2							
Posição da PCP na chapa	Usada no primeiro dia da pesagem						
	Massa verde (g)	H 1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Volume corrigido	Massa específica verde (g/cm³)
1	2831,7	2802,1	2797	2795,5	2793,8	1242,58	2,25
2	2818,5	2789,3	2783,9	2782	2780,3	1245,38	2,23
3	2797,8	2768,8	2763,9	2762,1	2760,7	1241,18	2,22
4	2839,4	2812,5	2807,5	2805,8	2804,3	1253,06	2,24
5	2695,7	2669,2	2663,5	2661,9	2660,2	1243,98	2,14
6	2818,7	2790,8	2786,2	2784,2	2782,9	1239,79	2,24
7	2941,6	2914,2	2909,8	2908,1	2906,2	1260,05	2,31
8	2906,8	2880,2	2875,4	2873,5	2872,2	1247,47	2,30
9	2909,8	2883,8	2878,9	2877	2875,7	1254,46	2,29
10	2762,8	2735,8	2730,5	2728,9	2727,6	1253,06	2,18
11	2805,7	2778,6	2773,8	2772,3	2770,8	1253,06	2,21
12	2798,3	2772,7	2767,8	2766	2765,2	1259,35	2,20

A análise dos resultados do ensaio de perda de água foi realizada com base em representações gráficas. Nas Figuras 44 e 45 foi representada graficamente a massa de cada uma das peças na chapa número 1 e chapa número 2 para cada um dos cinco dias de pesagem.

Como pode ser observado, tanto para a chapa número 1 quanto para a chapa número 2 a maior perda de água ocorreu do primeiro para o segundo dia. Para os demais dias de pesagem foi observado uma estabilização na perda de água para todas as posições avaliadas.

Na Figura 47, procurou-se representar a perda de água de cada uma das peças da chapa número 1 e a porcentagem de perda de água do primeiro ao segundo dia e do primeiro ao quinto dia de pesagem. Como pode ser observado para a chapa 1 a porcentagem média de perda de água do 1º para 2º dia foi de 1,04 %, enquanto do 1º ao 5º dia foi de 1,35 %.

Figura 45 - Massa das PCP da chapa número 1 obtidas durante cada um dos 5 dias da pesagem – Fábrica da Grande Florianópolis.

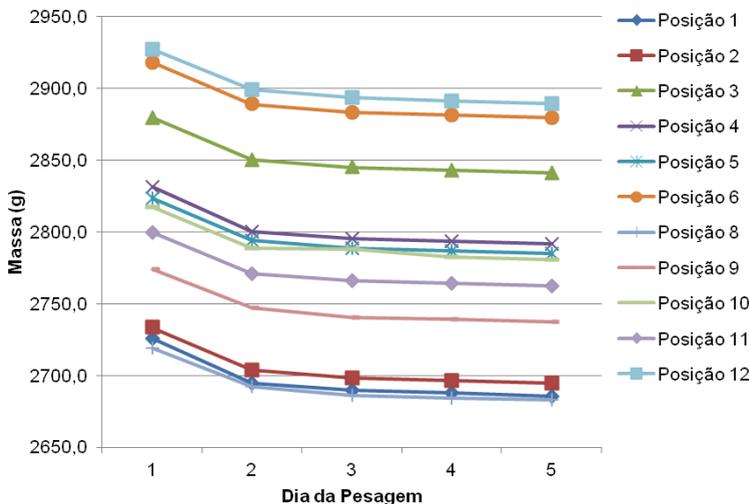


Figura 46 - massa das PCP da chapa número 2 obtidas durante cada um dos 5 dias de pesagem – Fábrica da Grande Florianópolis.

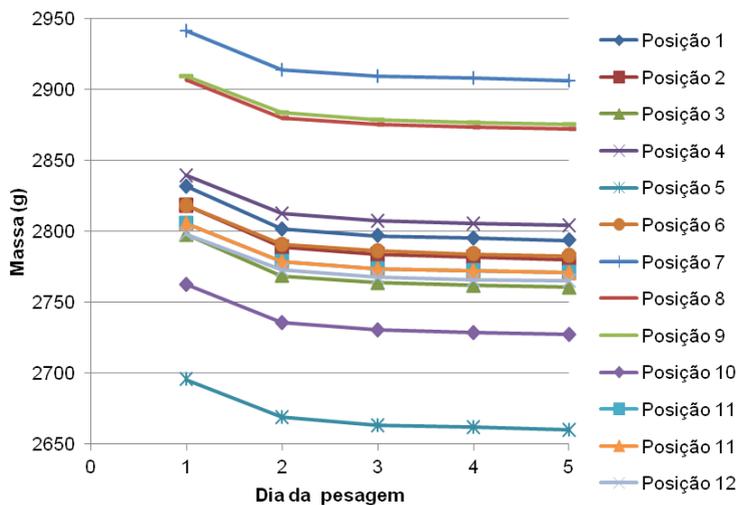


Figura 47 – Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.

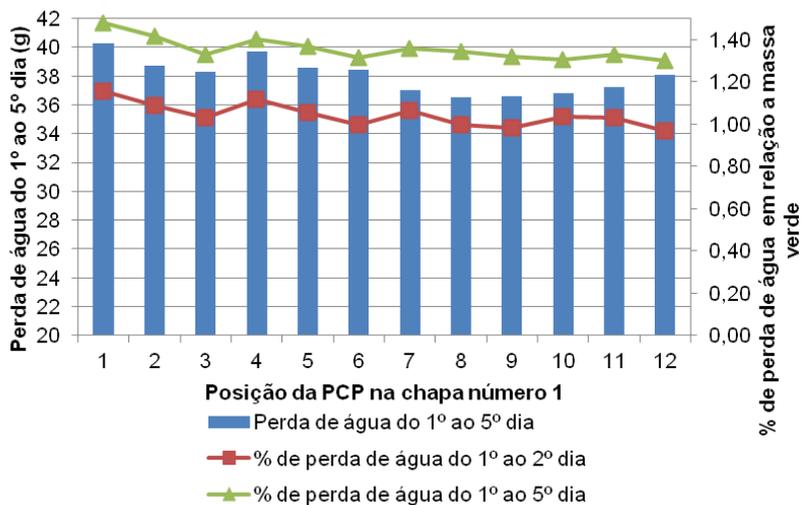
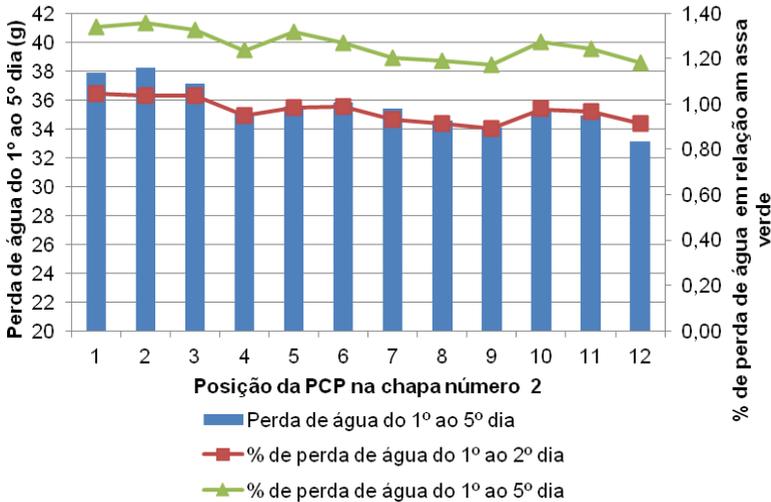


Figura 48 – Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.



Assim como foi realizado para a chapa número 1, na Figura 48 apresenta-se a perda de água para a chapa número 2. Obteve-se uma porcentagem média de perda de água do 1º ao 2º de 1%, enquanto do 1º ao 5º dia foi de 1,25%. Concluiu-se assim, que tanto para a chapa número 1 quanto para a chapa número 2, a maior perda de água foi do primeiro ao segundo dia.

Nas Figuras 49 e 50 representam-se graficamente os valores de massa específica verde e massa específica seca para chapas número 1 e número 2, representa-se também a diferença entre a massa específica verde e massa específica seca para cada uma das peças.

Figura 49 - Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.

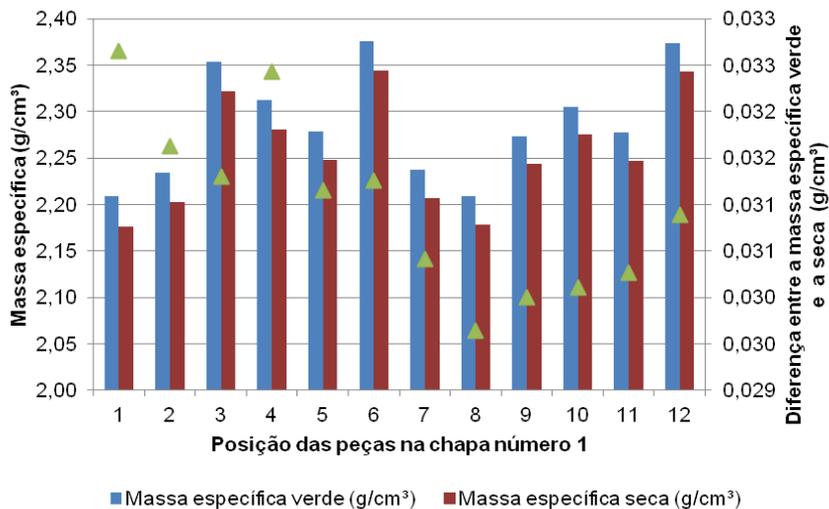
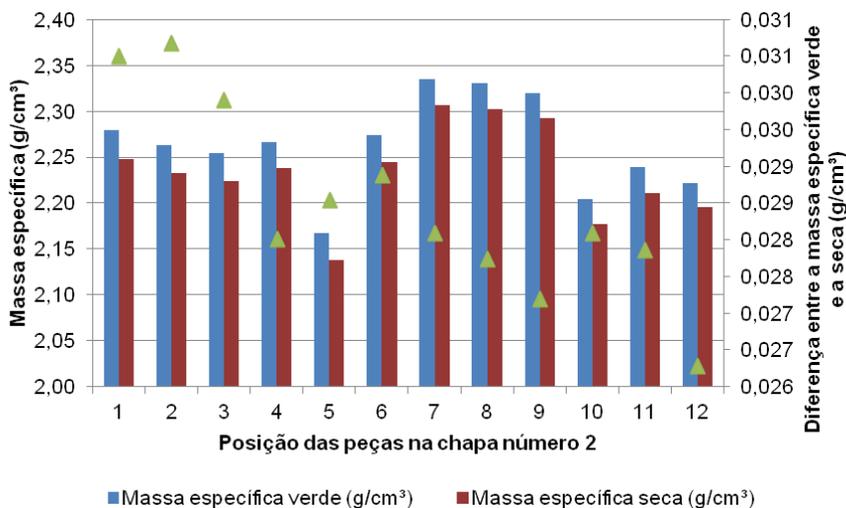


Figura 50- Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 2.

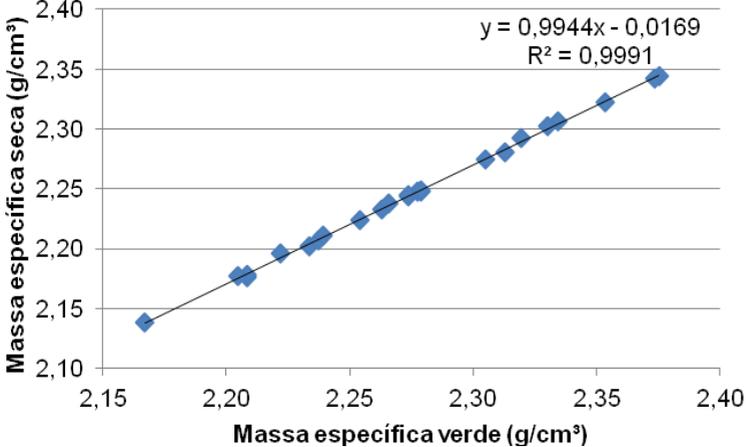


Pode-se observar para a chapa número 1 que a perda de massa específica entre a peça no estado verde ao estado seco

foi de 0,03 a 0,033 g/cm³, sendo a média de perda de massa específica de 0,031 g/cm³ enquanto que, para a chapa número 2, esta diferença ficou entre 0,026 a 0,031 g/cm³, sendo obtido uma média de perda de massa específica de 0,029 g/cm³.

Como o objetivo do ensaio de perda de água era obter a curva de massa específica verde e massa específica seca para as peças das duas chapas consecutivas, no gráfico da Figura 51 apresentam-se os resultados e a curva obtida para as duas chapas.

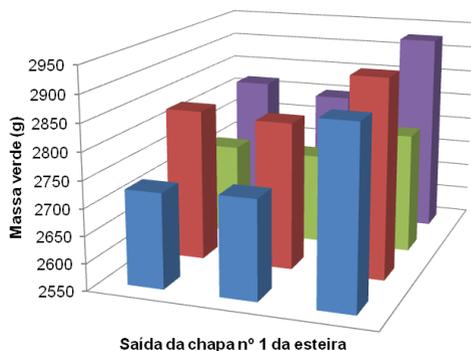
Figura 51 – Curva da massa específica verde versus massa específica seca obtida para as peças da chapa número 1 e número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.



Pretende-se aqui, também realizar a análise da distribuição de peso para as diferentes posições das peças na chapa. Com base nos dados de massa verde das Tabelas 20 e 21, procurou-se representar com gráfico de barras a distribuição da massa das peças em função da posição que ocupavam nas chapas. Respeitando o posicionamento das PCP proposto na Figura 42.

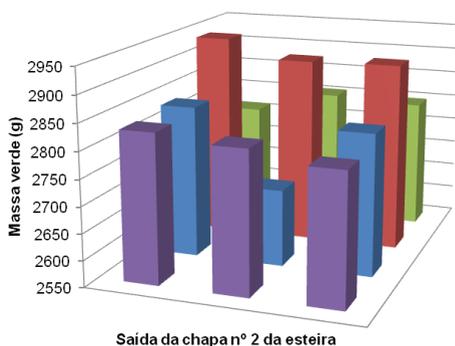
Nas Figuras 52 e 53, pode-se observar a distribuição de massa para cada uma das chapas. Na Figura 54 apresentam-se as massas das peças nas diferentes posições para as duas chapas de PCP.

Figura 52 - Distribuição de massa das peças da chapa número 1 – Fábrica da Grande Florianópolis.



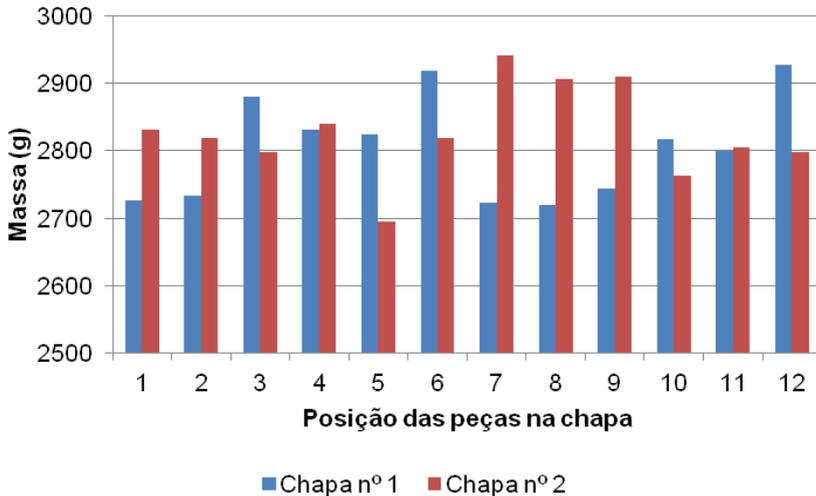
Massa das diferentes posições na chapa 1		
2817,6	2799,8	2927,5
2722,2	2719,3	2774,2
2831,7	2823,7	2918,3
2725,8	2733,4	2879,8
Massa média (g)		2814,922
S		74,60
CV(%)		2,65
Diferença entre o peso máximo e mínimo (g)		208,2

Figura 53 - Distribuição de massa das peças da chapa número 2 – Fábrica da Grande Florianópolis.



Massa das diferentes posições na chapa 2		
2762,8	2805,7	2798,3
2941,6	2906,8	2909,8
2839,4	2695,7	2818,7
2831,7	2818,5	2797,8
Massa média (g)		2830,98
S		67,53
CV(%)		2,39
Diferença entre o peso máximo e mínimo (g)		245,9

Figura 54 - Distribuição de massa das peças para as duas chapas de PCP.



Na Figura 52 pode-se observar que a chapa número 1 apresentou diferença da distribuição de massa para as diferentes posições. A variação máxima obtida entre a peça de peso mínimo e a peça de peso máximo foi de 7,4% em relação ao peso médio das peças na chapa, e obteve-se um coeficiente de variação de 2,65%.

Como pode ser observado na Figura 53, a chapa número 2 também apresentou diferença na distribuição de peso na chapa. Obteve-se uma variação máxima entre a peça de peso mínimo e a peça de peso máximo de 8,66 % em relação ao peso médio das peças na chapa. Obteve-se um coeficiente de variação de 2,39 %.

Conforme a Figura 54 as peças das mesmas posições da chapa 1 e 2 apresentam diferenças de massas, observa-se que apenas as posições 4 e 11 mantiveram peças com massas parecidas, foi observado a diferença de 219 g para as peças da posição 7. Como as chapas foram obtidas de uma mesma virada de concreto e foram retiradas consecutivamente da esteira da máquina de vibro-compressão, conclui-se que existe problema de distribuição de massas tanto para a chapa número 1 quanto para a chapa número 2. Avaliando a chapa número 1, ocorreu

uma maior distribuição de peso para o lado direito enquanto para a chapa número 2 a tendência de maior peso foi para o fundo da chapa.

Segundo sugere OLIVEIRA (2004), variações de peso que resultem em coeficientes de variação da massa específica verde superior a 2% devem ser evitadas devendo-se proceder as correções e regulagem no equipamento, ou no processo produtivo, para que o desvio da produção não seja muito elevado.

8.1.3 Módulo 3

O módulo 3 consistiu durante cada um dos 5 dias de coletas de PCP coletar uma amostra do cimento e dos agregados utilizados no dia da produção. A amostra de cimento era coletada diretamente do silo de pesagem do cimento, sendo esta armazenada em sacos plásticos e marcado a data. Quanto aos agregados, coletou-se uma amostra de cada tipo diretamente dos montes de agregados junto as baias de separação. Cada amostra era encaminhada ao laboratório da fábrica onde eram guardadas em sacos plásticos até o dia dos ensaios.

8.1.3.1 Ensaio do cimento

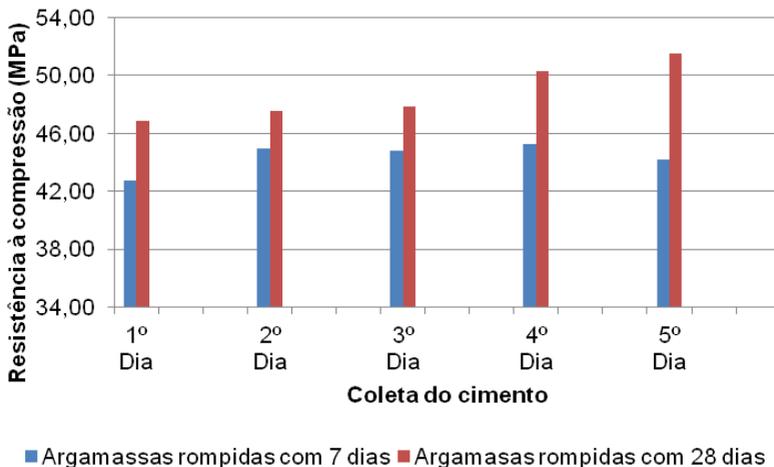
As amostras de cimento foram encaminhadas ao laboratório do LMCC da UFSC, onde permaneceram até o dia da moldagem dos corpos de prova, o objetivo era verificar se existia variabilidade na resistência à compressão atingida pelas amostras de cimento.

Procedeu-se a confecção de todas as argamassas em um mesmo dia, sendo confeccionados 6 corpos de prova para cada uma das cinco amostras de cimento. Procedeu-se a utilização do traço sugerido no programa experimental, sendo:

- Traço : 1:3: 0,48 , sendo este sugerido pela NBR 7215 (ABNT, 1996);
- Composição dos agregados: 60% areia industrial e 40% de areia fina proveniente da Grande Florianópolis;
- 0,4% de aditivo plastificante;
- Cimento ARI – RS coletado em cada um dos 5 dias de produção.

Após a moldagem, os corpos de prova foram mantidos em sala climatizada até completar um dia, sendo então desmoldados e colocados em saturação em água com cal. Os corpos de prova rompidos com 7 dias ficaram na saturação por 3 dias sendo então retirados para capeamento com pasta de cimento. Os corpos de prova rompidos com idade de 28 dias foram mantidos em saturação até os 24 dias sendo então retirados da saturação e capeados com pasta de cimento. Após o capeamento os corpos de prova foram rompidos nas idades de 7 e 28 dias e em prensa modelo Shimadzu, existente no LMCC da UFSC. Os resultados obtidos para os rompimentos dos corpos de prova encontram-se no **Anexo 5** (página 272). Na Figura 55 procurou-se representar os resultados de resistência para os 7 e 28 dias.

Figura 55 - Resistência à compressão obtidas para as argamassas confeccionadas com as diferentes amostras de cimento – Fábrica da Grande Florianópolis.



Pode ser observado na Figura 55 que todas as resistências obtidas para a idade de 7 dias estão acima do limite inferior a ser alcançado pelos cimentos de alta resistência inicial que é de 34 MPa, conforme preconiza a NBR 5733 (1991). Observa-se que todas as resistências obtidas aos 7 dias foram superiores a 42 MPa, quanto as resistências aos 28 dias nota-se que todas mantiveram-se acima de 46 MPa, chegando o cimento usado no quinto dia atingir resistência superior a 50 MPa.

Apesar de todas as amostras de cimentos apresentarem resistência à compressão superior ao limite inferior normatizado, a fábrica da Grande Florianópolis deve tomar cuidado, pois como a resistência das PCP depende diretamente da resistência do cimento, para os casos em que o cimento for entregue com resistência próxima ao limite da norma, as PCP não atingirão a resistência normatizada. Sugere-se que a fábrica monitore as diferentes partidas de cimento que vem utilizando, podendo assim verificar se existe variabilidade entre a resistência dos cimentos entregues.

Com os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova rompidos com 7 e 28 dias (**Anexo 5**), realizou-se uma comparação múltipla de médias para cada uma das datas. Os resultados podem ser visualizados nas Tabelas 22 e 23. Como pode ser observado as médias das resistências à compressão dos corpos de prova rompidos com 7 dias não diferiram significativamente. Já os Corpos de prova rompidos com 28 dias apresentaram diferença significativa entre as médias, sendo assim necessário a realizar o teste de Duncan, conforme as Tabelas 24 e a 25.

Tabela 22 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 7 dias.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	F _{0,05} (4,10)
Entre grupos	11,89	4	2,97	2,07
Residual	14,35	10	1,44	3,48
Total	26,24	14		

Tabela 23 – Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 28 dias.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	F _{0,05} (4,10)
Entre grupos	48,35	4	12,09	7,50
Residual	16,13	10	1,61	3,48
Total	64,48	14		

Tabela 24 - Resultado do teste de Duncan.

rk	2	3	4	5
GDL = 10	3,15	3,88	4,33	4,66
Rk	2,31	2,84	3,17	3,42

Tabela 25 - Conclusão do teste de Duncan para as resistências das argamassas de cimento rompidas com 28 dias.

1ª Dia	2ª Dia	3ª Dia	4ª Dia	5ª Dia
46,88	47,55	47,86	50,49	51,47

Com base nos resultados obtidos no teste de Duncan, as médias das resistências aos 28 dias diferem significativamente. Como pode ser observado na Tabela 25, a 4ª e 5ª coleta de cimento diferiram significativamente das médias das coletas do 1º, 2º e 3º dia

8.1.3.2 Ensaio dos agregados

Conforme prescreve o programa experimental, coletou-se uma amostra dos diferentes tipos de agregados usados no traço das PCP coletadas durante cada um dos 5 dias de coletas. Foram coletadas amostras de areia fina, areia média e pedrisco diretamente das baías dos agregados, sendo estas armazenadas em sacos plásticos até a caracterização realizada no laboratório da fábrica. Os resultados obtidos para a caracterização encontram-se na Tabela 26.

Tabela 26 - Resultado da caracterização dos agregados – Fábrica da Grande Florianópolis.

Material	Propriedade	Norma	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta
Areia Fina	Módulo de finura	NBR7217	0,67	0,64	0,68	0,64	0,64
	Material pulverulento (%)	NBR7219	3,06	2,64	3,09	3,15	2,66
	Massa específica (g/cm ³)	NBR 7251	2,65	2,66	2,64	2,64	2,65
Areia Média	Módulo de finura	NBR7217	3,03	3,27	3,26	3,26	3,29
	Material pulverulento (%)	NBR7219	1	2,01	1,81	2,4	1,4
	Massa específica (g/cm ³)	NBR 7251	2,62	2,62	2,64	2,64	2,64
Pedrisco	Módulo de finura	NBR7217	5,76	5,26	5,61	5,7	5,74
	Material pulverulento (%)	NBR7219	0,91	1,24	1,54	0,99	1,72
	Massa específica (g/cm ³)	NBR 7251	2,76	2,77	2,77	2,77	2,78

Como pode ser observado para as amostras de areia fina, a massa específica se manteve entre 2,64 a 2,65 g/cm³, o módulo de finura entre 0,64 a 0,67 e, sendo observada uma variação de 2,64 a 3,15 % no material pulverulento. Para a areia média, ocorreu pouca variação no módulo de finura. Já a porcentagem de material pulverulento variou de 1 a 2,4 % enquanto a massa específica variou de 2,62 a 2,64 %. Para o pedrisco, o módulo de finura teve pouca variação enquanto a porcentagem de material pulverulento ficou entre 0,91 a 1,72 %. Para a massa específica, foi observada uma variação de 2,76 a 2,77 %. Conclui-se que ocorreu pouca variação das massas específicas dos agregados e, como mencionado no referencial teórico, não ocorrendo variação na massa específica dos agregados usados durante a produção das peças pode-se chegar ao valor a massa específica seca mínima as quais as peças devem atingir diretamente dos pontos traçados na Figura 41. Sendo esta definição realizada no item subsequente.

8.1.4 Análise estatística dos resultados da fábrica da Grande Florianópolis

Neste item será realizada a definição da massa específica verde mínima a ser atingida na produção. Para tanto, primeiramente se faz necessário a definição de qual massa específica verde garantirá uma resistência mínima de 35 MPa aos 28 dias. Para esta definição é necessário a aplicação de métodos estatísticos. Na sequência, apresenta-se a análise dos resultados obtidas para as PCP ensaiadas com 28 dias e 7 dias respectivamente.

8.1.4.1 Resultados das PCP rompidas com 28 dias

Com base nos resultados de resistência à compressão dos 28 dias mostrados nas Tabela 19 e Figura 41, foi realizada uma comparação múltiplas de médias e, posteriormente, ao teste de Duncan para verificar quais médias diferem significativamente entre si. Para o teste da ANOVA com um nível de significância de 20 % obteve-se que existe diferença significativa entre as médias das resistências, o resultado da ANOVA encontra-se na Tabela 27

Tabela 27 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão aos 28 dias.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	$F_{0,2} (4,45)$
Entre grupos	443,60	4	110,90	2,65
Residual	1886,45	45	41,92	1,57
Total	2330,05	49		

Como existiu diferença significativa entre as médias se faz necessário a aplicação do teste de Duncan, para verificar quais médias diferem entre si. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 28 e Tabela 29.

Tabela 28 - Resultados do teste de Duncan.

rk	2	3	4	5
GDL = 45	2,85	3,43	3,78	4,03
Rk	5,84	7,02	7,73	8,24

Tabela 29 - Conclusão do teste de Duncan para as médias das resistências à compressão das PCP aos 28 dias.

3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	2ª coleta	1ª coleta
41,68	42,22	44,75	44,77	50,09

Através dos resultados do teste de Duncan verificou-se que as médias das resistências à compressão das PCP rompidas com 28 dias apresentaram diferença significativa. Conforme os resultados da Tabela 29 a 1ª coleta diferiu significativamente da 3ª e 4ª coleta.

Como existiu diferença significativa entre as médias, a primeira questão levantada foi como estava a resistência à compressão dos cimentos usados nos 1º, 3º e 4º dia em que as PCP foram produzidas. Na Tabela 30 apresentam-se as resistências à compressão das argamassas de cimento e das PCP da 1ª, 3ª e 4ª coleta, rompidas com 28 dias.

Tabela 30 - Resultados de resistência à compressão das argamassas e PCP rompidos com 28 dias.

Resistência à compressão	1ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta
PCP 28 dias	50,09	41,68	42,22
Argamassas de cimento 28 dias	46,88	47,86	50,29

Com base na análise dos resultados, pode-se notar que para as PCP produzidas no 1ª dia utilizou-se o cimento com menor resistência e mesmo assim a Fpk das PCP foi superior aos demais. Acredita-se que a diferença significativa observada entre as 1ª, 3ª e 4ª coleta possa ter ocorrido por outros fatores como a umidade do concreto para produção das peças. Neste caso, as peças do 1º dia poderiam ter sido produzidas com uma melhor umidade quando comparadas com os demais dias.

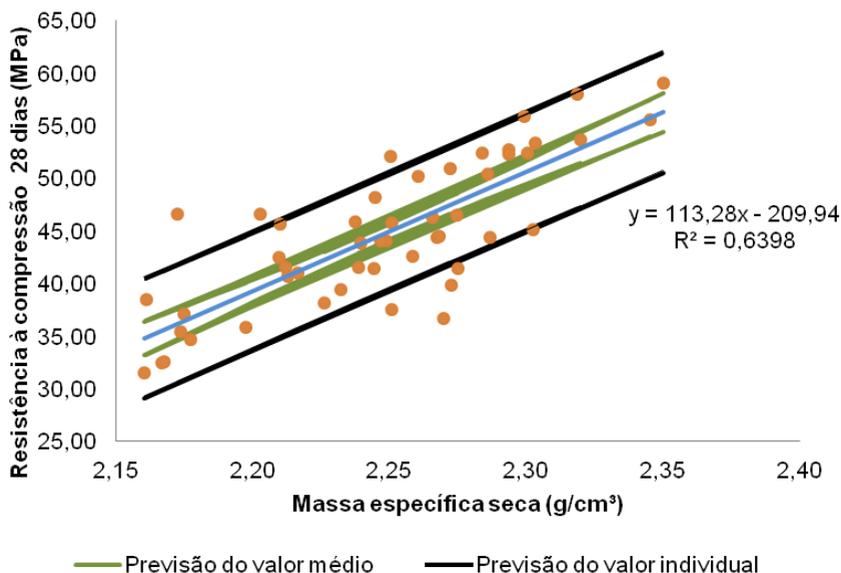
Após a comparação múltipla de médias realizada para as PCP rompidas com 28 dias, deu-se sequência a análise estatística para a determinação da massa específica seca mínima necessária para as peças atingirem Fpk de 35 MPa aos 28 dias. Para tanto, se realizou uma regressão linear com todos os valores obtidos de resistência à compressão aos 28 dias, sendo possível determinar a curva de previsão para valores individuais e determinar o valor da massa específica seca.

Os dados avaliados levaram a aceitação da hipótese de normalidade dos resíduos. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabela 31 e Figura 56.

Tabela 31 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 28 dias.

a	b	Sa	Sb	Se	α (%)	n
-209,9	113,3	3,8	11,0	4,2	20	50

Figura 56 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica da Grande Florianópolis.



Utilizando a curva de previsão para valores individuais inferior para uma resistência à compressão de 35 MPa, obteve-se uma massa específica seca de 2,21 g/cm³. Desta forma, as peças produzidas devem garantir uma massa específica seca mínima de 2,21 g/cm³.

Após definida a massa específica seca mínima deve-se definir para o valor da massa específica verde a ser atingida na produção. Para tanto, utilizou-se a curva obtida na Figura 51. Através desta definiu-se que a massa específica verde mínima que garantirá peças com 2,21 g/cm³ no estado seco deve ser de 2,24 g/cm³. Sendo assim, deve-se fixar uma massa específica verde na produção de 2,24 g/cm³.

Com objetivo de demonstrar a validade do procedimento de determinação das massas específicas mínimas necessárias foi recalculado as médias de resistência à compressão e valores característicos para cada um dos 5 dias de coletas das PCP desconsiderando-se as peças com massa específicas secas menores que 2,21 g/cm³. Para tanto foi recalculado os valores

da Tabela 19, sendo os resultados apresentados nas Figuras 57 e 58.

Figura 57 – Resultados das Fp com e sem os valores de massa específica seca de 2,21 g/cm³.

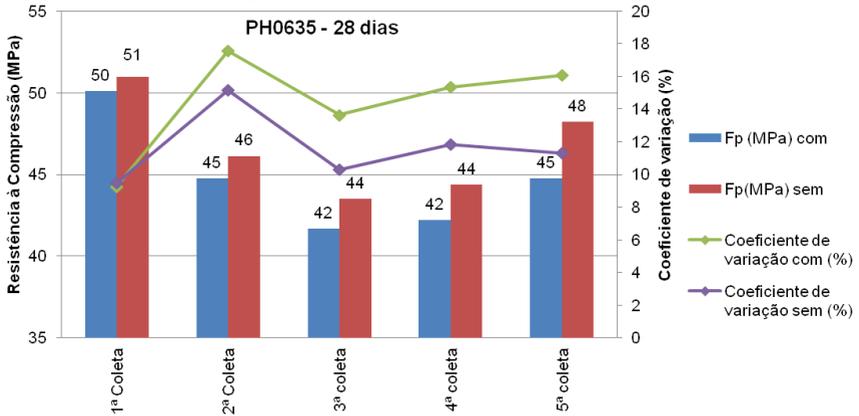
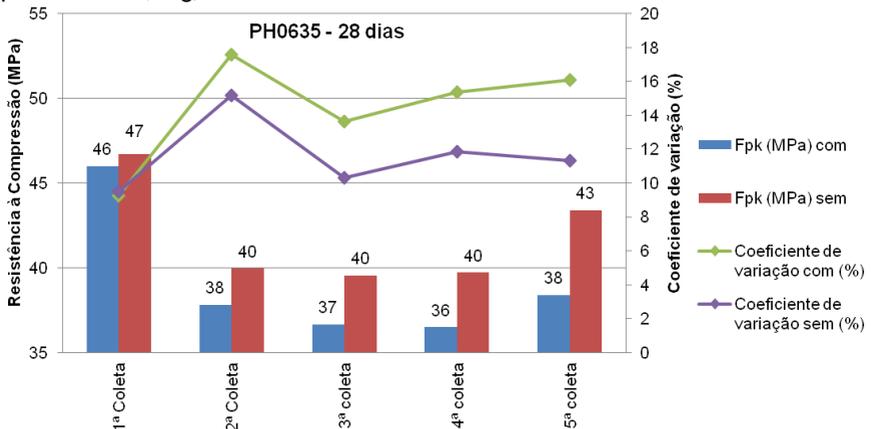


Figura 58 – Resultados das Fpk com e sem os valores de massa específica de 2,21g/cm³.



Com base no novo cálculo das resistências médias e características, conclui-se que ocorreu um aumento nas Fp com diminuição do CV, conforme a Figura 57 com exceção da 1ª

coleta onde não ocorreu diferença no CV. Quanto as Fpk, também ocorreu acréscimo nos valores recalculados (Figura 58). Conclui-se assim que o procedimento é eficaz, pois contribuiu para a diminuição do CV das peças.

8.1.4.2 Resultados das PCP rompidas com 7 dias

No presente tópico será realizada a análise estatística dos resultados das PCP rompidas com 7 dias, cujos resultados foram apresentados na Tabela 18 e Figura 40. Inicialmente realizou-se uma comparação múltipla de médias, sendo os resultados apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão aos 28 dias.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	F _{0,20 (4,45)}
Entre grupos	210,78	4	52,69	1,49
Residual	1592,71	45	35,39	1,57
Total	1803,49	49		

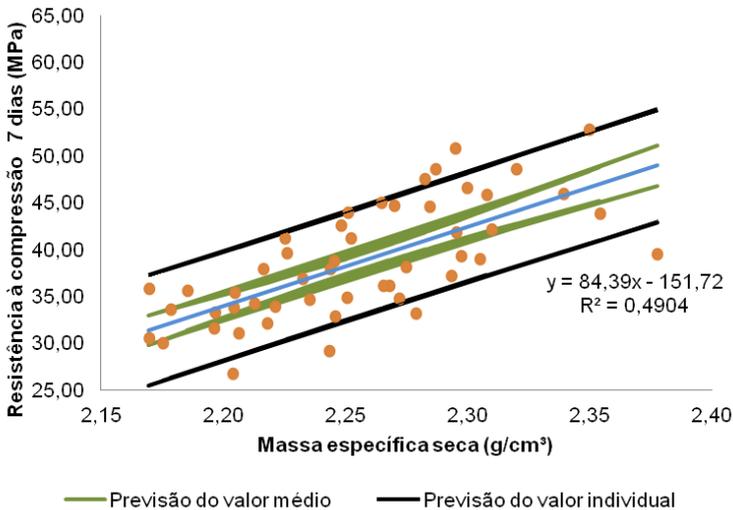
Como pode ser observado, as médias das resistências à compressão das PCP rompidas com 7 dias não diferem significativamente. Sendo assim não foi necessário aplicar o teste de Duncan.

Aplicou-se regressão linear nos resultados de resistência à compressão da Tabela 43 e Figura 46. Na Tabela 33 e Figura 59 apresentam-se os resultados obtidos.

Tabela 33 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 7 dias.

a	b	Sa	Sb	Se	α (%)	n
-151,7	84,4	4,0	11,3	4,4	20	50

Figura 59 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 7 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica da Grande Florianópolis.



Com base no resultado de massa específica seca de 2,21g/cm³ obtida na análise dos dados dos 28 dias, pode-se estimar aos 7 dias qual o valor mínimo de resistência à compressão a ser atingido. Utilizando-se a curva para previsão para valores individuais obtém-se que a resistência mínima aos 7 dias deve ser de 29 MPa, o que se conclui dizer que as peças produzidas com 7 dias devem apresentar 83 % da resistência à compressão aos 28 dias, para o caso das peças avaliadas.

8.1.4.3 Comparação de funções lineares

Com base nos resultados de massa específica seca e resistência à compressão para cada um dos 5 dias de coletas para as PCP rompidas com 28 dias (Figura 41) procurou-se fazer comparações de funções lineares. Como a resistência à compressão das PCP da 1ª coleta apresentaram uma possível diferença significativa com as demais coletas, procurou-se realizar a comparação de funções lineares da 1ª coleta com as demais coletas. Nas figuras e tabelas subsequentes apresentam-se os resultados obtidos.

Figura 60 - Dados da 1ª e 2ª coleta usados para comparação de funções lineares.

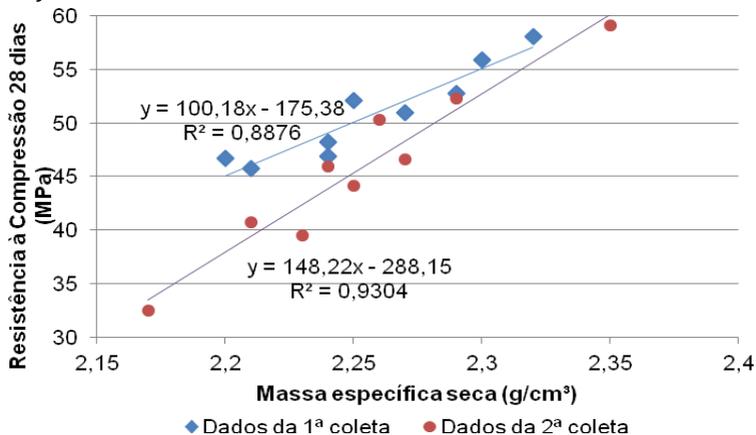


Tabela 34 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 2º dia.

Coletas	SQR	n	α	β	F	F0,05 (α, β)
1ª	16,71	9	2,0	14,0	14,73	3,74
2ª	33,79	9				
Todas	156,82	18				

Figura 61 - Dados da 1ª e 3ª coleta usados para comparação de funções lineares.

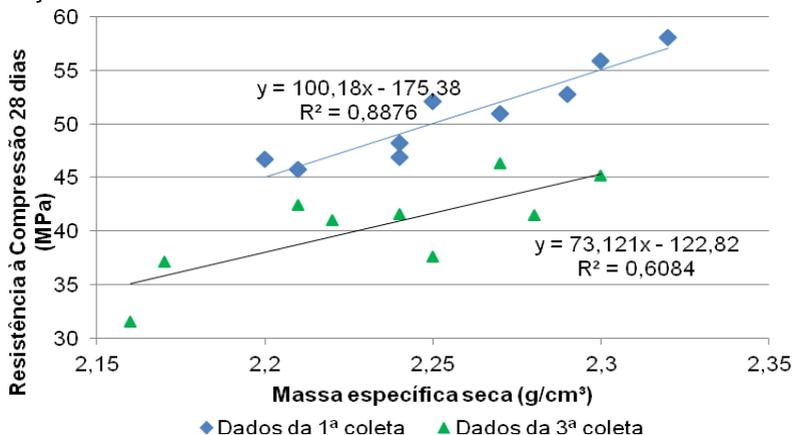


Tabela 35 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 3º dia.

Coletas	SQR	n	α	β	F	F0,05 (α,β)
1ª	16,71	9	2,0	14,0	25,27	3,74
3ª	63,33	9				
Todas	369,05	18				

Figura 62 - Dados da 1ª e 4ª coleta usados para comparação de funções lineares.

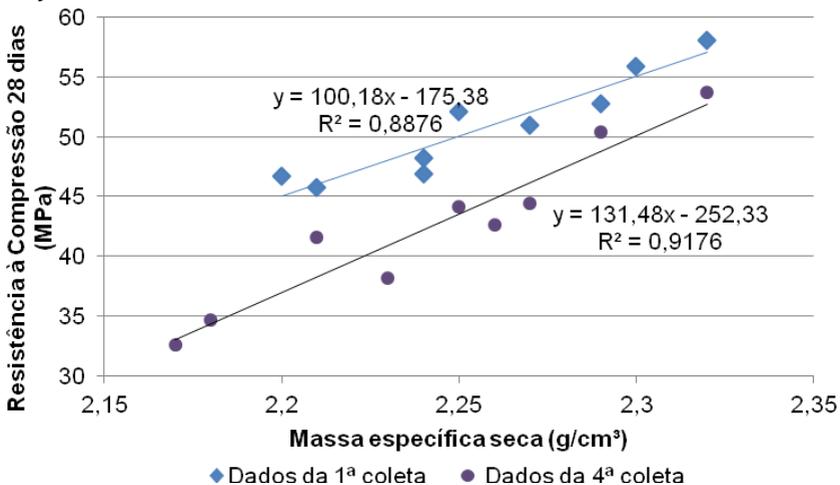


Tabela 36 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 4º dia.

Coletas	SQR	n	α	β	F	F0,05 (α,β)
1ª	16,71	9	2,0	14,0	21,41	3,74
4ª	30,67	9				
Todas	192,29	18				

Figura 63 - Dados da 1ª e 5ª coleta usados para comparação de funções lineares.

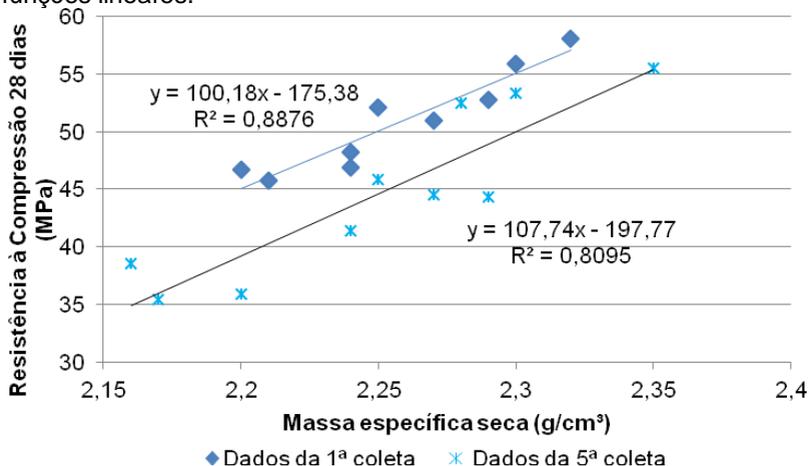


Tabela 37 - Resultado da análise de comparação de funções lineares para as PCP coletadas no 1º e 5º dia

Coletas	SQR	n	α	β	F	F 0,05 (α, β)
1ª	16,71	9	2,0	15,0	15,32	3,68
5ª	88,77	10				
Todas	320,93	19				

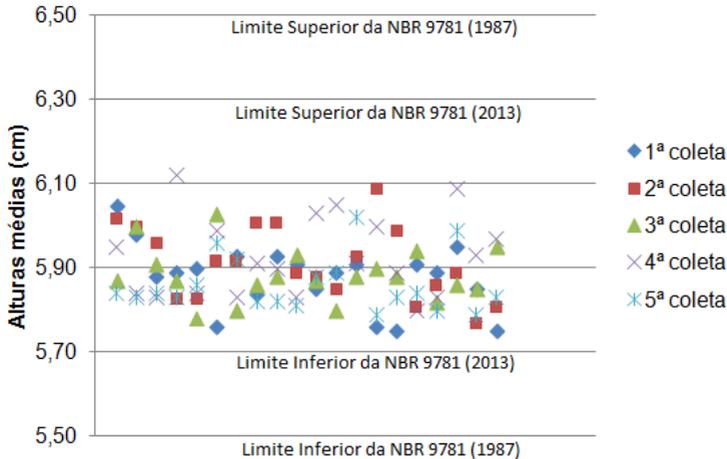
Com base nos resultados das comparações de funções lineares pode-se afirmar que existe diferença significativa ($F > F_{0,05}(\alpha, \beta)$) entre todas as funções obtidas para a 2ª, 3ª, 4ª e 5ª coleta quando comparadas com a 1ª coleta.

Como observado anteriormente na 1ª coleta utilizou-se um cimento com menor resistência (46,88 MPa). No entanto, esta foi a coleta que apresentou maior F_p entre todas as PCP rompidas com 28 dias (50,09 MPa). Já para as peças da 1ª coleta rompidas com 7 dias foi observado uma F_p de 40,48 MPa ficando atrás apenas da F_p obtida para a 4ª coleta que foi de 40,74 MPa. Acredita-se que este fato provavelmente tenha ocorrido pela diferença de umidade na produção das peças, visto que os agregados usados não apresentaram diferença de massas específicas.

8.1.4.4 Avaliação da altura das PCP

Com objetivo de verificar se as PCP produzidas estão dentro dos limites de altura propostos pela NBR 9781 (1987), apresentam-se graficamente os valores das alturas médias das Tabelas 18 e 19. Na Figura 64 apresentam-se as alturas obtidas.

Figura 64 - Altura média das PCP rompidas com 7 e 28 dias para os 5 dias de coletas.



Conforme pode ser observado todas as PCP estavam com altura dentro do limite normatizado pela NBR 9781 (1987) que é de 60 ± 5 mm. Se comparado com a alteração da NBR 9781 (2013) todas as PCP estão dentro do novo limite normatizado que é de 60 ± 3 mm.

8.1.4.5 Resultados do volume de sólidos

O objetivo do presente item foi determinar o volume de sólidos para cada um dos 5 dias de coletas das PCP para as peças rompidas com 28 dias na Fábrica da Grande Florianópolis. Para esta determinação utilizou-se da equação 4 proposta por Oliveira (2004) e dos resultados de massa específica dos agregados (Tabela 26) e das alturas médias diárias das PCP rompidas aos 28 dias.

$$M_{\text{moldagem}} - cp = volx \frac{(1 + m)}{\left[\frac{1}{dc} + \frac{m}{100} x \left(\frac{\%p}{dp} + \frac{\%agrossa}{dagrossa} + \frac{\%afina}{dafina} \right) \right]} x \frac{\%V_{sol}}{100} x \left(1 + \frac{H}{100} \right) \quad ((4))$$

Onde:

M moldagem – cp = Massa verde que a PCP deve atingir na produção;

H = relação água/materiais secos empregados na moldagem;

m = traço utilizado para a moldagem das peças;

dc = massa específica do cimento;

%p = porcentagem de agregado graúdo do agregado total;

dp = massa específica do agregado graúdo;

% agrossa = porcentagem de areia grossa no agregado total;

dagrossa = massa específica da areia grossa;

%afina = porcentagem de areia fina no agregado total;

dafina = massa específica da areia fina.

% Vsol = compacidade;

Vol = volume da peça;

Os demais parâmetros adotados foram:

- Traço = 1: 5,0 (traço usado na fábrica da Grande Florianópolis, sendo - 1 : 2,8 : 1,20 : 1, ver Tabela 16)
- % de areia média = 56,0 %; % de areia fina = 24,0 %; % de pedrisco = 20,0 %
- As massas específicas dos agregados foram usadas as da Tabela 26, obtidas para cada um dos 5 dias de coletas;
- dc = 3,02 g/cm³ (CPV ARI – RS);
- % vol sol = Volume de sólidos a ser determinado;
- H = adotado uma relação água materiais secos de 7%;
- Vol = Para a determinação do volume médio das PCP produzidas na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a e 5^a coleta, primeiramente foi determinada a altura média (Hmédia) das PCP produzidas em cada um dos dias, sendo posteriormente determinado o volume médio de cada um dos 5 dias com base na correção do volume diário (peças com 5,87 cm apresentam um volume de 1230,7 cm³);
- M moldagem = massa verde obtida durante a moldagem das PCP. Para estimar este valor foi usado a média da

massa específica seca obtidas em cada um dos 5 dias. Com esta massa específica seca foi utilizada a equação da Figura 51 sendo determinada a massa específica verde. Com o volume médio para cada um dos dias obtidos anteriormente e a massa específica verde diária, foi possível obter a massa verde para cada um dos 5 dias.

Após definidos todos os parâmetros citados anteriormente, foi aplicada a equação 4. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabela 38. Como pode ser observado foi determinado o volume de sólidos para cada um dos 5 dias das coletas das PCP para rompimento. Os valores obtidos variaram de 78,03% a 78,65%, sendo obtida uma média de 78,30%.

Tabela 38 - Volume de sólidos obtidos para a Fábrica da Grande Florianópolis.

	1 ^a Coleta	2 ^a Coleta	3 ^a Coleta	4 ^a Coleta	5 ^a Coleta
Massa específica da areia fina (g/cm ³)	2,65	2,66	2,64	2,64	2,65
Massa específica da areia média (g/cm ³)	2,62	2,62	2,64	2,64	2,64
Massa específica pedrisco (g/cm ³)	2,76	2,77	2,77	2,77	2,78
Média da massa específica seca das PCP (g/cm ³)	2,25	2,25	2,24	2,24	2,25
Massa específica verde das PCP (g/cm ³)	2,28	2,28	2,27	2,27	2,28
Altura média diária das PCP rompidas com 28 dias	5,88	5,90	5,91	5,88	5,87
Volume corrigido (cm ³)	1232,8 0	1236,99	1239,0 9	1232,8 0	1230,7 0
Massa verde de moldagem (g)	2810,3 6	2819,92	2812,2 4	2797,9 7	2805,5 9
Volume de Sólidos (%)	78,65	78,54	78,03	78,03	78,27
Média do volume de Sólidos (%)	78,30				

8.1.4.6 Determinação do consumo real de cimento

Com base no traço 1 e nas massas específicas de cada um dos agregados foi determinado o consumo real de cimento

para o traço praticado em cada um dos 5 dias de coletas das PCP. Os valores foram obtidos com base nas equações 7 e equação 8.

$$x = \frac{H}{100} x(1 + a + p) \quad (7)$$

$$C = \frac{\gamma}{1 + a + p + x} \quad (8)$$

Onde:

- x = relação água cimento;
- a = teor de agregado miúdo;
- p = teor de agregado graúdo;
- C = consumo de cimento;
- γ = massa específica do concreto.

Com base na equação 7 obtêm uma relação água cimento de 0,42. Já o consumo de cimento em cada um dos 5 dias é apresentado na Tabela 39. Como consumo médio de cimento obtém-se 354,30 kg/cm³.

Tabela 39 - Resultado do consumo de cimento em cada um dos 5 dias.

	1 ^a Coleta	2 ^a Coleta	3 ^a Coleta	4 ^a Coleta	5 ^a Coleta
Massa específica da areia fina (g/cm ³)	2,65	2,66	2,64	2,64	2,65
Massa específica da areia média (g/cm ³)	2,62	2,62	2,64	2,64	2,64
Massa específica pedrisco (g/cm ³)	2,76	2,77	2,77	2,77	2,78
Consumo de cimento (kg/cm ³)	354,92	354,92	353,3 6	353,3 6	354,92
Consumo de cimento médio (kg/cm ³)	354,30				

8.1.5 Considerações para a Fábrica da Grande Florianópolis

Com a aplicação dos módulos 1,2 e 3 foi possível fazer algumas considerações antes que a fábrica venha a aplicar o

módulo 4. Primeiramente a equipe técnica da fábrica deve verificar a variabilidade dos pesos das peças das chapas, pois foi verificada a má distribuição dos pesos em peças de chapas consecutivas. Para solucionar o problema, deve-se verificar o equipamento de vibro-compressão, sendo sugerida a conferência do sistema de vibração, regulagem da gaveta, mesa vibratória, mesa de apoio das chapas, fazendo-se necessário a regulagem do tempo de alimentação. Após esta conferência e ajuste inicial, deve-se proceder a aplicação do módulo 4 do programa de controle de qualidade fixando uma massa específica verde mínima na produção de $2,24 \text{ g/cm}^3$ e recomenda-se que todas as peças no estado seco atinjam $2,21 \text{ g/cm}^3$.

Para o consumo de cimento, sugere-se que fábrica continue com a mesmo consumo ($354,30 \text{ kg/m}^3$), visto que, realizando o ensaio de resistência à compressão conforme prescreve a NBR 9781 (1987), aos 28 dias e com as peças capeadas e saturadas obteve-se um F_{pk} variando de 46 a 36,49 MPa para um CV de 9,26 a 17,57 %. Como o CV foi superior ao verificado na literatura (13,30%) sugere-se que a fábrica adote algumas políticas de controle de qualidade visando a diminuição do valor, recomenda-se:

- O treinamento dos operários de forma que consigam detectar eventuais problemas nas condições da produção que possam a interferir no bom funcionamento dos maquinários.
- Treinamento dos operários para que monitorem a umidade dos concretos junto ao misturador.
- Os ensaios de resistência à compressão devem ser realizados conforme preconizam as NBR 9780 (1987) e NBR 9781 (1980).
- Monitoramento da resistência à compressão das partidas de cimentos utilizadas.

8.2 APLICAÇÃO E RESULTADOS DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE NA FÁBRICA DE BLUMENAU

Assim como realizado para a fábrica da Grande Florianópolis, o presente item visa apresentar as considerações realizadas na aplicação do programa de controle de qualidade para a fábrica de Blumenau, sendo também apresentados os

resultados obtidos em cada um dos módulos aplicados. A PCP estudada foi a PVR 635 cuja especificação é para peças de cor cinza com altura de 6 cm e Fpk de 35 MPa. Assim como para a fábrica da Grande Florianópolis, as tabelas com os resultados aqui apresentados encontram-se nos Anexos. Apresenta-se, na sequência, as considerações e os resultados obtidos para cada um dos 3 módulos aplicados.

8.2.1 Módulo 1: Histórico de resistência à compressão

No presente módulo foi realizado o levantamento do histórico dos ensaios de resistência à compressão para as peças rompidas no laboratório da fábrica de Blumenau. O histórico das PVR 635 foi obtido junto aos arquivos existentes na fábrica. Os dados levantados correspondem aos meses de abril a outubro de 2012. No **Anexo 6** (página274) encontram-se as tabelas com todos os resultados levantados no histórico.

Com base no levantamento do histórico foi possível verificar que, para todas as datas de produção, sempre eram realizadas a coleta de peças para rompimento com 7 e 28 dias, sendo coletadas 12 peças destas 6 para rompimento com 7 dias e outras 6 para rompimento com 28 dias. Segundo o laboratorista, as PCP para o ensaio de resistência à compressão não eram capeadas. No entanto, todas as peças rompidas tanto a 7 quanto 28 dias sempre eram saturadas. Nas Figuras 65 e 66 são apresentadas para cada uma das datas os resultados de resistência média (Fp), resistência característica à compressão (Fpk) e o coeficiente de variação da resistência (CV) dos lotes ensaiados aos 7 e 28 dias. Todas as PCP produzidas no período de análise do histórico (abril a outubro de 2012) apresentam o mesmo traço, este apresentado na Tabela 40.

Tabela 40 – Quantidade de materiais usados nas PCP produzidas entre abril a outubro de 2012 – Fábrica de Blumenau.

Material	Quantidade de material por virada (Kg)	Traço
Cimento	170	1
Areia fina	308	1,81
Areia artificial	210	1,24
Pedrisco	248,5	1,46
Aditivo	0,51	

Figura 65 - Histórico dos Fp e Fpk para as PCP rompidas com 7 dias – Fábrica de Blumenau.

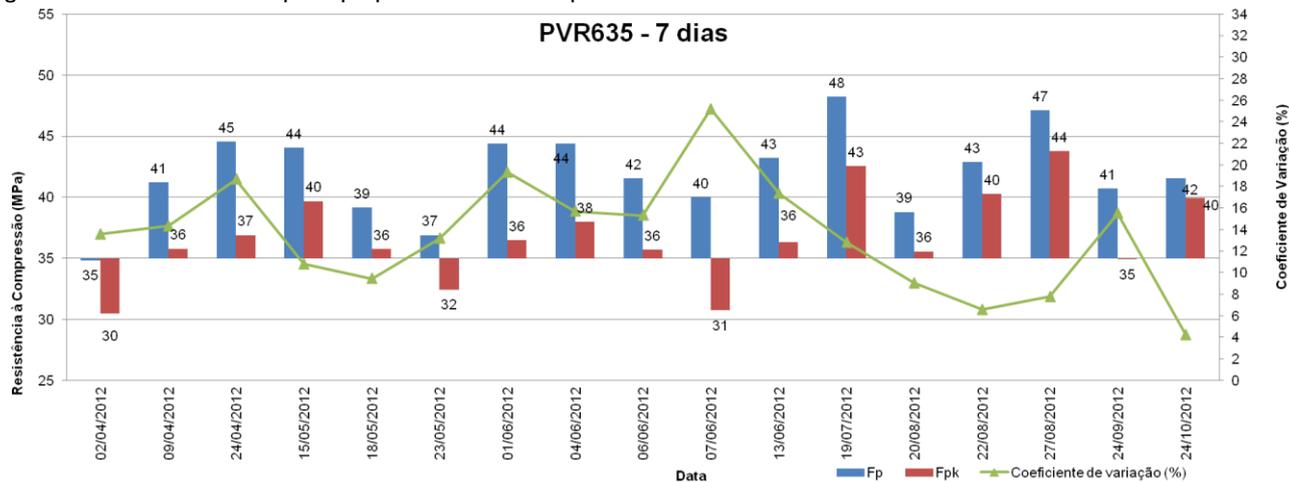
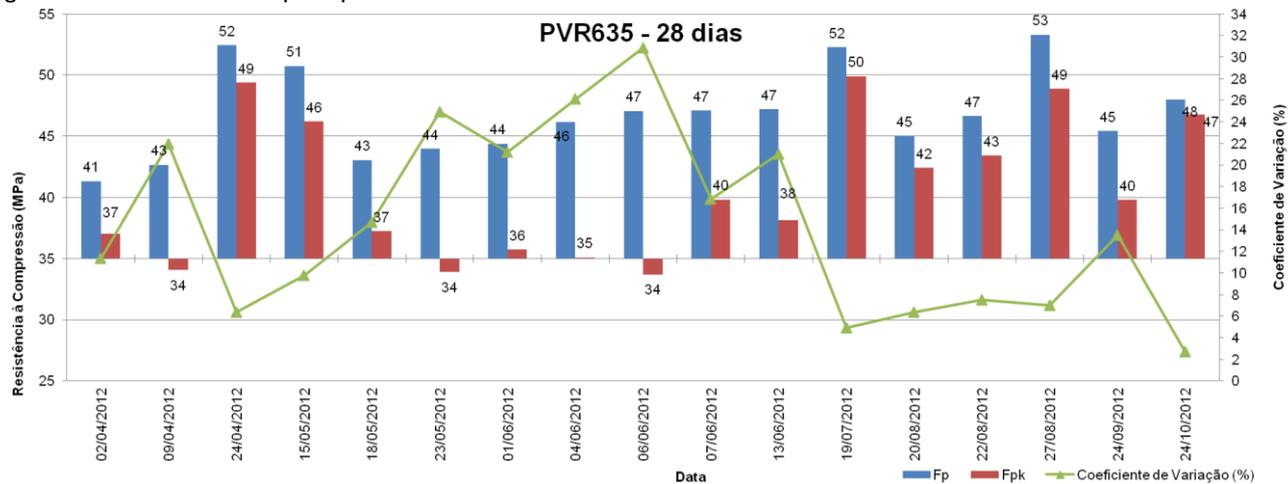


Figura 66 - Histórico dos Fp e Fpk aos 28 dias - Fábrica de Blumenau.



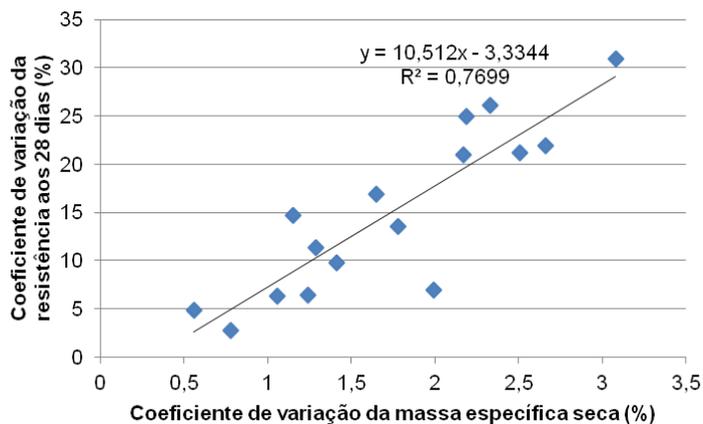
Pode-se observar nas Figuras 65 e 66 que no período de abril a outubro foram realizadas 17 coletas de PCP tanto para o ensaio de resistência aos 7 dias quanto para os 28 dias. Para as peças rompidas com 7 dias pode-se observar na Figura 65 que todas as F_p foram superiores ou igual a 35 MPa. Para as F_{pk} observou-se que algumas datas apresentaram-se abaixo de 35 MPa (02/04/2012, 23/05/2012 e 07/06/2012). Quanto ao CV aos 7 dias, notou-se que para a produção do dia 07/06/2012 apresentou CV acima de 25 %.

Quanto as peças rompidas aos 28 dias, conforme observa-se na Figura 66 todas as médias obtidas para as peças foram superiores a 41 MPa, quanto ao F_{pk} obtido em algumas produções foi de 34 MPa (09/04/2012, 26/05/2012 e 06/06/2012), sendo que o restante das produções apresentaram-se acima de 35 MPa, destaque para as produções a partir de 19/07/2012 que apresentaram F_{pk} superior a 40 MPa com baixo CV, chegando em alguns casos a atingir 53 MPa. Apesar de grande parte das produções atingirem o f_{pk} normatizado considera-se que muitas produções apresentaram elevado CV, como no caso da produção de 06/06/2012 apresentou que CV superior a 30 %.

Determinando o CV da fábrica com base nos valores sugeridos por Frasson (2000), obtém-se que a fábrica deveria atingir um CV de 15%. Com base nos valores da Tabela 4 os valores obtidos são: controle de pessoal treinado como médio (CV = 15%), controle de equipamentos de vibro compressão e sensores de umidade como controle médio (CV = 15%) e controle de dosagem em volume como controle médio (CV = 15%), devendo-se então realizar a média dos valores obtidos chega-se a 15 %. Com base no gráfico da Figura 66, as produções após o mês de julho apresentaram CV menor do 15%.

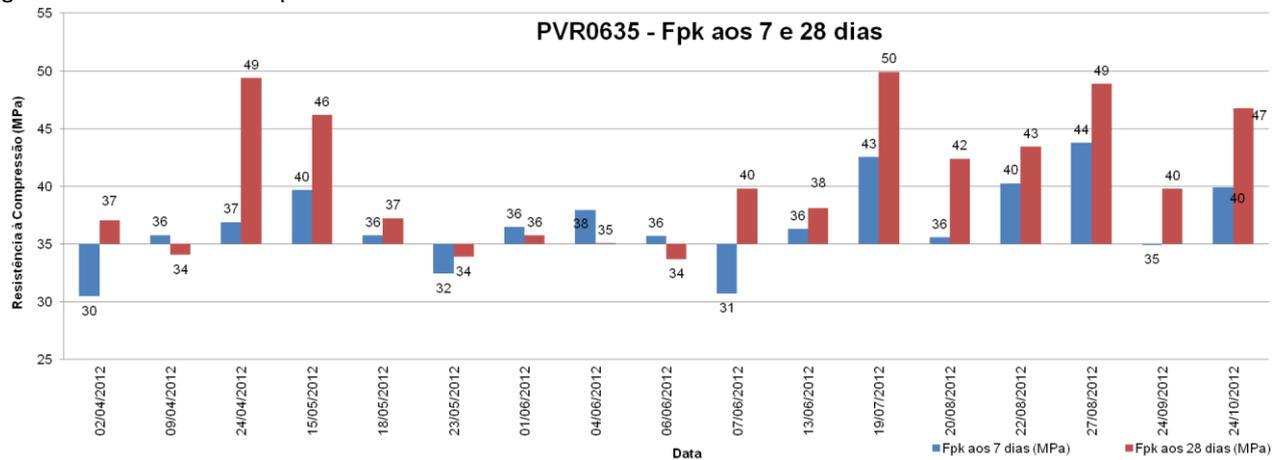
Representou-se na Figura 67 os valores obtidos de CV da resistência das peças do histórico rompidas aos 28 dias *versus* o coeficiente de variação da massa específica seca das peças ensaiadas. Como pode ser observada a curva se ajustou bem aos pontos, quando considerado um CV de 15, conforme determinação anterior resultaria em um CV da massa seca de 1,74%.

Figura 67 – Coeficiente de variação das peças rompidas com 28 dias versus o coeficiente de variação da massa específica – Fábrica de Blumenau.



Procurou-se representar na Figura 68 os resultados de Fpk aos 7 e 28 dias para as peças coletadas no mesmo dia de produção.

Figura 68 - Histórico dos Fpk aos 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.



Conforme observado na Figura 68 não é possível estabelecer um acréscimo de Fpk das peças produzidas num mesmo dia e rompidas com 7 e 28 dias. Existiu casos em que este acréscimo foi de 2 MPa (09/04/2012 e 06/06/2012) enquanto que em outras datas obteve-se 12 MPa (24/04/2012). Isso pode ser atribuído a separação aleatória das peças coletadas para rompimento com 7 e 28 dias. Porém ressalta-se que a NBR 9071 (1987) não estabelece resistência à compressão a ser atingida aos 7 dias.

No geral, o que se pode observar é que as baixas resistências obtidas concentraram-se em datas próximas. O mesmo pode ser observado para as altas resistências. Observa-se também que existiu grande variabilidade dos fpk aos 28 dias. Se considerado que as todas as PCP foram produzidas com o mesmo traço e o mesmo equipamento, acredita-se que esta grande diferença entre as resistências pode ser causada pelo cimento com diferentes resistências, bem como diferença nas características dos agregados, ineficiência no controle de umidade das peças durante a produção. Justifica-se aqui que a variabilidade da resistência não deve ser atribuída a falta de controle da massa específica dos agregados, pois na fábrica é prática diária a correção da massa específica dos agregados para então ser definido o peso mínimo que as peças devem atingir no dia de produção.

Para conclusão do módulo 1, tomou-se por base as Fpk das peças rompidas com 28 dias a partir do mês de julho (Figura 68). Com base nestes resultados optou-se por diminuir a quantidade de cimento usado no traço, pois os resultados mostraram que a partir de 19/07/2012 todas os Fpk aos 28 dias foram superiores a 38 MPa com baixo CV da produção. Optou-se por diminuir em 10 % a quantidade de cimento e manter as mesmas proporções dos agregados. Na Tabela 41 é possível verificar a quantidade de material e o traço utilizado antes e depois da alteração realizada na quantidade de cimento.

Tabela 41 - Quantidade de material por virada antes e depois da aplicação do módulo 1 do programa de controle de qualidade – Fábrica de Blumenau.

Material	Quantidade de material por virada (Kg) antes	Quantidade de material por virada (Kg) depois	Traço antes	Traço depois
Cimento	170	153	1	1
Areia fina	308	308	1,81	2,01
Areia artificial	210	210	1,24	1,37
Pedrisco	248,5	248,5	1,46	1,62
Aditivo	0,51	0,51		

Após a aplicação do módulo 1, deu-se sequência a aplicação do módulo 2 o qual começou a ser aplicado a partir da data de 30/10/2012. A aplicação do módulo 2 e 3 foi realizada pelo laboratorista da fábrica de Blumenau, sendo que este foi treinado para a realizar a aplicação dos módulos.

8.2.2 Módulo 2

Apresenta-se a seguir os resultados da aplicação do módulo 2 proposto no programa de controle de qualidade para a fábrica de Blumenau. Foram realizados os seguintes ensaios: ensaio de resistência à compressão, ensaio do volume e ensaio de perda de água.

8.2.2.1 Ensaio de resistência à compressão

O presente ensaio consistiu em coletar PCP do mesmo tipo das peças usadas no módulo 1 (PVR 635) durante 5 dias de produção, sendo estas ensaiadas de acordo com a NBR 9070 (1987). As peças foram produzidas entre os dias 30/10/2012 a 06/11/2012, sendo a coleta realizada um dia após a produção, quando existia facilidade no manuseio das peças.

Como mencionado no programa experimental, poderia ser coletada de 15 a 20 peças diariamente. Assim sendo, optou-se para esta fábrica realizar a coleta de 15 peças diariamente para cada um dos 5 dias de produção. A coleta foi realizada pelo laboratorista sendo que este separava 2 grades de PCP dentro

da produção diária, e destas grades realizava a coleta aleatória de 15 peças.

Após a coleta as peças eram encaminhadas ao laboratório da fábrica onde eram numeradas e medidas as alturas e os valores anotados no modelo da Tabela 9 proposta no programa experimental. Realizava-se então a divisão das 15 peças em 2 grupos o mais homogêneo possível.

Para a separação dos grupos seguiu-se os mesmos procedimentos realizados para a fábrica da Grande Florianópolis. Procedia-se o cálculo da relação da massa da peça pela altura média da peça (massa/Hmédia) e após, em uma planilha, ordenava-se os valores de forma crescente. Era então deixado a primeira peça da planilha para rompimento com 28 dias e a segunda peça com 7 dias e assim sucessivamente até a última peça. No final da divisão obtinham-se 7 peças para rompimento com 7 dias e 8 peças para rompimento com 28 dias.

Após os procedimentos iniciais em cada um dos 5 dias em que as peças eram coletadas, realizava-se o capeamento das peças com pasta de cimento e, após a secagem as peças eram armazenadas no laboratório da fábrica e, no mínimo com 24 horas de antecedência ao rompimento as peças eram deixadas dentro de um tanque com água potável para a saturação conforme prescreve a NBR 9780 (1987). As peças saturadas foram rompidas aos 7 e 28 dias em uma prensa hidráulica de acionamento elétrico existente no laboratório da fábrica. Todos os resultados do ensaio obtidos para cada um dos 5 dias estão nas tabelas do **Anexo 7** (página 290).

8.2.2.2 Ensaio do volume

O ensaio do volume foi realizado no laboratório da fábrica de Blumenau e seguiu os mesmos procedimentos realizados para a fábrica da Grande Florianópolis. Coletaram-se 21 peças dentro da produção diária sendo estas separadas em 3 grupos e ensaiados conforme o ensaio do volume proposto por Frasson (2004). Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 42. Como pode ser visualizadas, peças com altura de 6,18 cm apresentam um volume de 1182,0 cm³, sendo possível a correção do volume das peças ensaiadas no ensaio de resistência à compressão, com posterior cálculo da massa específica seca.

Tabela 42 - Resultado obtido para o ensaio do volume – Fábrica de Blumenau

Ensaio do lote número 1					Ensaio do lote número 2					Ensaio do lote número 3				
N° da PCP	Massa seca (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	N° da PCP	Massa seca (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	N° da PCP	Massa seca (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)
1	2790,0	6,26	6,29	6,25	8	2690,0	6,16	6,16	6,17	15	2743,0	6,20	6,21	6,22
2	2665,0	6,20	6,20	6,21	9	2644,0	6,10	6,10	6,12	16	2732,0	6,26	6,24	6,23
3	2728,0	6,23	6,22	6,22	10	2729,0	6,05	6,12	6,16	17	2725,0	6,18	6,17	6,16
4	2756,0	6,22	6,22	6,21	11	2738,0	6,23	6,19	6,22	18	2680,0	6,13	6,10	6,12
5	2744,0	6,21	6,24	6,29	12	2769,0	6,30	6,26	6,26	19	2682,0	6,12	6,10	6,14
6	2683,0	6,14	6,08	6,03	13	2704,0	6,22	6,24	6,25	20	2734,0	6,22	6,19	6,17
7	2655,0	6,17	6,12	6,10	14	2721,0	6,21	6,16	6,15	21	2688,0	6,07	6,09	6,10
H média das peças (cm)			6,20		H média das peças (cm)			6,18		H média das peças (cm)			6,16	
Massa de água deslocada (g)			8300		Massa de água deslocada (g)			8280		Massa de água deslocada (g)			8240	
Volume médio de cada peça			1185,7		Volume médio de cada peça			1182,9		Volume médio de cada peça			1177,1	
Altura média de todas as peças (g)								6,18						
Volume médio de todas as peças (cm³)								1182,0						

8.2.2.3 Traçado da curva de massa específica seca *versus* resistência à compressão

Como mencionado anteriormente, após a obtenção do volume para uma dada altura foi possível calcular o volume de cada uma das peças ensaiadas durante cada um dos 5 dias no ensaio de resistência à compressão, sendo também realizado o cálculo da massa específica seca para as peças rompidas com 7 e 28 dias. Todos os resultados de massa, carga, resistência à compressão, volume corrigido e massa específica seca para cada um dos cinco dias encontram-se nas tabelas do Anexo 8 (páginas 227 a 231). Nas Tabelas 43 e 44 são apresentados os resultados de resistência à compressão e massa específica para os 7 e 28 dias, respectivamente.

Tabela 43 – Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 7 dias – Fábrica de Blumenau.

	1ª Coleta		2ª Coleta		3ª Coleta		4ª Coleta		5ª Coleta	
	MES ¹ (g/cm ³)	Rc ² (MPa)								
	2,26	33,72	2,27	32,03	2,28	32,5	2,31	35,4	2,31	37,26
	2,28	32,49	2,25	32,90	2,35	35,6	2,32	36,3	2,30	31,43
	2,28	34,11	2,32	36,57	2,36	35,1	2,28	32,0	2,31	37,94
	2,30	37,50	2,30	35,45	2,28	33,0	2,30	32,1	2,32	33,00
	2,26	31,37	2,31	31,25	2,25	31,0	2,31	33,1	2,30	36,27
	2,28	34,23	2,26	34,33	2,29	31,7	2,34	34,4	2,24	33,43
	2,27	33,11	2,33	39,08	2,31	31,4	2,27	32,2	2,26	34,43
S	0,01	1,92	0,03	2,75	0,04	1,83	0,02	1,72	0,028	2,40
CV (%)	0,63	5,67	1,41	7,97	1,74	5,55	1,06	5,13	1,22	6,90
Média	2,28	33,79	2,29	34,52	2,30	32,90	2,30	33,64	2,29	34,82
Fp		33,79	2,29	34,52	2,30	32,9	2,30	33,64	2,29	34,82
Fpk		32,05		32,02		31,24		32,08		32,65

¹MES: Massa específica seca; ² Rc: Resistência à compressão

Tabela 44 - Massa específica seca e resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – Fábrica de Blumenau.

	1ª Coleta		2ª Coleta		3ª Coleta		4ª Coleta		5ª Coleta	
	MES ¹ (g/cm ³)	Rc ² (MPa)								
	2,28	40,71	2,25	42,8	2,35	47,69	2,40	46,1	2,30	37,11
	2,28	37,91	2,22	37,7	2,30	44,21	2,31	38,6	2,27	33,87
	2,27	33,82	2,28	38,8	2,29	38,27	2,31	37,7	2,24	36,75
	2,31	36,59	2,27	40,3	2,38	50,59	2,29	35,2	2,32	42,78
	2,28	39,21	2,30	36,6	2,34	38,79	2,27	33,7	2,31	37,42
	2,26	37,44	2,36	41,1	2,27	37,93	2,34	40,8	2,34	39,38
	2,29	36,59	2,31	35,3	2,47	36,73	2,32	39,3	2,31	36,45
	2,30	43,14	2,32	34,7	2,28	37,18	2,27	35,3	2,26	34,43
S	0,02	2,76	0,04	2,88	0,07	5,35	0,04	3,92	0,035	2,81
CV (%)	0,78	7,22	1,87	7,49	2,81	12,91	1,82	10,23	1,52	7,55
Média	2,29	38,18	2,29	38,41	2,33	41,43	2,31	38,36	2,29	37,27
Fp		38,18	2,29	38,41	2,33	41,43	2,31	38,36	2,29	37,27
Fpk		35,68		35,80		36,58		34,81		34,72
Volume de sólidos (%)*	79,14		78,69		79,71		78,69		78,08	

*A determinação do volume de sólidos esta apresentada no item 8.2.4.4.¹MES: Massa específica seca; ² Rc: Resistência à compressão

Com base nos resultados de F_p , F_{pk} e CV das tabelas anteriores procurou-se representar graficamente os valores obtidos. Sendo estes mostrados nas Figuras 69, 70 e 71.

Figura 69 – Resultado para as PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 7 dias – Fábrica de Blumenau.

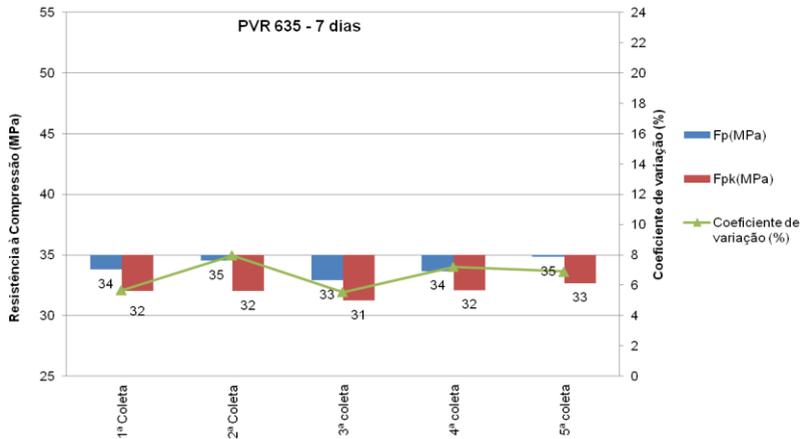


Figura 70 - Resultado para as PCP ensaiadas a compressão no módulo 1 com 28 dias – Fábrica de Blumenau.

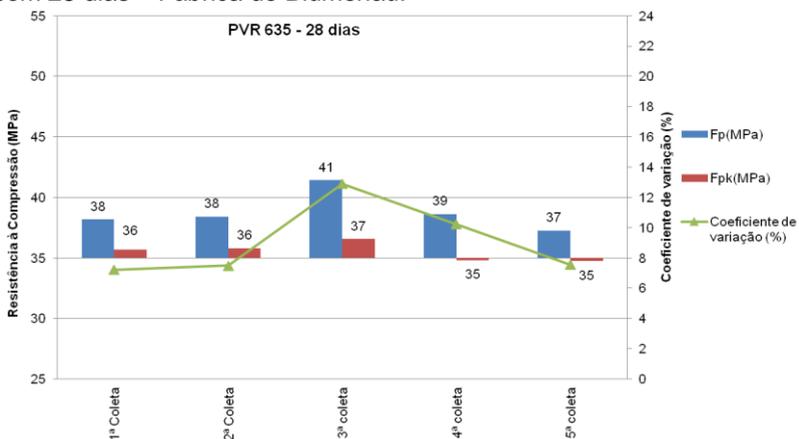
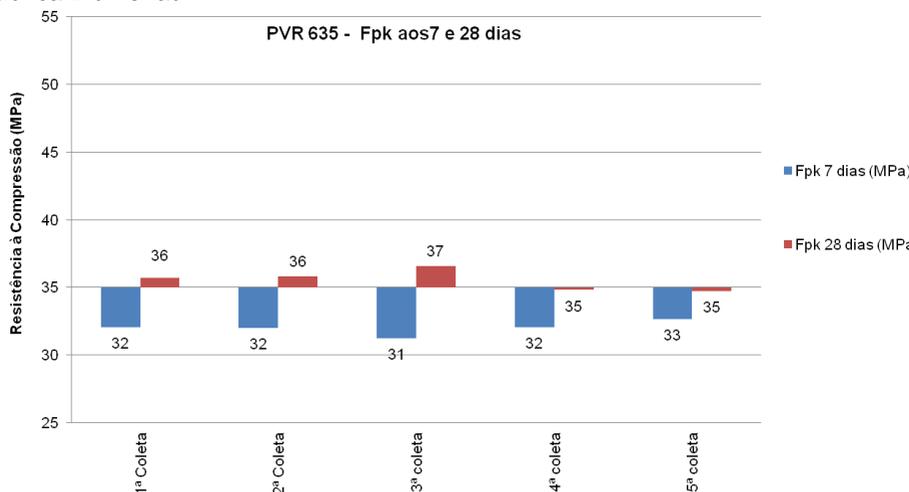


Figura 71 - Fpk aos 7 e 28 dias para cada um dos 5 dias de coletas – Fábrica Blumenau.



Com base nos resultados obtidos para as peças rompidas com 7 dias (Figura 69) todas as Fp e Fpk ficaram abaixo de 35 MPa. Nota-se, no entanto que o CV obtido foi baixo ficando entre 5% a 8%. Quanto aos resultados obtidos para os 28 dias (Figura 70) as Fp mantiveram-se acima de 35 MPa, as Fpk ficaram muito próximo a 35 MPa e o CV entre 7% a 13%. Conclui-se que se a diminuição de 10 % de cimento foi muito alta, indica-se então que a fábrica aumente o consumo de cimento. No entanto a aplicação dos demais módulos foi seguida sendo sugeridas ao final as tomadas de decisões que a fábrica deve proceder.

Na Figura 72 e Figura 73 procurou-se representar graficamente os resultados de massa específica seca *versus* resistência à compressão para cada uma das PCP rompidas com 7 dias e 28 dias, respectivamente.

Figura 72 - Resultados das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com idade de 7 dias – Fábrica de Blumenau.

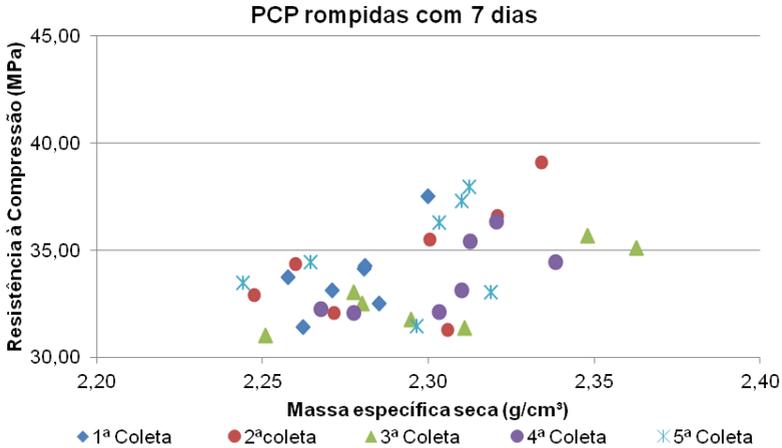
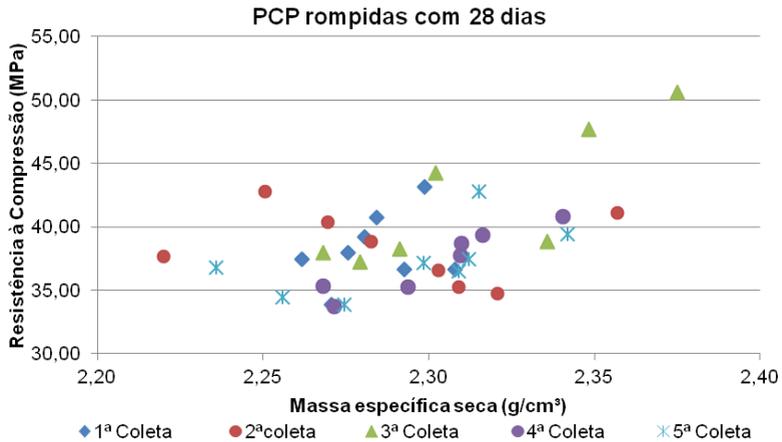


Figura 73 - Resultados das PCP coletadas durante os 5 dias e rompidas com idade de 28 dias – Fábrica de Blumenau.



Os resultados das peças rompidas com 7 dias (Figura 72) e 28 dias (Figura 73) mostram a tendência do crescimento da resistências à compressão com o aumento da massa específica seca das peças não é tão evidenciado. Sendo obtido aos 28 dias

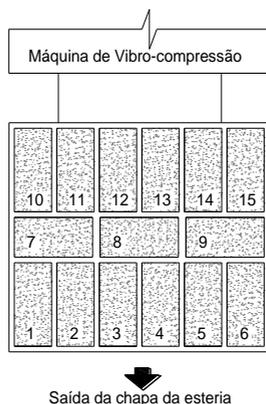
um intervalo de massa específica seca de 2,22 a 2,38 g/cm³ para resistências à compressão individuais de 33,90 a 50,60 MPa. Como citado anteriormente é prática diária da fábrica de Blumenau realizar a correção das massas específicas, e isso aconteceu para as peças rompidas durante os 5 dias. Conclui-se assim que somente a compensação da massa específica para este caso não é garantia suficiente para obter a resistência estimada.

Como o objetivo deste módulo era definir o valor da massa específica seca mínima para a produção que garante peças com Fpk de 35 MPa aos 28 dias, optou-se por definir este valor no item 8.2.4, visto que é necessário a aplicação de análise estatística.

8.2.2.4 Ensaio de perda de água das PCP

O procedimento seguido para o ensaio de perda de umidade foi o proposto no programa experimental. Foram separadas duas chapas consecutivas de PCP verdes, sendo estas coletadas diretamente da esteira da máquina de vibro – compressão. Após a separação, as peças foram encaminhadas ao laboratório da fábrica, onde cada uma das peças foi pesada e medida a sua altura. A fábrica de Blumenau apresenta o modelo de forma conforme a Figura 74, apresentando 3 peças a mais que a fábrica da Grande Florianópolis e com posicionamentos diferentes.

Figura 74 - Posicionamento da PVR 635 na chapa – Fábrica de Blumenau.



Para a pesagem e medida no primeiro dia, tomaram-se todos os cuidados necessários para o correto manuseio das peças. Com mencionado anteriormente este ensaio seguiu a proposição do programa experimental as peças foram pesadas somente no primeiro dia e no quarto dia, e não foi realizado o monitoramento em cada um dos dias conforme realizado para a fábrica da Grande Florianópolis. Os resultados obtidos no ensaio de perda de água encontram-se nas Tabelas 45 e 46.

Tabela 45 - Resultados obtidos no ensaio de perda de água para a chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.

Posição da PCP na chapa	Controle de pesagem para o 1º e 4º dia								
	Massa verde 1º dia (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H média (cm)	Volume corrigido (cm³)	Massa específica verde (g/cm³)	Massa seca 4º dia (g)	Massa específica seca (g/cm³)
1	2712	6,10	6,10	6,10	6,10	1166,70	2,32	2682	2,30
2	2644	6,20	6,15	6,10	6,15	1176,26	2,25	2613	2,22
3	2709	6,10	6,10	6,05	6,08	1163,51	2,33	2685	2,31
4	2686	6,10	6,10	6,10	6,10	1166,70	2,30	2657	2,28
5	2669	6,25	6,25	6,30	6,27	1198,58	2,23	2640	2,20
6	2718	6,20	6,20	6,15	6,18	1182,64	2,30	2688	2,27
7	2711	6,15	6,20	6,20	6,18	1182,64	2,29	2684	2,27
8	2655	6,20	6,20	6,20	6,20	1185,83	2,24	2628	2,22
9	2732	6,25	6,20	6,20	6,22	1189,01	2,30	2702	2,27
10	2721	6,10	6,10	6,10	6,10	1166,70	2,33	2692	2,31
11	2711	6,15	6,15	6,20	6,17	1179,45	2,30	2684	2,28
12	2671	6,15	6,15	6,20	6,17	1179,45	2,26	2642	2,24
13	2704	6,15	6,20	6,20	6,18	1182,64	2,29	2677	2,26
14	2723	6,20	6,20	6,20	6,20	1185,83	2,30	2696	2,27
15	2765	6,20	6,15	6,10	6,15	1176,26	2,35	2737	2,33

Tabela 46 - Resultados obtidos no ensaio de perda de água para a chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.

Posição da PCP na chapa	Controle de pesagem para o 1º e 4º dia								
	Massa verde 1º dia (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H média (cm)	Volume corrigido (cm³)	Massa específica verde (g/cm³)	Massa seca 4º dia (g)	Massa específica seca (g/cm³)
1	2708	6,05	6,05	6,05	6,05	1157,14	2,34	2680	2,32
2	2728	6,10	6,05	6,05	6,07	1160,32	2,35	2702	2,33
3	2715	6,05	6,00	6,00	6,02	1150,76	2,36	2689	2,34
4	2677	6,10	6,10	6,10	6,10	1166,70	2,29	2650	2,27
5	2739	6,15	6,15	6,20	6,17	1179,45	2,32	2710	2,30
6	2752	6,10	6,10	6,10	6,10	1166,70	2,36	2724	2,33
7	2728	6,10	6,15	6,10	6,12	1169,89	2,33	2701	2,31
8	2701	6,15	6,10	6,15	6,13	1173,07	2,30	2677	2,28
9	2787	6,20	6,20	6,20	6,20	1185,83	2,35	2760	2,33
10	2700	6,00	6,00	6,05	6,02	1150,76	2,35	2673	2,32
11	2722	6,10	6,10	6,10	6,10	1166,70	2,33	2696	2,31
12	2705	6,10	6,10	6,10	6,10	1166,70	2,32	2681	2,30
13	2719	6,00	6,00	6,00	6,00	1147,57	2,37	2694	2,35
14	2759	6,15	6,20	6,20	6,18	1182,64	2,33	2734	2,31
15	2811	6,15	6,10	6,10	6,12	1169,89	2,40	2783	2,38

Nas Figura 75 e Figura 76 foi representada a perda de água de cada uma das PCP da chapa número 1 e da chapa número 2 com relação a perda de água do primeiro ao quarto dia. Como pode ser observada, a porcentagem média de perda de água do 1º ao 4º dia para a chapa número 2 foi de 1,05%, apresentando como ponto discrepante da peça número 3 que apresentou menor perda de água de 0,89 %. Para a chapa número 1 obteve-se uma porcentagem média de perda de água de 0,97 %.

Figura 75 - Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.

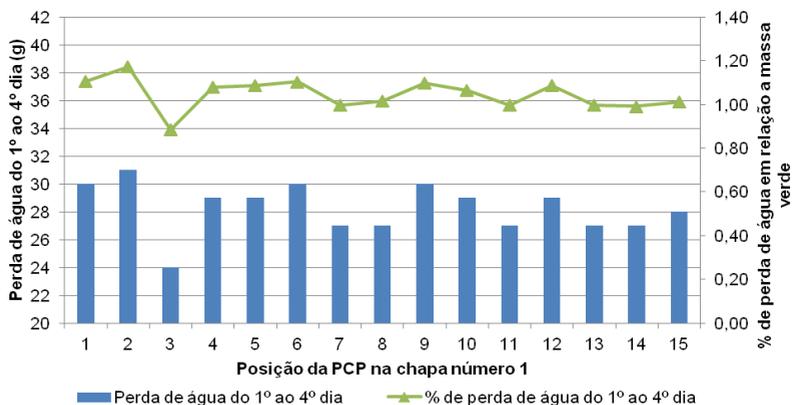
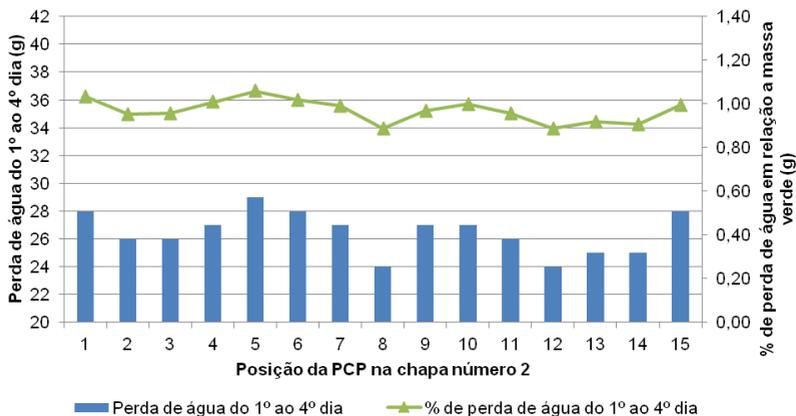


Figura 76 - Porcentagem de perda de água das PCP da chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.



Nas Figura 77 e Figura 78 representam-se graficamente os valores de massa específica verde e massa específica seca para cada uma das peças da chapa número 1 e número 2. Representa-se também a diferença entre a massa específica verde e massa específica seca.

Figura 77 - Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.

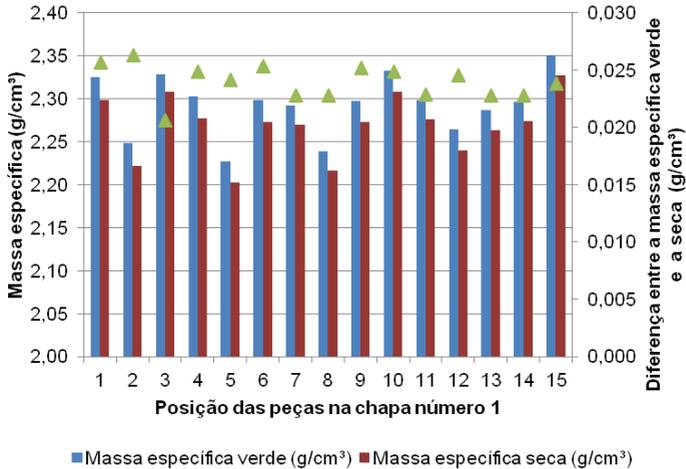
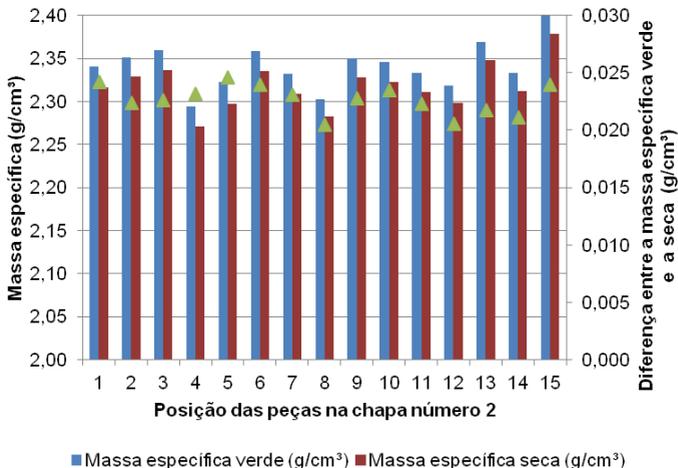
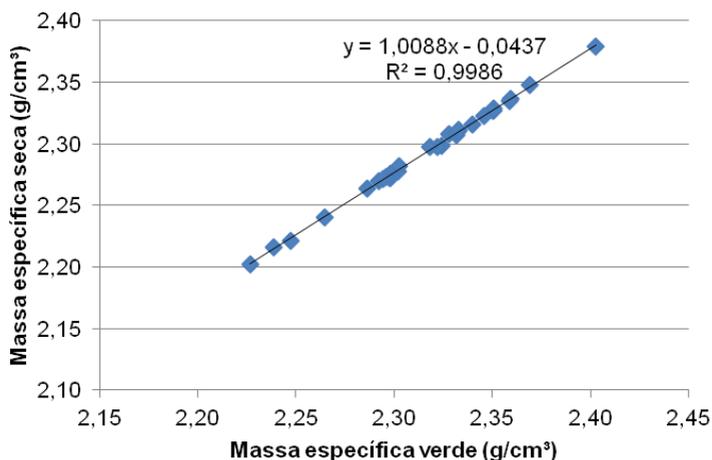


Figura 78 - Massa específica verde e massa específica seca das peças da chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.



O objetivo do ensaio de perda de água era obter a curva de massa específica verde e massa específica seca para as peças das duas chapas avaliadas, sendo então no gráfico da Figura 79 apresentado os valores obtidos para as peças das duas chapas.

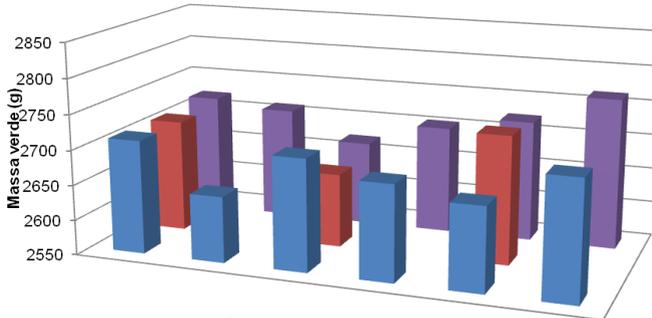
Figura 79 - Curva da massa específica verde versus massa específica obtida para as peças da chapa número 1 e número 2 – Fábrica de Blumenau



Observa-se na curva obtida que existe uma relação linear entre o aumento da massa específica verde e massa específica seca. Com o resultado obtido para a curva será definido no item 8.2.5 a massa verde mínima a ser fixada na produção, para o monitoramento diário das peças.

Com base nos resultados de massa verde apresentados nas Tabelas 45 e 46 pretende-se aqui representar através de gráfico de barra a distribuição de peso das peças nas chapas avaliadas. As Figuras 80 e 81 apresentam os gráficos obtidos.

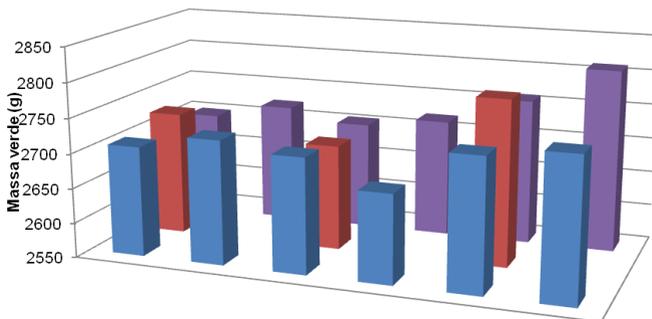
Figura 80 - Distribuição da massa verde na chapa número 1 – Fábrica de Blumenau.



Saída da chapa nº 1 da esteira

Massa das diferentes posições na chapa número 1					
2721	2711	2671	2704	2723	2765
2711		2655		2732	
2712	2644	2709	2686	2669	2718
Massa média (g)			2702,07	S	31,76
Diferença entre a massa máxima e mínima (g)			121,00	CV(%)	1,18

Figura 81 - Distribuição da massa verde das PCP na chapa número 2 – Fábrica de Blumenau.



Saída da chapa nº 2 da esteira

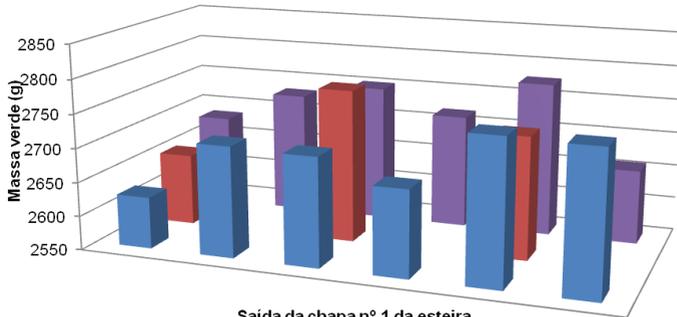
Massa das diferentes posições na chapa número 2					
2700	2722	2705	2719	2759	2811
2728		2701		2787	
2708	2728	2715	2677	2739	2752
Massa média (g)			2730,07	S	35,15
Diferença entre a massa máxima e mínima (g)			134,00	CV(%)	1,29

Como observado para a chapa número 1 obteve-se uma variação máxima entre o peso da peça com peso mínimo e a peça com peso máximo de 4,50 % em relação ao peso médio das peças da chapa. Já para a chapa número 2, obteve-se uma variação máxima de 4,9 %. Quanto ao coeficiente de variação a chapa número 1 e 2 apresentaram respectivamente valores de 1,18 % e 1,29 % . Desta forma, conclui-se que os valores obtidos estão abaixo dos 2 % sugeridos por OLIVEIRA (2004) não existindo necessidade de regulagem no equipamento de vibro-compressão.

8.2.2.5 Avaliação da distribuição de massa em diferentes chapas

Neste módulo foi decidido realizar a conferência da distribuição de peso de 5 chapas consecutivas de PCP, estas foram separadas quando saíram da esteira rolante da máquina de vibro-compressão e tomou-se o cuidado para todas fossem de uma mesma virada de concreto. Durante a separação das chapas era anotado o valor do tempo de ciclo e do tempo de prensagem lidos no CLP. Esperou-se um dia após a produção para realizar a pesagem. Os resultados obtidos podem ser vistos nas Figuras 82 a 85.

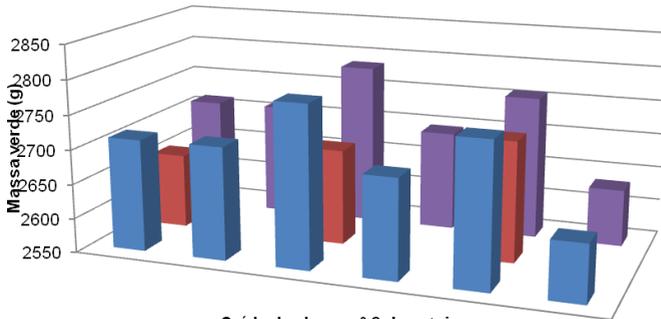
Figura 82 - Chapa número 1 com PCP secas.



Saída da chapa nº 1 da esteira

Massa das diferentes posições na chapa número 1					
2685	2731	2752	2718	2777	2659
2656		2775		2730	
2626	2713	2710	2677	2761	2758
Massa média (g)			2715,20	S	46,43
Diferença entre a massa máxima e mínima (g)			151,00	CV(%)	1,71
Tempo de ciclo		13,4	Tempo de prensagem		3,4

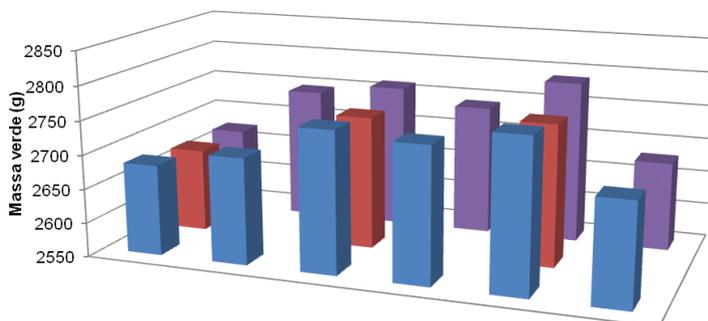
Figura 83 - chapa número 2 com PCP secas.



Saída da chapa nº 2 da esteira

Massa das diferentes posições na chapa número 2					
2713	2714	2785	2695	2758	2633
2659		2689		2725	
2660	2725	2770	2756	2765	2696
Massa média (g)			2716,20	S	45,09
Diferença entre a massa máxima e mínima (g)			152,00	CV(%)	1,66
Tempo de ciclo		13,5	Tempo de prensagem		3,3

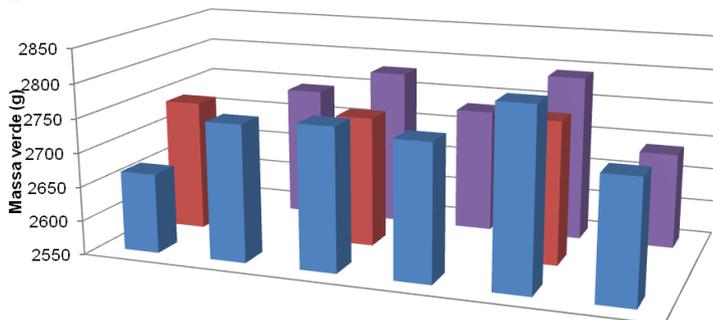
Figura 84 - Chapa número 3 com PCP secas.



Saída da chapa nº 3 da esteira

Massa das diferentes posições na chapa número 3					
2673	2746	2762	2741	2788	2680
2673		2745		2757	
2683	2706	2757	2748	2772	2699
Massa média (g)			2728,67	S	38,96
Diferença entre a massa máxima e mínima (g)			115,00	CV(%)	1,43
Tempo de ciclo		13,3	Tempo de prensagem		3,5

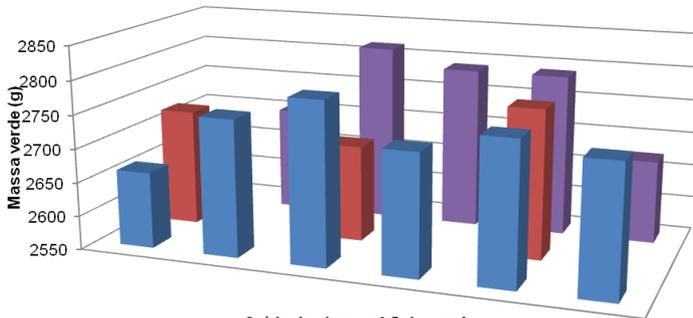
Figura 85 - Chapa número 4 com PCP secas.



Saída da chapa nº 4 da esteira

Massa das diferentes posições na chapa número 4					
2648	2744	2781	2732	2793	2690
2743		2741		2758	
2667	2751	2759	2749	2810	2727
Massa média (g)			2739,53	S	43,77
Diferença entre a massa máxima e mínima (g)			162,00	CV(%)	1,60
Tempo de ciclo		13,8	Tempo de prensagem		3,8

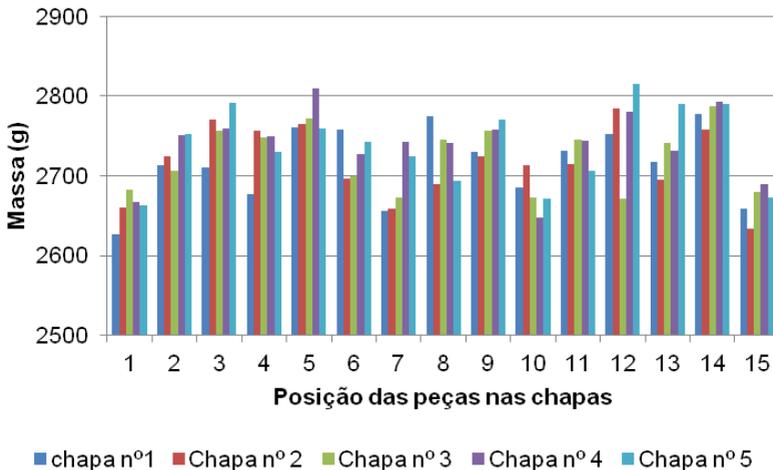
Figura 86 - Chapa número 5 cm PCP secas.



Saída da chapa nº 5 da esteira

Massa das diferentes posições na chapa número 5					
2671	2706	2815	2790	2790	2673
2724		2693		2770	
2663	2753	2791	2730	2760	2742
Massa média (g)			2738,07	S	48,95
Diferença entre a massa máxima e mínima (g)			152,00	CV(%)	1,79
Tempo de ciclo		13,5	Tempo de prensagem		3,5

Figura 87 - Distribuição da massa das peças para as diferentes posições das chapas.



Como pode ser verificados os CV obtidos para as 5 chapas mantiveram-se abaixo de 2 %, concluindo-se assim que não existe problema de regulagem de equipamento. Na Figura

87apresenta-se a massa das peças das 5 chapas para as diferentes posições, foi observado para a posição 12 a maior diferença de massa, sendo esta de 143 gramas. Para as demais posições foi observada uma diferença de massa inferior a 87 gramas.

Procurou-se representar na Tabela 47 o valor as médias, desvios e CV entre as posições das 5 chapas.

Tabela 47 - Médias e desvios das diferentes posições das chapas.

Posição	Massa (g)							
	Chapa 1	Chapa 2	Chapa 3	Chapa 4	Chapa 5	Média	S	CV (%)
1	2626	2660	2683	2667	2663	2660	18,67	0,7
2	2713	2725	2706	2751	2753	2730	19,28	0,7
3	2710	2770	2757	2759	2791	2757	26,60	1,0
4	2677	2756	2748	2749	2730	2732	28,81	1,1
5	2761	2765	2772	2810	2760	2774	18,68	0,7
6	2758	2696	2699	2727	2742	2724	24,07	0,9
7	2656	2659	2673	2743	2724	2691	35,68	1,3
8	2775	2689	2745	2741	2693	2729	32,90	1,2
9	2730	2725	2757	2758	2770	2748	17,42	0,6
10	2685	2713	2673	2648	2671	2678	21,20	0,8
11	2731	2714	2745	2744	2706	2728	15,71	0,6
12	2752	2785	2672	2781	2815	2761	48,77	1,8
13	2718	2695	2741	2732	2790	2735	31,49	1,2
14	2777	2758	2788	2793	2790	2781	12,80	0,5
15	2659	2633	2680	2690	2673	2667	19,77	0,7

Aplicou-se uma comparação múltipla de médias para os resultados da massa das diferentes posições das chapas, os resultados apresentam-se na Tabela 48. Existiu diferença significativa entre as

posições das peças das chapas. Aplicou-se o Teste Duncan para verificar quais médias diferem significativamente, conforme Tabela 49.

Tabela 48 - Comparação múltipla de médias das posições das 5 chapas.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	$F_{0,05}(14,60)$
Entre grupos	97728	14	6981	8,00
Residual	57779	60	872	1,86
Total	150062	74		

Tabela 49 - Resultado do Teste de Duncan

rk	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GDL = 60	2,83	3,4	3,74	3,98	4,16	4,31	4,44	4,55	4,65	4,73	4,81	4,88	4,94	5
Rk	21,6	25,9	28,5	30,3	31,7	32,9	33,9	34,7	35,5	36,1	36,7	37,2	37,7	38,1

Tabela 50-Conclusão do teste de Duncan para a médias das massas das diferentes posições das 5 chapas.

Posição	1	15	10	7	6	11	8	2	4	13	9	3	12	5	14
Massa média(g)	26 60	266 7	267 8	269 1	272 4	272 8	272 9	273 0	273 2	273 5	274 8	275 7	276 1	277 4	278 1

Como resultado do teste de Duncan as seguintes médias diferem significativamente:

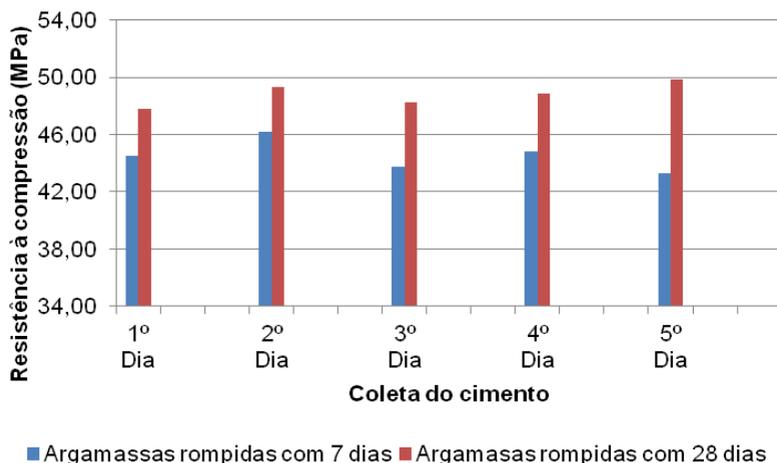
- As posições 5 e 14 diferem significativamente das posições: 1, 2, 4, 6,7,8, 10, 11, 13 e 15.
- Posição 12 difere significativamente das posições: 1, 6, 7, 10 e 15.
- Posição 3 difere significativamente das posições: 1,2,7,10 e 15.
- Posição 13 difere significativamente das posições: 1,7,10,15;
- Posição 4 difere significativamente das posições: 1,7,10 e 15.
- Posição 2 difere significativamente das posições: 1,7,10 e 15.
- Posição 8 difere significativamente das posições: 1, 7,10 e 15.
- Posição 11 difere significativamente das posições: 1,7,10,15.
- Posição 6 difere significativamente das posições: 1,7,10 e 15.

8.2.3 Módulo 3

8.2.3.1 Ensaio do cimento

Os procedimentos para realização do ensaio do cimento foram os mesmos realizados para a fábrica da Grande Florianópolis descritos anteriormente. As amostras foram coletas em cada um dos cinco dias da coleta de PCP para o ensaio de resistência à compressão. Estas foram armazenadas até a data do ensaio que foi realizado no LMCC da UFSC. Todas as amostras de cimento, tanto para a fábrica de Blumenau quanto para a fábrica da Grande Florianópolis, foram confeccionadas no mesmo dia e com os mesmos agregados e foram mantidas em mesmas condições ambientais. No **Anexo 9** (página 305) são apresentados os valores obtidos para cada uma das amostras de cimento ensaiadas. Observa-se, na Figura 88, os valores de resistências médias obtidas para as diferentes coletas de cimento.

Figura 88 – Resistências à compressão obtidas para as argamassas confeccionadas com as diferentes amostras de cimento – Fábrica de Blumenau.



Pode ser observado todas as resistências obtidas para a idade de 7 dias estão acima do limite inferior a ser alcançado pelos cimentos de alta resistência inicial que é de 34 MPa, conforme preconiza a NBR 5733 (1991). Observa-se que todas as resistências obtidas aos 7 dias foram superiores a 43 MPa. Quanto às resistências aos 28 dias, nota-se que todas se mantiveram acima de 47 MPa.

Como aconteceu para a fábrica da Grande Florianópolis, todas as amostras de cimentos da fábrica de Blumenau também apresentaram resistência à compressão superior ao limite inferior normatizado. No entanto sugere-se que a fábrica monitore as diferentes partidas de cimento que vem utilizando, podendo assim verificar se existe variabilidade entre a resistência dos cimentos entregues.

Com os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova rompidos com 7 e 28 dias (**Anexo 9**, página 305), realizou-se uma comparação múltipla de médias para cada uma das idades. Os resultados para os 7 dias podem ser visualizados na Tabela 51 e como visto as médias diferiram significativamente. Aplicando-se o teste de Duncan determinou-se que as médias que diferem entre si são as da 2ª e 3ª coleta e as da 2ª e 5ª coleta.

Tabela 51- Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 7 dias.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	F _{0,05 (4,10)}
Entre grupos	15,55	4	3,89	5,92
Residual	6,57	10	0,66	3,48
Total	22,12	14		

Tabela 52 – Resultado do teste de Duncan para os 7 dias

rk	2	3	4	5
GDL = 10	3,15	3,88	4,33	4,66
Rk	1,47	1,82	2,03	2,18

Tabela 53 - Conclusão do teste de Duncan para as resistências das argamassas de cimento rompidas com 7 dias.

5ª coleta	3ª coleta	1ª coleta	4ª coleta	2ª coleta
43,28	43,70	44,50	44,80	46,20

Na Tabela 54 apresentam-se os resultados da comparação múltipla de médias para os valores de resistência aos 28 dias. Os resultados mostraram que não existiu diferença significativa entre as médias.

Tabela 54 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das argamassas de cimento rompidas com 28 dias.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	F _{0,05(4,10)}
Entre grupos	5,65	4	1,41	0,24
Residual	59,71	10	5,97	3,48
Total	65,36	14		

Com base nos resultados da comparação múltipla de médias os 7 dias diferiram entre si, enquanto as dos 28 dias não diferiram. Conclui-se que isso seja influência da variabilidade inerente ao processo de produção das argamassas e ao ensaio de resistência à compressão que contribuiu para uma idade as médias diferirem e em outra não. Outro fator é que a variação no teor de cinza do CPV ARI RS afeta muito mais a resistência aos 7 dias do que a resistência aos 28 dias.

8.2.3.2 Ensaio dos agregados

Os agregados foram selecionados conforme prescreve o programa experimental, sendo que em cada um dos dias das produções das PCP, coletou-se uma amostra de cada um dos tipos de agregado usados na produção das peças. Após a coleta, estes foram armazenados em sacos plásticos e encaminhados ao LMCC da UFSC onde foi realizada a caracterização de cada uma das amostras em cada um dos 5 dias. Os resultados obtidos para a caracterização encontram-se na Tabela 55.

Como observado as massas específicas da areia industrial variou de 2,72 a 2,80 g/cm³ e o pedrisco de 2,7 a 2,77 g/cm³. Fato que pode ser observado é que, para as coletas realizadas no mesmo dia, a areia industrial apresentou massa específica diferente do pedrisco. Como exemplo na 4^a coleta a areia industrial apresentou massa específica de 2,80 g/cm³ enquanto o pedrisco apresentou 2,75 g/cm³. Sugere-se assim que a fábrica realize diariamente a verificação da massa específica dos dois agregados e, não somente a conferência de um ou de outro como vem realizando.

Tabela 55 - Resultados da caracterização dos agregados – Fábrica de Blumenau.

Material	Propriedade	Norma	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta
Areia Fina	Módulo de finura	NBR7217	1,28	1,28	1,29	1,28	1,32
	Material pulverulento (%)	NBR7219	1,42	1,34	1,28	1,4	1,02
	Massa específica (g/cm ³)	NBR 7251	2,64	2,66	2,67	2,66	2,67
Areia Industrial	Módulo de finura	NBR7217	2,55	2,75	2,46	2,62	2,58
	Material pulverulento (%)	NBR7219	16,2	15,23	17,78	16,79	16,02
	Massa específica (g/cm ³)	NBR 7251	2,72	2,72	2,73	2,8	2,75
Pedrisco	Módulo de finura	NBR7217	5,52	5,56	5,5	5,19	5,13
	Material pulverulento (%)	NBR7219	0,18	0,12	0,11	0,29	0,6
	Massa específica (g/cm ³)	NBR 7251	2,70	2,73	2,75	2,75	2,77

8.2.4 Análise estatística para a Fábrica de Blumenau

Como existe diferença nas massas específicas dos agregados utilizados em cada um dos 5 dias de produção conforme verificado anteriormente, deve-se proceder a determinação da massa específica verde a ser atingida na produção através da equação 4 proposta por OLIVEIRA (2004), conforme citado no referencial teórico. Entretanto, para permitir comparações posteriores, optou-se primeiramente em realizar a mesma análise estatística realizada para a fábrica da Grande Florianópolis e depois realizar a determinação conforme OLIVEIRA (2004).

8.2.4.1 Resultados das PCP rompidas com 28 dias

Realizou-se o teste da ANOVA para os resultados de resistência à compressão obtidos para os 28 dias (ver Tabela 44 e Figura 73) com um nível de significância de 20%, sendo o resultado apresentado na Tabela 56. Essa análise mostrou que as resistências médias aos 28 dias não diferem significativamente.

Tabela 56 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão aos 28 dias.

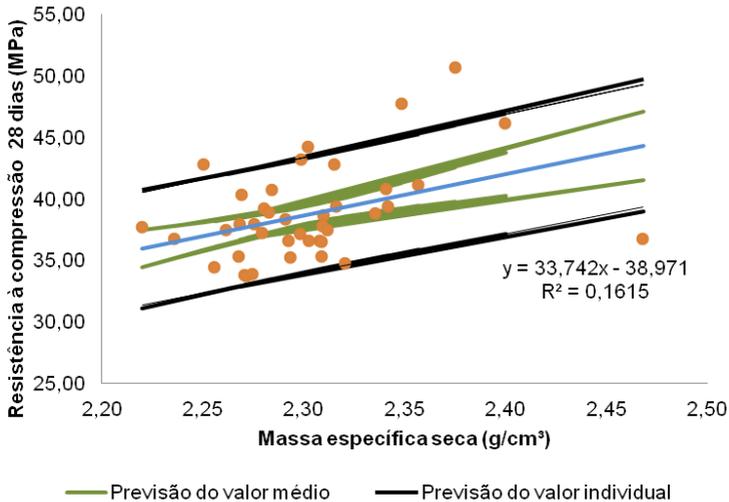
Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	$F_{0,20} (4,35)$
Entre grupos	79,50	4	19,87	1,45
Residual	478,12	35	13,66	1,58
Total	557,62	39		

Para a análise da regressão linear os resultados são apresentados na Tabela 57 e Figura 89.

Tabela 57 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 28 dias.

a	b	Sa-	Sb	Se	α (%)	n
-39,0	33,7	2,9	10,5	3,5	20	40

Figura 89 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica de Blumenau.



Conforme a curva para previsão de valores individuais da Figura 89, determinou-se que o valor de massa específica seca a se atingir na produção seria de 2,33 g/cm³. A partir da definição da massa específica seca deve-se proceder a determinação da massa específica verde mínima a ser atingida na produção utilizando a curva obtida no ensaio de perda de umidade, conforme Figura 79. Para uma massa específica seca de 2,33 g/cm³, deve-se fixar na produção uma massa específica verde de 2,35 g/cm³. Entretanto, como citado anteriormente, estes valores obtidos serão comparados com os resultados obtidos pela equação 4.

8.2.4.2 Resultados das PCP rompidas com 7 dias

Quanto aos dados das resistências à compressão dos 7 dias (ver Tabela 46 e Figura 72) obteve-se para a comparação múltipla de médias os resultados da Tabela 58. Através desta análise verificou-se que não existem diferenças significativas entre as médias das resistências aos 7 dias.

Tabela 58 - Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão aos 7a dias.

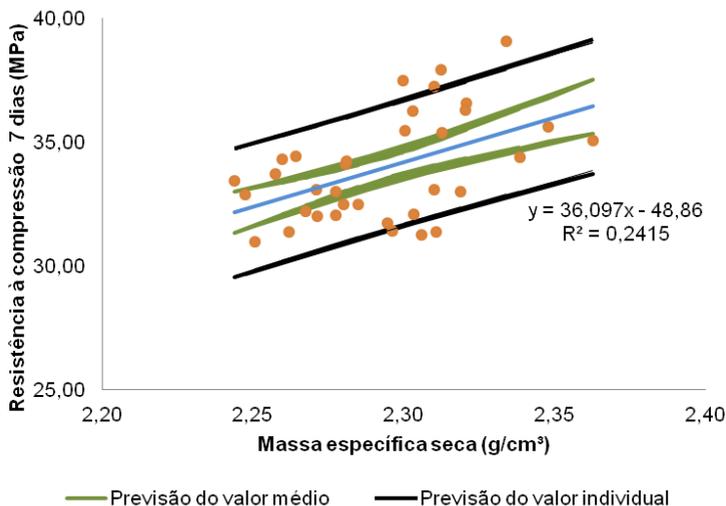
Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Médias quadradas	$F_{0,02}(4,30)$
Entre grupos	16,19	4	4,05	0,87
Residual	139,91	30	4,66	1,60
Total	156,10	34		

Para a análise da regressão linear os resultados são apresentados Tabela 59 e na Figura 90, sendo aceita a hipótese de normalidade dos resíduos.

Tabela 59 – Resultado obtido para o y esperado dos dados de resistência dos 7 dias.

a	b	Sa-	Sb	Se	α (%)	n
-48,9	36,1	1,3	7,6	1,9	20	35

Figura 90 - Resistência à compressão das PCP rompidas com 28 dias – previsão de valores médio e individual – Fábrica de Blumenau.



Com base no resultado da massa específica seca de 2,33 g/cm³ obtida na análise dos dados dos 28 dias, pode-se estimar aos 7 dias qual o valor mínimo de resistência à compressão a

ser atingido. Utilizando a curva de previsão de valores individuais inferior da Figura 90, obtém-se uma resistência mínima aos 7 dias de 32,70 MPa, ou seja as peças rompidas aos 7 dias devem apresentar 94 % da resistência à compressão aos 28 dias.

8.2.4.3 Determinação da massa específica seca com base nas equações propostas por OLIVEIRA (2004)

Como dito anteriormente, foi aplicada a equação 4 para a determinação das massas específicas verdes a serem atingidas para cada um dos dias de coletas das PCP, como justificado esta equação leva em consideração as diferenças de massas específicas existente entre os agregados.

$$M_{\text{moldagem}} - cp = volx \frac{(1 + m)}{\left[\frac{1}{dc} + \frac{m}{100} x \left(\frac{\%p}{dp} + \frac{\%agrossa}{dagrossa} + \frac{\%afina}{dafina} \right) \right]} x \frac{\%Vsol}{100} x \left(1 + \frac{H}{100} \right) \quad (4)$$

Foram adotados os seguintes parâmetros para aplicação da equação:

Traço: 1: 5,01 (traço usado na fábrica sendo - 1 : 2,01 : 1,37 : 1,62, Tabela 41);

- % de a fina = 40,18 %; % de areia industrial = 27,40 %; % de pedrisco = 32,42 %;
- As massas específicas dos agregados foram usadas as das Tabela 55, obtidas para cada um dos 5 dias de coletas;
- $dc = 3,02 \text{ g/cm}^3$ (CPV ARI – RS)
- % vol sol = 78,30%. Conforme citado no referencial teórico OLIVEIRA (2004) sugere que esta compactidade seja de 71 a 82%. Como não se sabia o valor a se adotar neste intervalo, foi utilizado o teor de sólidos médio obtido para a Fábrica da Grande Florianópolis de 78,30%.
- $H = 7\%$
- Vol = Para a determinação do volume médio das PCP produzidas na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a e 5^a coleta, primeiramente foi determinada a altura média (Hmédia) das PCP produzidas em cada um dos dias. Sendo posteriormente determinado o volume médio de cada um dos 5 dias com base na

correção do volume diário (peças com 6,18 cm apresentam um volume de 1182,0 cm³);

- M moldagem = massa verde a determinar;

Após definido os parâmetros iniciais e com base nos resultados das massas específicas dos agregados para cada um dos 5 dias (Tabela 53) aplicou-se a equação 4. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 60.

Como pode ser observado as massas específicas verdes diárias variaram de 2,29 a 2,32 g/cm³. Comparando com o valor de massa específica verde obtida pela curva de previsão para valores individuais todo o intervalo esta abaixo de 2,35 g/cm³. Conclui-se que, para o volume de sólidos de 78,30%, a curva de ajuste para valores individuais não deve ser aplicada para os casos que ocorrem variação da massa específica dos agregados, pois neste caso a fábrica teria maior custo de operação, visto que, terá que aumentar a compacidade das peças produzidas.

A partir dos valores da massa específica verde pode-se, para cada um dos dias, determinar qual a massa específica seca as peças devem atingir utilizando a equação obtida no ensaio de perda de umidade da Figura 79. Os resultados são apresentados na Tabela 61.

Os resultados mostram que o intervalo de massa específica seca variou de 2,27 a 2,30 g/cm³ para cada um dos diferentes dias das coletas. Já o valor para a massa específica seca, obtido através da previsão de valores individuais foi de 2,33 g/cm³, sendo este superior aos obtidos no cálculo diário.

Tabela 60 – Massa específica das PCP para cada um dos dias de produção.

	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta
Massa específica da areia fina (g/cm ³)	2,64	2,66	2,67	2,66	2,67
Massa específica da areia média (g/cm ³)	2,72	2,72	2,73	2,80	2,75
Massa específica pedrisco (g/cm ³)	2,7	2,73	2,75	2,75	2,77
Massa específica seca diária (g/cm ³)	2,29	2,29	2,33	2,31	2,29
Volume de sólidos adotado (%)	78,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Altura média das PCP rompidas com 28 dias (cm)	6,12	6,14	6,08	6,14	6,12
Volume corrigido (g/cm ³)	1170,52	1174,35	1162,87	1174,35	1170,52
M moldagem (g)	2679,2	2703,1	2687,7	2726,5	2715,3
Massa específica verde a fixar na produção (g/cm ³)	2,29	2,30	2,31	2,32	2,32

Tabela 61 - Massa específica seca das peças em cada um dos 5 dias de coletas.

Propriedade	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta
Massa específica seca (g/cm ³)	2,27	2,28	2,29	2,30	2,30

Com objetivo de verificar a validade do procedimento de determinação das massas específicas mínimas através da correção das massas específicas, foi recalculada as médias de resistência à compressão e valores característicos aos 28 dias, para cada um dos 5 dias das coletas das PCP. Com os resultados da Tabela 44 foi desconsiderado as peças com as massas específicas diárias menores que as da Tabela 61. Na 1ª coleta foi possível desconsiderar 2 peças com massa específica menor seca menor que $2,27 \text{ g/cm}^3$, na 2ª coleta foi possível desconsiderar 3 peças com massa específica seca menor que $2,28 \text{ g/cm}^3$, na 3ª coleta foi desconsiderada 2 peças com massa específica seca menor que $2,29 \text{ g/cm}^3$, na 4ª coleta foi possível desconsiderar 3 peças com massa específica menor que $2,30 \text{ g/cm}^3$ e na 5ª coleta foram desconsideradas 3 peças com massa específica seca menor que $2,30 \text{ g/cm}^3$.

Apresenta-se nas

Figura 91 e Figura 92 os resultados com e sem as peças com as massas específicas secas da Tabela 61.

Figura 91 – Resultados das Fp com e sem os valores de massa específica seca menor que as calculadas.

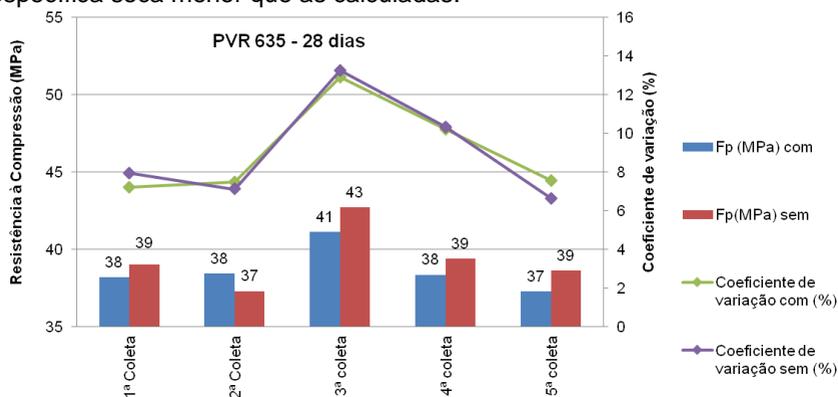
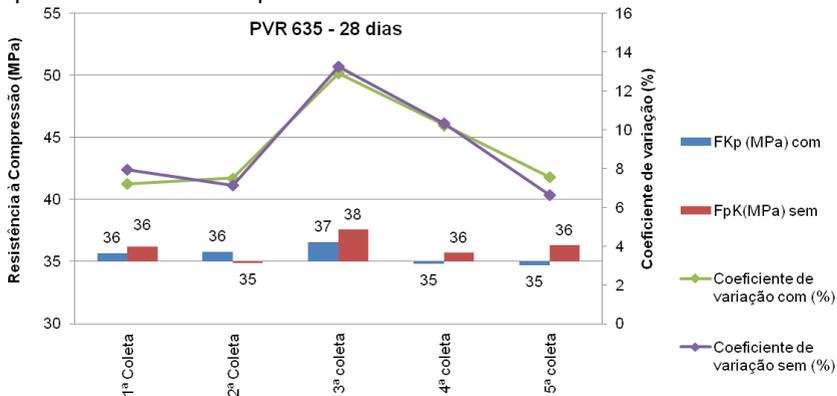


Figura 92 – Resultados das Fpk com e sem os valores de massa específica seca menor que as calculadas.



Com o procedimento empregado para a correção, obteve-se um aumento das resistências médias e características sem as peças com massas específicas menores que as constantes na Tabela 61, sendo entretanto observada uma diminuição das resistências para a coleta do 2º dia. Com a retirada das PCP foi observado um aumento do CV para a 1ª e 3ª coleta, sendo observada uma diminuição para a 2ª e 5ª coleta. Acredita-se que, em geral, este procedimento foi eficiente para a fábrica de Blumenau visto que ocorreu, na maioria dos casos, aumento das resistências médias e características.

8.2.4.4 Determinação do Volume real de Sólidos

O objetivo do presente item foi determinar o volume de sólidos real usado em cada um dos 5 dias de coletas das PCP para as peças rompidas com 28 dias na Fábrica de Blumenau. Para esta determinação utilizou-se da equação 4 e dos resultados de massa específica dos agregados e das alturas médias diárias das PCP rompidas aos 28 dias.

Traço : 1 : 5,01 (traço usado na fábrica sendo - 1 : 2,01 : 1,37 : 1,62, Tabela 41)

- % de a fina = 40,18 %; % de areia industrial = 27,40 %; % de pedrisco = 32,42 %;

- As massas específicas dos agregados foram usadas as da Tabela 55, obtidas para cada um dos 5 dias de coletas;
- $d_c = 3,02 \text{ g/cm}^3$ (CPV ARI – RS)
- % vol sol. = valor a determinar
- $H = 7\%$
- Vol = Para a determinação do volume médio das PCP produzidas na 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª coleta, primeiramente foi determinada a altura média ($H_{\text{média}}$) das PCP produzidas em cada um dos dias, sendo posteriormente determinado o volume médio de cada um dos 5 dias com base na correção do volume diário (peças com 6,18 cm apresentam um volume de $1182,0 \text{ cm}^3$);
- M moldagem = massa verde obtida durante a moldagem das PCP. Para estimar este valor foi usado a média da massa específica seca obtidas em cada um dos 5 dias. Com esta massa específica seca foi utilizado a equação da Figura 79 sendo determinada a massa específica verde. Com o volume médio para cada um dos dias obtidos anteriormente e a massa específica verde diária, foi possível obter a massa verde para cada um dos 5 dias.
- massa verde para cada um dos 5 dias.

Após definidos todos os parâmetros citados anteriormente, foi aplicada a equação 4. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 62. Como pode ser observado foi determinado o volume de sólidos para cada um dos 5 dias das coletas das PCP para rompimento. Os valores obtidos variaram de 78,08% a 79,71%, sendo obtida uma média de 78,86%. Como pode ser observado o volume de sólidos usado na fábrica de Blumenau é superior ao da fábrica da Grande Florianópolis.

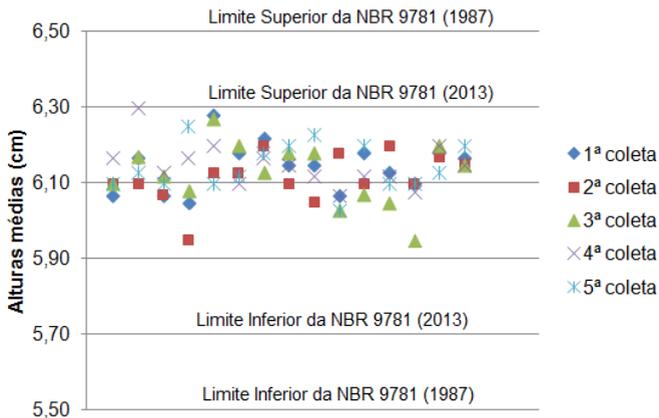
Tabela 62 - Volume de sólidos obtidos para a Fábrica de Blumenau.

	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta
Massa específica da areia fina (g/cm ³)	2,64	2,66	2,67	2,66	2,67
Massa específica da areia média (g/cm ³)	2,72	2,72	2,73	2,8	2,75
Massa específica pedrisco (g/cm ³)	2,7	2,73	2,75	2,75	2,77
Massa específica seca diária (g/cm ³)	2,29	2,29	2,33	2,31	2,29
Massa específica verde diária (g/cm ³)	2,31	2,31	2,35	2,33	2,31
Altura média das PCP rompidas com 28 dias (cm)	6,12	6,14	6,08	6,14	6,12
Volume corrigido (g/cm ³)	1170,52	1174,35	1162,87	1174,35	1170,52
Massa verde da moldagem (g)	2707,82	2716,67	2736,23	2739,95	2707,82
Volume de sólidos (%)	79,14	78,69	79,71	78,69	78,08
Volume de Sólidos médio (%)	78,86				

8.2.4.5 Avaliação das alturas das PCP

Com objetivo de verificar se as PCP produzidas na fábrica de Blumenau estão dentro dos limites de altura propostos pela NBR 9781 (1987), apresentam-se graficamente os valores das alturas médias das Tabelas 43 e 44. Na Figura 93 apresentam-se as alturas obtidas.

Figura 93- Altura média das PCP rompidas com 7 e 28 dias para os 5 dias de coletas.



Conforme podem ser observadas todas as PCP estavam com altura dentro do limite normatizado pela NBR 9781 (1987) que é de 60 ± 5 mm. Se comparado a alteração da NBR 9781 (2013) todas as PCP estão próximas ao limite superior normatizado de 60 ± 3 mm.

8.2.4.6 Determinação do consumo real de cimento

Com base nos resultados de massa específica de cada um dos agregados (Tabela 55) e no traço alterado (Tabela 41), foi determinado o consumo de cimento para a fábrica de Blumenau, foram aplicadas as equações 7 e 8.

A relação água/cimento obtida foi de 0,42. O consumo de cimento em cada um dos 5 dias é apresentado na Tabela 63. Sendo obtido um consumo médio de cimento de $361,50 \text{ m}^3$.

Tabela 63 – Consumo de cimento Fábrica de Blumenau

	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta
Massa específica da areia fina (g/cm ³)	2,64	2,66	2,67	2,66	2,67
Massa específica industrial (g/cm ³)	2,72	2,72	2,73	2,80	2,75
Massa específica pedrisco (g/cm ³)	2,7	2,73	2,75	2,75	2,77
Consumo de cimento	359,56	359,56	365,72	362,64	360,17
Consumo de cimento médio	361,50				

Em relação ao consumo de cimento nota-se que o resultado obtido para a fábrica de Blumenau foi superior ao obtido para a fábrica da Grande Florianópolis sendo respectivamente 354,30 Kg/m³ e 361,50 Kg/m³, para uma mesma relação água cimento (0,42). No entanto, a fábrica de Blumenau apresentou um Fpk médio aos 28 dias de 35,08 MPa enquanto a inferior a fábrica da Grande Florianópolis 40,40 MPa.

8.2.5 Considerações para a Fábrica de Blumenau

Com base nos 3 módulos aplicados conclui-se para a fábrica de Blumenau que os CV da resistência à compressão estão dentro dos limites aceitáveis. Assim sendo, acredita-se que a diminuição da quantidade de cimento em 10% praticado no módulo 1 tenha provocado a baixa de resistência à compressão, ficando as Fpk aos 28 dias próximas a 35 MPa. Deve-se então aumentar o consumo de cimento.

O módulo 4 deve ser aplicado, entretanto deve-se monitorar diariamente as massas específica de todos os agregados e alterar diariamente a massa específica verde a ser atingida na produção. Recomenda-se que os ensaios de resistências das peças sejam feitos conforme a NBR 9780 (1987)

e NBR 9781 (1980). Recomenda-se o monitoramento da umidade dos concretos produzidos, visto que somente a correção do peso a ser atingido na produção não foi suficiente.

9 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste tópico serão apresentadas algumas considerações com base nas explicações realizadas ao longo do trabalho. Conforme mencionado, este trabalho teve por objetivo a proposição de uma metodologia de controle de qualidade para fábricas de PCP com posterior aplicação nas duas fábricas estudadas. Os resultados apresentados mostraram que:

- O objetivo de propor o programa de controle foi atingido. Por meio da realização de um diagnóstico inicial e pesquisa bibliográfica foi possível estabelecer este programa. Este foi composto de 4 módulos, sendo aplicado 3 módulos em cada uma das fábricas estudadas.
- Os resultados obtidos mostraram que, para fábricas em que não ocorre variação da densidade dos agregados é mais clara a tendência do aumento de resistência à compressão com o aumento da massa específica seca, quando comparado a fábricas em que ocorre variação da massa específica dos agregados.
- Estimou-se que as PCP produzidas com 7 dias devem apresentar Fpk de 83% e 94% do valor do Fpk aos 28 dias. No entanto, esta estimativa é válida para os lotes ensaiados, visto que, este valor depende da coleta aleatória das PCP, do tipo de cimento e cura empregados.
- Chapas com menor número de PCP (fábrica da Grande Florianópolis) apresentaram maior CV da massa das peças quando comparadas a chapas com maior número de PCP (fábrica de Blumenau). No entanto esperava-se que chapas com maior número de peças apresenta-se maior CV, visto que além do maior número de peças estas ainda tinham orientação distinta o que contribuiria para uma preenchimento menos uniforme.
- A maior perda de água das PCP do estado verde para o estado seco ocorre do 1º ao 2º dia. Neste estudo, observou-se uma diminuição de massa específica de aproximadamente $0,03 \text{ kg/cm}^3$ do estado verde para o estado seco.
- O estudo mostrou que existem fábricas com problemas de distribuição de peso das peças de chapas consecutivas, sendo a distribuição de peso de uma chapa totalmente contrária a distribuição de peso da outra.

- Todos os lotes de cimentos testados para as duas fábricas apresentaram resistência à compressão superior ao limite normatizado. No entanto, as fábricas devem realizar o monitoramento da variabilidade das partidas de cimento. Como o traço é condicionado à resistência do cimento e, em casos em que as partidas venham com resistência menor, as PCP não atingirão o F_{pk} aos 28 dias mesmo atendendo aos limites mínimos da norma.
- O procedimento de previsão da massa específica seca que garante PCP com F_{pk} normatizado aos 28 dias mostrou-se eficaz para fábricas onde não ocorre variação de massa específica dos agregados (fábrica da Grande Florianópolis). Com base nesta massa específica, pode-se prever a massa específica verde a ser atingida na produção. Para os casos em que ocorrem variação da massa específica dos agregados é necessário a determinação do volume de sólidos das peças produzidas para então definição das massas de moldagem através da equação 4.
- A partir das curvas de F_{pk} aos 28 dias obteve-se, para a fábrica da Grande Florianópolis, um intervalo de massa específica seca de 2,15 a 2,40 g/cm³ para resistências individuais de 31 a 58 MPa. Já para a fábrica de Blumenau obteve-se num intervalo de massa específica de 2,22 a 2,38 g/cm³ peças com resistência de 33,90 a 50,60 MPa. Se forem comparadas as faixas de volume de sólidos, obter-se-ia 78,03% a 78,65% para a fábrica de Florianópolis e 78,08 % a 79,71% para a fábrica de Blumenau. Os resultados mostraram que mesmo obtendo valores superiores de volume de sólidos, denotando uma maior capacidade de prensagem do equipamento, a fábrica de Blumenau apresentou resistências inferiores para um maior consumo de cimento. Esse fato indica que o controle do traço e teor de sólidos não é suficiente para garantir a resistência das peças produzidas. Assim, acredita-se que a umidade do concreto no momento da prensagem pode ser um fator também determinante para a obtenção de uma dada resistência à compressão e também precisa ser controlado.

- Para a fábrica da Grande Florianópolis, mesmo utilizando no 1º dia da coleta um cimento com menor resistência à compressão, foi detectado neste dia que as peças produzidas apresentaram uma maior resistência à compressão aos 28 dias. Acredita-se assim que estas peças foram produzidas com uma melhor umidade contribuindo assim para o aumento de resistência à compressão.
- Para fábrica onde ocorre variação na massa específica dos agregados a previsão através da curva de valores individuais inferior não se mostrou satisfatória, visto que, comparando com os valores obtidos através da equação que leva em consideração as massas específicas dos agregados obteve-se massas específicas superiores.
- Para a fábrica de Blumenau obteve-se resistências médias aos 28 dias de 38,18 a 41,43 MPa para um volume de sólidos médio de 78,86 %, e para a fábrica da Grande Florianópolis obteve-se maiores resistências à compressão, variando de 41,68 a 50,09 MPa para um volume de sólidos médio de 78,30%. Acredita-se que outros fatores como a natureza mineralógica dos agregados e a umidade do concreto devam interferir na resistência à compressão.

Como sugestão para trabalhos futuros que venham complementar esta pesquisa propõe-se:

- Avaliar a influência de PCP produzidas com agregados de diferentes densidades para diferentes relações água/cimento;
- Estudo da aplicação do fluxograma de produção diária proposto no módulo 4;
- Determinação dos desvios aceitáveis das massas específicas verdes das peças durante o processo produtivo;

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, ABCP.

Check-list de Auditoria. 2013. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download.php?selected=ABCP%20-%20Selo%20da%20Qualidade#selAnch>>. Acesso em 15 jun. 2013.

_____. **Selo da qualidade ABCP / Blocos de concreto.** 2012 Disponível em <<http://www.abcp.org.br/conteudo/selos-de-qualidade/blocos/selos-de-qualidade-blocos-de-concreto>>. Acesso em 15 jun. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768:** Aditivos para o concreto de cimento Portland – Especificações. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 9780:** Peças de Concreto para Pavimentação – Determinação da Resistência à Compressão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 9781:** Peças de Concreto para Pavimentação – Especificações – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 9781:** Peças de concreto para pavimentação especificação e método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15900-1:** Água de amassamento para o concreto. Parte 1 – Requisitos Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 5733:** Cimento Portland de Alta Resistência inicial – EB 2. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 7215:** Determinação da resistência à compressão – Cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

BATTAGIN, A.F. Cimento Portland. In: ISAIA, G. C. **Concreto:** Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo. ed. São Paulo: v. 1., 2011. p. 185-232.

CRUZ, L.O.M. **Pavimento intertravado de concreto estudos dos elementos e métodos de dimensionamento.** Tese (Mestrado em ciência em engenharia civil) – Programa de pós graduação em Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

DEWAR, J.D. & ANDERSON, R. Manual of ready mixed concrete. 2ª ed. Glasgow, 2004, 247 p.

DOWSON, A.J. **The iron oxide pigment in concrete effect – Will it Last?** Third International Workshop on Concret Block Paving, Cartagena de Indias, Colombia, May 1998.

DOWSON, A.J. **A Manufacturer's perspective of variation within the production process of concrete paving blocks.** Third International Workshop on Concret Block Paving, Cartagena de India, Colombia, May 10-13, 1998.

FERNANDES, I.D. **Blocos e Pavers – Produção e Controle de qualidade.** Jaraguá do Sul , Santa Catarina. 2ª ed. 2011. 179 p.

FIOROTI, C.F. (2007) **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo.** Tese (Doutorado). – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

FRASSON JUNIOR, A. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2000.

HARTMANN, C., JEKNAVORIAN, A., SILVA, D., BENINI, H. Aditivos químicos para concretos e cimentos. **Concreto: ciência e tecnologia.** G.C. Isaia. 1.ed. São Paulo, IBRACON, 2011.1v. p 347 - 378

HELENE, P.R.L., TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto.**São Paulo: PINI, 1993, 349 p.

ISAIA, G. C. A Qualidade da Água no Concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia.** 1 ed. São Paulo. ed. São Paulo: v. 2 Vol., 2011. p. 311-346.

MARCHAND, J., HORNAIN, DIOMOND, S., PIGEON, M., GUIRAUD, H. The microstructure of dry concrete products. Cement and concrete research, vol. 26, p 437 – 438, 1996.

MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1993.

METHA, P.K; MONTEIRO, P.J.M. – **Concreto: Estruturas, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994.

MEYER, A. **Material and specifications in West Germany.** Precast Concrete. London, p 175 a 177. April, 1981.

NEVILLE, A.M. Propriedades do Concreto. Tradução: Salvador E. Giamusso. São Paulo: Pini , 1997.

OLIVEIRA, A.L. **Contribuição para a dosagem e produção de peças de concreto para pavimentação.** 2004. Tese (Doutorado em

Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2004.

PAESE, C. **Estudo de uma metodologia de estabilização de processos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

PAGE, G.K. **Interlocking concrete paver production on small pallet concret blocks machine**. Third International Workshop on Concret Block Paving, Cartagena de Indias, Colombia, May 1998.

PAGNUSSAT, D.T. **Utilização de escória granulada de fundição (EGF) em blocos de concreto para pavimentação**. 2004. Dissertação (Mestrado acadêmico) – Programa de Pós graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

PIROLA, F.C. **Contribuição para o estudo de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação de 50 MPa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2011.

REGULAMENTO : **Selo de qualidade ABCP, programa de qualidade para produtos à base de cimento**. Abril de 2012. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/download.php>>. Acesso em fevereiro de 2012:

RODRIGUES, P. P. F. **Fabricação de blocos pré moldados de concreto para pavimentação prática recomendada**. São Paulo, 2ª ed. ABCP Boletim técnico 103, 1995, 15 p.

TANGO, C.E. S. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estrutural**. 5th International Seminar on Structural Mansory for Developing Countries, Florianópolis, Brazil, Aug.

WERKEMA, M.C.C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte, 5ª edição, 1995, 108 p.

ANEXOS

ANEXO 1 - TABELAS USADAS PARA O LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS PCP DA FÁBRICA DA GRANDE FLORIANÓPOLIS – TRAÇO 1.

Tabela 64- PCP coletadas dia 05/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias- Fábrica da Grande Florianópolis – traço 1 (continua).

Peças coletadas no mês de julho de 2012 – traço1						
Data produção	05/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	12/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2738	2610	2632	2682	2640	2678
Comprimento (cm)	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,9	5,7	5,7	5,7	5,7
Volume das peças (cm ³)	1210,4	1252,8	1210,4	1210,4	1210,4	1210,4
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,26	2,08	2,17	2,22	2,18	2,21
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	254,1	205,4	230,1	235,7	212,1	231,2
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	40,60	32,81	36,76	37,66	33,90	36,95
Fp (MPa)	36,45					
Desvio padrão (MPa)	2,79			CV (%)	7,64	
Fpk (MPa)	33,89					

Tabela 64 (continuação) - PCP coletadas dia 05/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias- Fábrica da Grande Florianópolis – traço 1PCP coletadas dia 05/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias- Fábrica da Grande Florianópolis – traço 1.

Peças coletadas no mês de julho de 2012 – traço1						
Data produção	05/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	02/08/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2742	2708	2814	2652	2708	2764
Comprimento (cm)	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,8	5,9	5,7	5,9	5,9
Volume das peças (cm ³)	1210,4	1231,6	1252,8	1210,4	1252,8	1252,8
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,27	2,20	2,25	2,19	2,16	2,21
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	266,1	278,7	292,8	261,7	224,5	247,7
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	42,52	44,54	46,79	41,82	35,87	39,58
Fp (MPa)	41,85					
Desvio padrão (MPa)	3,82			CV (%)	9,12	
Fpk (MPa)	38,34					

Tabela 65 - PCP coletadas dia 06/07/12 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de julho de 2012 – traço 1						
Data produção	06/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	13/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2738	2610	2632	2682	2640	2678
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	6
Volume das peças (cm ³)	1210,4	1231,6	1231,6	1231,6	1252,8	1274,1
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,26	2,12	2,14	2,18	2,11	2,10
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	207,9	244,9	255,5	214,9	196,1	197,8
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	33,22	39,13	40,83	34,34	31,34	31,61
Fp (MPa)				35,08		
Desvio padrão (MPa)	3,99		CV (%)		11,37	
Fpk (MPa)				31,41		
Data produção	06/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	03/08/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2592	2618	2736	2664	2592	2750
Comprimento (cm)	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	6,0
Volume das peças (cm ³)	1210,4	1231,6	1231,6	1231,6	1252,8	1274,1
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,14	2,13	2,22	2,16	2,07	2,16
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	222,9	212,22	269,39	209,18	164,16	206,43
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	35,62	33,91	43,05	33,43	26,23	32,99
Fp (MPa)				34,20		
Desvio padrão (MPa)	5,40		CV (%)		15,79	
Fpk (MPa)				29,23		

Tabela 66 - PCP coletadas dia 07/07/12 e 08/07/12 e rompidas apenas aos 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de julho de 2012 – traço 1						
Data produção	07/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	14/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2808	2734	2764	2774	2784	2738
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,8	5,9	6	5,9	6
Volume das peças (cm ³)	1252,8	1231,6	1252,8	1274,1	1252,8	1274,1
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,24	2,22	2,21	2,18	2,22	2,15
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	272,8	238,5	230,6	227,8	241,7	201,1
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	43,59	38,11	36,85	36,40	38,62	32,14
Fp (MPa)			37,62			
Desvio padrão (MPa)	3,72		CV (%)		9,88	
Fpk (MPa)			34,20			
Data produção	08/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	15/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2756	2862	2762	2668	2790	2738
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	6	6	6	6	6	6
Volume das peças (cm ³)	1274,1	1274,1	1274,1	1274,1	1274,1	1274,1
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,16	2,25	2,17	2,09	2,19	2,15
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	208,9	242	204,3	171	234,8	224
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	33,38	38,67	32,65	27,33	37,52	35,79
Fp (MPa)			34,22			
Desvio padrão (MPa)	4,10		CV (%)		11,97	
Fpk (MPa)			30,45			

Tabela 67 - PCP coletadas dia 09/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de julho de 2012 – traço 1						
Data produção	09/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	16/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2738	2610	2632	2682	2640	2678
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7
Volume das peças (cm ³)	1231,6	1252,8	1231,6	1231,6	1231,6	1210,4
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,22	2,08	2,14	2,18	2,14	2,21
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	238,5	267,8	238,8	237,9	233,1	199,7
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	38,11	42,79	38,16	38,02	37,25	31,91
Fp (MPa)				37,71		
Desvio padrão (MPa)	3,47			CV (%)	9,20	
Fpk (MPa)				34,52		
Data produção	09/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	06/08/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2790	2890	2754	2748	2834	2690
Comprimento (cm)	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7
Volume das peças (cm ³)	1231,6	1252,8	1231,6	1231,6	1231,6	1210,4
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,27	2,31	2,24	2,23	2,30	2,22
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	224,67	303,22	249,19	247,91	220,75	251,25
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	35,90	48,45	39,82	39,62	35,28	40,15
Fp (MPa)				39,87		
Desvio padrão (MPa)	4,71			CV (%)	11,80	
Fpk (MPa)				35,54		

Tabela 68 - PCP coletadas dia 10/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de julho de 2012 – traço 1						
Data produção	10/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	17/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2842	2762	2760	2670	2728	2740
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume das peças (cm ³)	1231,6	1252,8	1231,6	1231,6	1231,6	1231,6
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,31	2,20	2,24	2,17	2,22	2,22
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	232,9	313,6	288,6	278,1	272	338,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	37,22	50,11	46,12	44,44	43,47	54,16
Fp (MPa)			45,92			
Desvio padrão (MPa)	5,82		CV (%)		12,68	
Fpk (MPa)			40,56			
Data produção	10/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	07/08/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2746	2770	2774	2814	2714	2828
Comprimento (cm)	2,08	2,08	2,08	2,14	2,08	2,08
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7
Volume das peças (cm ³)	1231,6	1252,8	1231,6	1231,6	1231,6	1210,4
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,23	2,21	2,25	2,28	2,20	2,34
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	316,2	273	288,4	342,3	293,7	352,4
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	50,53	43,62	46,09	54,70	46,93	56,31
Fp (MPa)			49,70			
Desvio padrão (MPa)	5,04		CV (%)		10,14	
Fpk (MPa)			45,06			

Tabela 69 - PCP coletadas dia 11/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

Peças coletadas no mês de julho de 2012 - traço 1						
Data produção	11/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	18/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2842	2762	2760	2670	2728	2740
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8
Volume das peças (cm ³)	1252,8	1252,8	1252,8	1231,6	1231,6	1231,6
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,27	2,20	2,20	2,17	2,22	2,22
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	297,2	273,2	232,9	230,8	294,1	231,7
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	47,49	43,66	37,22	36,88	47,00	37,03
Fp (MPa)			41,54			
Desvio padrão (MPa)	5,11		CV (%)		12,30	
Fpk (MPa)			36,85			
Data produção	11/07/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	08/08/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2740	2694	2864	2654	2724	2774
Comprimento (cm)	2,08	2,08	2,08	2,14	2,08	2,08
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,8	6,1	5,8	5,8	5,8
Volume das peças (cm ³)	1231,6	1231,6	1295,3	1231,6	1231,6	1231,6
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,22	2,19	2,21	2,15	2,21	2,25
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	290,7	278,3	278,4	234,3	237,3	297
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	46,45	44,47	44,49	37,44	37,92	47,46
Fp (MPa)			43,04			
Desvio padrão (MPa)	4,31		CV (%)		10,02	
Fpk (MPa)			39,07			

Tabela 70 - PCP coletadas dia 24/08/2012 e rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de agosto de 2012 - traço 1						
Data produção	24/08/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	03/09/2012		Idade		7 dias	
Amostra n°	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2548	2688	2710	2594	2732	2632
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,8	5,7	5,8	5,8	5,9
Volume das peças (cm ³)	1252,8	1231,6	1210,4	1231,6	1231,6	1252,8
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,03	2,18	2,24	2,11	2,22	2,10
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	170,3	250	265	194,5	246,8	186,8
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	27,21	39,95	42,35	31,08	39,44	29,85
Fp (MPa)	34,98					
Desvio padrão (MPa)	6,34			CV (%)	18,11	
Fpk (MPa)	29,15					

Tabela 71 - PCP coletada dia 10/10/2012 e rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012 - Traço 1						
Data produção	10/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	17/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra n°	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2690	2722	2732	2776	2744	2784
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,6
Volume das peças (cm ³)	1210,36	1210,36	1210,36	1210,36	1231,59	1189,12
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,22	2,25	2,26	2,29	2,23	2,34
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	218,7	244,1	242,3	256,6	218,2	266,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	34,95	39,01	38,72	41,00	34,87	42,65
Fp (MPa)	38,53					
Desvio padrão (MPa)	3,15			CV (%)	8,17	
Fpk (MPa)	35,63					

Tabela 72 - PCP coletadas dia 27/08/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de agosto de 2012 – traço 1						
Data produção	27/08/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	03/09/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2784	2726	2630	2736	2972	2698
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,9	5,9	5,9	6,1	5,8
Volume das peças (cm ³)	1252,8	1252,8	1252,8	1252,8	1295,3	1231,6
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,22	2,18	2,10	2,18	2,29	2,19
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	269,98	198,78	189,46	234,28	208,49	239,18
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	43,14	31,76	30,28	37,44	33,32	38,22
Fp (MPa)				35,69		
Desvio padrão (MPa)	4,80		CV (%)		13,46	
Fpk (MPa)				31,27		
Data produção	27/08/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	24/09/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2662	2762	2792	2722	2656	2714
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	6,1	5,9	5,8	5,9	5,7
Volume das peças (cm ³)	1231,6	1295,3	1252,8	1231,6	1252,8	1210,4
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,16	2,13	2,23	2,21	2,12	2,24
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	230,7	237,2	252,1	261,6	213,3	237,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	36,87	37,90	40,29	41,80	34,08	37,97
Fp (MPa)				38,15		
Desvio padrão (MPa)	2,69		CV (%)		7,05	
Fpk (MPa)				35,68		

Tabela 73 - PCP coletadas dia 10/09/2012 e 12/09/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças rompidas no mês de setembro de 2012 - Traço 1						
Data produção	10/09/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	17/09/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2790	2818	2754	2780	2888	2906
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,9	5,9	5,8	6,0	6,0
Volume das peças (cm ³)	1252,83	1252,83	1252,83	1231,59	1274,06	1274,06
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,23	2,25	2,20	2,26	2,27	2,28
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	228,3	261	198,1	237,3	254,6	245
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	36,48	41,71	31,66	37,92	40,68	39,15
Fp (MPa)				37,93		
Desvio padrão (MPa)	3,60			CV (%)	9,49	
Fpk (MPa)				34,62		
Data produção	12/09/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	19/09/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2780	2840	2844	2788	2790	2932
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	6	5,9	5,9	5,9	6,0
Volume das peças (cm ³)	1252,83	1274,06	1252,83	1252,83	1252,83	1274,06
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,22	2,23	2,27	2,23	2,23	2,30
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	243	269,5	281,2	268,7	274,2	313,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	38,83	43,07	44,94	42,94	43,82	50,11
Fp (MPa)				43,95		
Desvio padrão (MPa)	3,66			CV (%)	8,33	
Fpk (MPa)				40,58		

Tabela 74 - PCP coletadas dia 13/08/2012 e 14/09/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de setembro de 2012 - Traço 1						
Data produção	13/09/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	20/09/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2772	2822	2802	2790	2810	2804
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,8	6	6	5,9	5,8
Volume das peças (cm ³)	1231,59	1231,59	1274,06	1274,06	1252,83	1231,59
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,25	2,29	2,20	2,19	2,24	2,28
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	269,19	261,54	228,79	193,19	263,6	302,93
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	43,02	41,79	36,56	30,87	42,12	48,41
Fp (MPa)				40,46		
Desvio padrão (MPa)	6,02		CV (%)		14,89	
Fpk (MPa)				34,92		
Data produção	14/09/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	21/09/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2828	2828	2880	2644	2832	2830
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	6,0	5,9	6,0	5,9	6,0	5,9
Volume das peças (cm ³)	1274,06	1252,83	1274,06	1252,83	1274,06	1252,83
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,22	2,26	2,26	2,11	2,22	2,26
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	262,4	254,4	301,6	206,9	261,6	257,8
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	41,93	40,65	48,20	33,06	41,80	41,20
Fp (MPa)				41,14		
Desvio padrão (MPa)	4,82		CV (%)		11,72	
Fpk (MPa)				36,70		

Tabela 75 - PCP coletadas dia 08/10/2012 a 09/10/2012 e rompidas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012 - Traço 1						
Data produção	08/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	15/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra n°	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2738	2702	2690	2706	2680	2778
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,7	5,8	5,9	5,8	5,7
Volume das peças (cm³)	1210,36	1210,36	1231,59	1252,83	1231,59	1210,36
Massa esp. seca (g/cm³)	2,26	2,23	2,18	2,16	2,18	2,30
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	299,9	244,6	192	215,3	197,9	301,1
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	47,92	39,09	30,68	34,40	31,62	48,12
Fp (MPa)				38,64		
Desvio padrão (MPa)	7,83			CV (%)	20,27	
Fpk (MPa)				31,43		
Data do rompimento	16/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra n°	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2724	2676	2676	2676	2724	2724
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7
Volume das peças (cm³)	1210,36	1189,12	1189,12	1189,12	1210,36	1210,36
Massa esp. seca (g/cm³)	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	322,9	302,9	281	298,7	285,3	240,3
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	51,60	48,40	44,90	47,73	45,59	38,40
Fp (MPa)				46,10		
Desvio padrão (MPa)	4,45			CV (%)	9,66	
Fpk (MPa)				42,01		

Tabela 76 - PCP coletadas dia 15/10/2012 e rompidas apenas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012 - Traço 1						
Data produção	15/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	22/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2840	2890	2846	2708	2676	2826
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,9	5,8	5,9	5,6	5,9
Volume das peças (cm³)	1231,59	1252,83	1231,59	1252,83	1189,12	1252,83
Massa esp. seca (g/cm³)	2,31	2,31	2,31	2,16	2,25	2,26
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	242,2	276,1	264,5	212,4	265,4	258,8
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	38,70	44,12	42,27	33,94	42,41	41,36
Fp (MPa)				40,47		
Desvio padrão (MPa)	3,66			CV (%)	9,04	
Fpk (MPa)				37,10		
Data produção	15/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	12/11/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2842	2776	2692	2910	2762	2760
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,8	5,8	5,9	5,6	5,6
Volume das peças (cm³)	1252,83	1231,59	1231,59	1252,83	1189,12	1189,12
Massa esp. seca (g/cm³)	2,27	2,25	2,19	2,32	2,32	2,32
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	246	241,8	262,2	246,4	246,3	278,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	39,31	38,64	41,90	39,37	39,36	44,57
Fp (MPa)				40,52		
Desvio padrão (MPa)	2,28			CV (%)	5,62	
Fpk (MPa)				38,43		

Tabela 77 - PCP coletadas dia 16/10/2012 e rompidas apenas com 7 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012 - Traço 1						
Data produção	16/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	23/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2818	2918	2896	2870	2748	2956
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	6,0	5,8	5,8	5,6	6,9
Volume das peças (cm ³)	1252,83	1274,06	1231,59	1231,59	1189,12	1465,17
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,25	2,29	2,35	2,33	2,31	2,02
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	334	304,3	315,3	286,4	288,5	285,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	53,37	48,63	50,38	45,77	46,10	45,69
Fp (MPa)			48,32			
Desvio padrão (MPa)	3,11		CV (%)		6,43	
Fpk (MPa)			45,46			
Data produção	16/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	13/11/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2924	2978	2858	2754	2854	2846
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	6	6	5,8	5,7	5,9	5,8
Volume das peças (cm ³)	1274,06	1274,06	1231,59	1210,36	1252,83	1231,59
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,30	2,34	2,32	2,28	2,28	2,31
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	354,5	371,4	289,6	322,4	335,1	322
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	56,65	59,35	46,28	51,52	53,55	51,46
Fp (MPa)			53,13			
Desvio padrão (MPa)	4,55		CV (%)		8,57	
Fpk (MPa)			48,95			

Tabela 78- PCP coletadas dia 17/10/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012 - Traço 1							
Data produção	17/10/2012		Tipo de PCP		PH0635		
Data do rompimento	24/10/2012		Idade		7 dias		
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI	
Peso (gr)	2816	2828	2918	2968	2730	2912	
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Altura (cm)	5,8	5,8	5,9	5,9	5,8	5,9	
Volume das peças (cm³)	1231,59	1231,59	1252,83	1252,83	1231,59	1252,83	
Massa esp.seca (g/cm³)	2,29	2,30	2,33	2,37	2,22	2,32	
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	
Carga de ruptura (KN)	288,9	311,9	278,1	303,7	277,4	326,8	
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
Resistência à compressão (MPa)	46,17	49,84	44,44	48,53	44,33	52,22	
Fp (MPa)	47,59						
Desvio padrão (MPa)	3,16		CV (%)		6,65		
Fpk (MPa)	44,68						
Data produção	16/10/2012		Tipo de PCP		PH0635		
Data do rompimento	13/11/2012		Idade		28 dias		
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI	
Peso (gr)	2924	2978	2858	2754	2854	2846	
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Altura (cm)	6	6	5,8	5,7	5,9	5,8	
Volume das peças (cm³)	1274,06	1274,06	1231,59	1210,36	1252,83	1231,59	
Massa esp. seca (g/cm³)	2,30	2,34	2,32	2,28	2,28	2,31	
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	
Carga de ruptura (KN)	354,5	371,4	289,6	322,4	335,1	322	
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
Resistência à compressão (MPa)	56,65	59,35	46,28	51,52	53,55	51,46	
Fp (MPa)	53,13						
Desvio padrão (MPa)	4,55		CV (%)		8,57		
Fpk (MPa)	48,95						

Tabela 79 - PCP coletadas dia 18/10/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012.						
Data produção	18/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	25/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2896	2808	2804	2762	2982	2920
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,9	5,8	5,9	6,0	5,9
Volume das peças (cm³)	1252,83	1252,83	1231,59	1252,83	1274,06	1252,83
Massa esp.seca (g/cm³)	2,31	2,24	2,28	2,20	2,34	2,33
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	321,8	278,3	332,4	252,6	326,9	303,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	51,42	44,47	53,12	40,37	52,24	48,56
Fp (MPa)				48,36		
Desvio padrão (MPa)	5,02			CV (%)	10,39	
Fpk (MPa)				43,74		
Data produção	18/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	15/11/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2834	2744	2930	2800	2724	2916
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,8	6	5,9	5,8	6,0
Volume das peças (cm³)	1231,59	1231,59	1274,06	1252,83	1231,59	1274,06
Massa esp.seca (g/cm³)	2,30	2,23	2,30	2,23	2,21	2,29
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	339,6	283,7	367,6	321,4	252,2	361
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	54,27	45,33	58,74	51,36	40,30	57,69
Fp (MPa)				51,28		
Desvio padrão (MPa)	7,23			CV (%)	14,10	
Fpk (MPa)				44,63		

Tabela 80 - PCP coletadas dia 19/10/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012 - Traço 1						
Data produção	19/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	26/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2878	2794	2844	2810	2696	2810
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0
Volume das peças (cm ³)	1231,59	1252,83	1252,83	1252,83	1252,83	1274,06
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,34	2,23	2,27	2,24	2,15	2,21
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	317,5	246,4	303	295,5	216,9	258,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	50,74	39,37	48,42	47,22	34,66	41,32
Fp (MPa)	43,62					
Desvio padrão (MPa)	6,17		CV (%)		14,14	
Fpk (MPa)	37,95					
Data produção	19/10/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	16/11/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2674	2866	2754	2752	2798	2844
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,8
Volume das peças (cm ³)	1252,83	1252,83	1252,83	1252,83	1252,83	1231,59
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,13	2,29	2,20	2,20	2,23	2,31
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	249,5	296,5	277,4	263,4	275,5	324,8
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	39,87	47,38	44,33	42,09	44,02	51,90
Fp (MPa)	44,93					
Desvio padrão (MPa)	4,23		CV (%)		9,41	
Fpk (MPa)	41,04					

ANEXO 2 - TABELAS USADAS PARA O LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS PCP DA FÁBRICA DA GRANDE FLORIANÓPOLIS – TRAÇO 2.

Tabela 81 - PCP coletadas dia 24/08/2012 e rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de agosto de 2012 - Traço 2						
Data produção	24/08/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	21/09/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2582	2794	2766	2782	2742	2728
Comprimento (cm)	2,08	2,08	2,08	2714	2,08	2,08
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,7	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Volume das peças (cm ³)	1210,4	1252,8	1252,8	1252,8	1252,8	1252,8
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,13	2,23	2,21	2,22	2,19	2,18
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	214,2	285,2	254,9	229,9	252,4	229,3
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	34,23	45,57	40,73	36,74	40,33	36,64
Fp (MPa)	39,04					
Desvio padrão (MPa)	4,04			CV (%)	10,34	
Fpk (MPa)	35,33					

Tabela 82 - PCP coletadas dia 28/08/2012 e rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de agosto 2012 – traço 2						
Data produção	28/08/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	25/09/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (g)	2942	2602	2804	2838	2758	2690
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8
Volume das peças (cm ³)	1252,8	1252,8	1252,8	1231,6	1231,6	1231,6
Massa esp.seca (g/cm ³)	2,35	2,08	2,24	2,30	2,24	2,18
Área da rótula (cm ²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	315	177,8	281,9	358,4	288,7	244,7
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	50,34	28,41	45,05	57,27	46,13	39,10
Fp (MPa)	44,38					
Desvio padrão (MPa)	9,88			CV (%)	22,26	
Fpk (MPa)	35,29					

Tabela 83 - PCP coletadas dia 10/09/2012 e 12/09/2012 rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de setembro de 2012 - Traço 2							
Data produção	10/09/2012		Tipo de PCP		PH0635		
Data do rompimento	08/10/2012		Idade		28 dias		
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI	
Peso (gr)	2778	2754	2796	2872	2874	2746	
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Altura (cm)	5,9	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	
Volume das peças (cm³)	1252,83	1231,59	1252,83	1252,83	1274,06	1274,06	
Massa esp.seca (g/cm³)	2,22	2,24	2,23	2,29	2,26	2,16	
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	
Carga de ruptura (KN)	226,2	260,1	238,2	272,2	275,5	220,5	
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
Resistência à compressão (MPa)	36,15	41,56	38,06	43,50	44,02	35,24	
Fp (MPa)	39,76						
Desvio padrão (MPa)	3,79			CV (%)	9,53		
Fpk (MPa)	36,27						
Data produção	12/09/2012		Tipo de PCP		PH0635		
Data do rompimento	10/10/2012		Idade		28 dias		
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI	
Peso (gr)	2634	2830	2808	2712	2916	2726	
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Altura (cm)	5,7	5,9	5,9	5,9	6,0	5,9	
Volume das peças (cm³)	1210,36	1252,83	1252,83	1252,83	1274,06	1252,83	
Massa esp.seca (g/cm³)	2,18	2,26	2,24	2,16	2,29	2,18	
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	
Carga de ruptura (KN)	196,9	261	295,3	219,3	263,6	229,5	
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
Resistência à compressão (MPa)	31,46	41,71	47,19	35,04	42,12	36,67	
Fp (MPa)	39,03						
Desvio padrão (MPa)	5,69			CV (%)	14,58		
Fpk (MPa)	33,80						

Tabela 84 - PCP coletadas dia 13/09/2012 e 14/09/2012 rompidas com 28 dias – Fábrica da Grande Florianópolis.

Peças coletadas no mês de setembro de 2012 - Traço 2						
Data produção	13/09/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	11/10/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2708	2830	2808	2712	2916	2726
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	5,8	5,8	6	6	5,9	5,7
Volume das peças (cm³)	1231,59	1231,59	1274,06	1274,06	1252,83	1210,36
Massa esp.seca (g/cm³)	2,20	2,30	2,20	2,13	2,33	2,25
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	281,9	322,3	209,2	291,4	285,9	261,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	45,05	51,50	33,43	46,57	45,69	41,85
Fp (MPa)			44,01			
Desvio padrão (MPa)	6,05		CV (%)		13,75	
Fpk (MPa)			38,45			
Data produção	14/09/2012		Tipo de PCP		PH0635	
Data do rompimento	12/10/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Peso (gr)	2740	2834	2826	2706	2780	2710
Comprimento (cm)	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Largura (cm)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Altura (cm)	6	5,9	5,9	5,8	5,8	5,9
Volume das peças (cm³)	1274,06	1252,83	1252,83	1231,59	1231,59	1252,83
Massa esp.seca (g/cm³)	2,15	2,26	2,26	2,20	2,26	2,16
Área da rótula (cm²)	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45	59,45
Carga de ruptura (KN)	209,2	271,4	301,6	259,9	303,4	258,7
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	33,43	43,37	48,20	41,53	48,48	41,34
Fp (MPa)			42,72			
Desvio padrão (MPa)	5,54		CV (%)		12,96	
Fpk (MPa)			37,63			

ANEXO 3 – TABELAS USADAS PARA A COLETA E DIVISÃO DOS GRUPOS PARA AS PCP COLETADAS DURANTE 5 DIA PARA O ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PROPOSTO NO MÓDULO 2 DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA A FÁBRICA DA GRANDE FLORIANÓPOLIS.

Tabela 85 - Dados das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Dados das PCP coletadas no 1º Dia							
Tipo das PCP		PH0635		Data para rompimento aos 7 dias		12/11/2012	
Dia da produção		05/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias		03/12/2012	
Data da pesagem		06/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
1.1	2914,7	6,05		6,04	6,05	482,17	28 dias
1.2	2822,9	5,97	5,98	5,99	5,98	472,06	28 dias
1.3	2887,2	5,90	5,88	5,87	5,88	490,74	7 dias
1.4	2682,7	5,90	5,90	5,86	5,89	455,72	28 dias
1.5	2776,9	5,91	5,88	5,90	5,90	470,93	28 dias
1.6	2746,9	5,78	5,75	5,76	5,76	476,62	28 dias
1.7	2750,9	5,95	5,94	5,91	5,93	463,63	28 dias
1.8	2811,4	5,84	5,83	5,86	5,84	481,13	28 dias
1.9	2791,4	5,93	5,93	5,92	5,93	470,99	7 dias
1.10	2845,5	5,90	5,93	5,90	5,91	481,47	7 dias
1.11	2832,0	5,84	5,85	5,86	5,85	484,10	7 dias
1.12	2715,7	5,94	5,88	5,86	5,89	460,81	7 dias
1.13	2771,5	5,93	5,92	5,88	5,91	468,95	7 dias
1.14	2712,7	5,77	5,76	5,76	5,76	470,68	7 dias
1.15	2737,9	5,74	5,76	5,75	5,75	476,16	7 dias
1.16	2732,6	5,97	5,90	5,86	5,91	462,37	7 dias
1.17	2865,0	5,89	5,90	5,88	5,89	486,42	28 dias
1.18	2853,0	5,91	5,96	5,97	5,95	479,76	7 dias
1.19	2748,1	5,86	5,85	5,84	5,85	469,76	28 dias
1.20	2657,2	5,73	5,74	5,78	5,75	462,12	28 dias

Tabela 86 - Dados das PCP coletadas no 2º Dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Dados das PCP coletadas no 2º Dia							
Tipo das PCP		PH0635		Data para rompimento aos 7 dias		13/11/2012	
Dia da produção		06/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias		04/12/2012	
Data da pesagem		07/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
2.1	2758,1	6,02	6,02	6,01	6,02	458,41	7 dias
2.2	2824,9	6,03	5,98	5,98	6,00	471,08	7 dias
2.3	2707,5	5,99	5,97	5,93	5,96	454,02	28 dias
2.4	2803,3	5,85	5,82	5,81	5,83	481,12	28 dias
2.5	2785,6	5,83	5,83	5,83	5,83	477,80	7 dias
2.6	2820	5,92	5,88	5,97	5,92	476,08	7 dias
2.7	2854,5	5,94	5,91	5,9	5,92	482,45	7 dias
2.8	2813	6,06	6,01	5,97	6,01	467,79	7 dias
2.9	2776,8	6,02	6	6	6,01	462,29	7 dias
2.10	2808,7	5,93	5,88	5,87	5,89	476,59	28 dias
2.11	2728	5,88	5,89	5,87	5,88	463,95	28 dias
2.12	2762,5	5,82	5,85	5,87	5,85	472,49	7 dias
2.13	2810,5	5,98	5,94	5,88	5,93	473,68	28 dias
2.14	2850,3	6,1	6,06	6,12	6,09	467,77	28 dias
2.15	2986,1	5,98	5,98	6	5,99	498,79	7 dias
2.16	2725,4	5,83	5,8	5,8	5,81	469,09	28 dias
2.17	2887,3	5,85	5,87	5,85	5,86	492,99	28 dias
2.18	2776,9	5,9	5,88	5,9	5,89	471,19	28 dias
2.19	2692,7	5,79	5,74	5,78	5,77	466,67	7 dias
2.20	2674,9	5,82	5,8	5,8	5,81	460,66	28 dias

Tabela 87 - Dados das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Dados das PCP coletadas no 3º Dia							
Tipo das PCP		PH0635		Data para rompimento aos 7 dias		14/11/2012	
Dia da produção		07/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias		05/12/2012	
Data da pesagem		08/11/2012		Observação			
Numeração das peças	Massa (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
3.1	2855,2	5,84	5,87	5,9	5,87	486,41	7 dias
3.2	2850,4	5,99	5,99	6,02	6,00	475,07	28 dias
3.3	2855,9	5,92	5,91	5,91	5,91	482,96	7 dias
3.4	2800,3	5,94	5,81	5,85	5,87	477,32	28 dias
3.5	2629,1	5,77	5,77	5,79	5,78	455,12	7 dias
3.6	2801,8	6,06	6,02	6,02	6,03	464,39	28 dias
3.7	2736,6	5,8	5,78	5,81	5,80	472,10	7 dias
3.8	2718,4	5,89	5,86	5,83	5,86	463,89	7 dias
3.9	2827,1	5,89	5,87	5,89	5,88	480,53	7 dias
3.10	2789	5,91	5,94	5,95	5,93	470,06	7 dias
3.11	2659,4	5,85	5,86	5,9	5,87	453,05	28 dias
3.12	2757,8	5,82	5,79	5,79	5,80	475,48	7 dias
3.13	2723,5	5,92	5,88	5,85	5,88	462,92	28 dias
3.14	2848,2	5,92	5,88	5,89	5,90	483,02	28 dias
3.15	2759,5	5,89	5,89	5,87	5,88	469,04	28 dias
3.16	2762,4	5,94	5,94	5,93	5,94	465,31	7 dias
3.17	2807,1	5,84	5,81	5,81	5,82	482,32	28 dias
3.18	2672	5,87	5,86	5,86	5,86	455,71	28 dias
3.19	2704	5,84	5,84	5,87	5,85	462,22	7 dias
3.20	2808,1	5,96	5,94	5,96	5,95	471,69	28 dias

Tabela 88 - Dados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Dados das PCP coletadas no 4º Dia							
Tipo das PCP		PH0635		Data para rompimento aos 7 dias		15/11/2012	
Dia da produção		08/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias		06/12/2012	
Data da pesagem		09/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
4.1	2777	5,97	5,94	5,94	5,95	466,72	28 dias
4.2	2751,3	5,82	5,78	5,82	5,81	473,82	28 dias
4.3	2703,6	5,84	5,84	5,81	5,83	463,74	28 dias
4.4	2944,9	6,15	6,13	6,07	6,12	481,46	7 dias
4.5	2653,9	5,82	5,84	5,86	5,84	454,43	28 dias
4.6	2789,5	5,99	6,00	5,98	5,99	465,69	7 dias
4.7	2771,5	5,84	5,81	5,83	5,83	475,66	28 dias
4.8	2733,78	5,94	5,9	5,9	5,91	462,31	7 dias
4.9	2693,5	5,94	5,89	5,88	5,90	456,27	28 dias
4.10	2768,0	5,83	5,81	5,85	5,83	474,79	7 dias
4.11	2813,4	6,04	6,02	6,02	6,03	466,83	7 dias
4.12	2855,5	6,08	6,04	6,04	6,05	471,72	7 dias
4.13	2828,3	5,94	5,9	5,9	5,91	478,29	7 dias
4.14	2762,5	6	6,00	6	6,00	460,42	7 dias
4.15	2686,1	5,9	5,88	5,9	5,89	455,79	7 dias
4.16	2673,6	5,82	5,81	5,78	5,80	460,70	28 dias
4.17	2794,3	5,85	5,83	5,81	5,83	479,30	28 dias
4.18	2868,7	6,13	6,08	6,06	6,09	471,05	28 dias
4.19	2884,3	5,93	5,95	5,92	5,93	486,12	28 dias
4.20	2941,3	5,96	5,98	5,98	5,97	492,41	7 dias

Tabela 89 - Dados das PCP coletadas no 5º dia- Fábrica da Grande Florianópolis

Dados das PCP coletadas no 5º Dia							
Tipo das PCP		PH0635		Data para rompimento aos 7 dias		16/11/2012	
Dia da produção		08/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias		07/12/2012	
Data da pesagem		09/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H 1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédio	Idade do Rompimento
5.1	2775,6	5,85	5,84	5,84	5,84	475,00	7 dias
5.2	2779	5,82	5,81	5,85	5,83	476,95	7 dias
5.3	2654,9	5,84	5,84	5,83	5,84	454,87	7 dias
5.4	2813,9	5,79	5,83	5,86	5,83	482,93	28 dias
5.5	2820,9	5,85	5,88	5,84	5,86	481,66	7 dias
5.6	2852,2	5,94	5,95	5,98	5,96	478,82	28 dias
5.7	2784,3	5,89	5,89	5,97	5,92	470,59	28 dias
5.8	2746,4	5,8	5,82	5,84	5,82	471,89	28 dias
5.9	2820,2	5,84	5,82	5,81	5,82	484,29	7 dias
5.10	2867,5	5,81	5,81	5,81	5,81	493,55	7 dias
5.11	2796,3	5,86	5,86	5,92	5,88	475,56	28 dias
5.12	2821,1	5,9	5,89	5,88	5,89	478,96	7 dias
5.13	2837,6	6,08	6,08	6,04	6,02	471,36	7 dias
5.14	2689,2	5,79	5,8	5,77	5,79	464,72	7 dias
5.15	2796,3	5,8	5,85	5,84	5,83	479,64	28 dias
5.16	2644,6	5,85	5,84	5,82	5,84	453,10	28 dias
5.17	2670,9	5,8	5,8	5,79	5,80	460,76	28 dias
5.18	2724,6	6,01	6	5,95	5,99	455,11	28 dias
5.19	2644,4	5,78	5,79	5,8	5,79	456,72	7 dias
5.20	2870,2	5,83	5,82	5,83	5,83	492,60	28 dias

ANEXO 4 – TABELAS COM OS RESULTADOS DOS ROMPIMENTOS DAS PCP COLETADAS DURANTE CADA UM DOS 5 DIAS DE APLICAÇÃO DO MÓDULO 2 DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE.

Tabela 90 - Resultados dos rompimentos das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

Fator de correção		0,95		Volume nominal (cm³)		1230,71	
PCP rompidas com 7 dias							
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)	
1.3	2887,2	5,88	287,50	45,94	1234,18	2,34	
1.9	2791,4	5,93	242,50	38,75	1243,27	2,25	
1.10	2845,5	5,91	261,20	41,74	1239,77	2,30	
1.11	2832,0	5,85	286,50	45,78	1227,18	2,31	
1.12	2715,7	5,89	208,00	33,24	1236,27	2,20	
1.13	2771,5	5,91	216,50	34,60	1239,77	2,24	
1.14	2712,7	5,76	237,00	37,87	1209,00	2,24	
1.15	2737,9	5,75	279,00	44,58	1206,21	2,27	
1.16	2732,6	5,91	211,40	33,78	1239,77	2,20	
1.18	2853,0	5,95	303,40	48,48	1247,46	2,29	
Desvio padrão da resistência (Mpa)			5,60	CV(%)	13,83		
Fp (Mpa)				40,48			
Fpk (Mpa)				35,53			

Tabela 90 (continuação) - Resultados dos rompimentos das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Fator de correção		0,95	Volume nominal (cm³)		1230,71	
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
1.1	2914,7	6,04	350,04	55,94	1267,74	2,30
1.2	2822,9	5,98	326,00	52,09	1254,46	2,25
1.4	2682,7	5,89	291,60	46,60	1234,88	2,17
1.5	2776,9	5,90	301,80	48,23	1236,97	2,24
1.6	2746,9	5,76	318,80	50,94	1209,00	2,27
1.7	2750,9	5,93	286,20	45,73	1244,67	2,21
1.8	2811,4	5,84	330,10	52,75	1225,79	2,29
1.17	2865,0	5,89	363,20	58,04	1235,58	2,32
1.19	2748,1	5,85	274,90	43,93	1227,18	2,24
1.20	2657,2	5,75	292,00	46,66	1206,21	2,20
Desvio padrão da resistência (Mpa)			4,64	CV(%)	9,26	
Fp (Mpa)				50,09		
Fpk (Mpa)				46,00		

Tabela 91 - Resultados dos rompimentos das PCP coletadas no 2º dia – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 2ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias	13/11/2012			
Dia da produção das PCP	06/11/2012	Data do rompimento com 28 dias	04/12/2012			
Data da pesagem das PCP	07/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)	59,45			
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)	1230,71			
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
2.1	2758,1	6,02	222,30	35,52	1262,15	2,19
2.2	2824,9	6,00	205,40	32,82	1257,96	2,25
2.5	2785,6	5,83	207,60	33,17	1222,31	2,28
2.6	2820,0	5,92	217,30	34,72	1241,18	2,27
2.7	2854,5	5,92	291,40	46,57	1241,18	2,30
2.8	2813,0	6,01	230,30	36,80	1260,05	2,23
2.9	2776,8	6,01	167,30	26,73	1260,05	2,20
2.12	2762,5	5,85	257,50	41,15	1226,51	2,25
2.15	2986,1	5,99	247,10	39,49	1255,86	2,38
2.19	2692,7	5,77	247,50	39,55	1209,73	2,23
Desvio padrão da resistência (MPa)			5,43	CV(%)	14,81	
Fp (MPa)				36,65		
Fpk (MPa)				31,86		

Tabela 91 (continuação) - Resultados dos rompimentos das PCP coletadas no 2º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 2ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias		13/11/2012		
Dia da produção das PCP	06/11/2012	Data do rompimento com 28 dias		04/12/2012		
Data da pesagem das PCP	07/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		59,45		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1230,71		
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
2.3	2707,5	5,96	203,60	32,53	1249,57	2,17
2.4	2803,3	5,83	327,60	52,35	1222,31	2,29
2.10	2808,7	5,89	291,40	46,57	1234,89	2,27
2.11	2728	5,88	254,60	40,68	1232,80	2,21
2.13	2810,5	5,93	314,60	50,27	1243,28	2,26
2.14	2850,3	6,09	247,20	39,50	1276,83	2,23
2.16	2725,4	5,81	287,00	45,86	1218,12	2,24
2.17	2887,3	5,86	380,09	60,74	1228,60	2,35
2.18	2776,9	5,89	275,70	44,06	1234,89	2,25
2.20	2764,9	5,81	230,03	36,76	1218,12	2,27
Desvio padrão da resistência (MPa)			8,20	CV(%)	18,26	
Fp (MPa)				44,93		
Fpk (MPa)				37,69		

Tabela 92 - Resultados das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 3ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias	14/11/2012			
Dia da produção das PCP	07/11/2012	Data do rompimento com 28 dias	05/12/2012			
Data da pesagem das PCP	08/11/2012	Área da placa auxiliar (cm ²)	59,45			
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm ³)	1230,71			
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
3.1	2855,2	5,87	303,60	48,51	1230,70	2,32
3.3	2855,9	5,91	243,30	38,88	1239,09	2,30
3.5	2629,1	5,78	190,60	30,46	1211,83	2,17
3.7	2736,6	5,80	218,00	34,84	1216,02	2,25
3.8	2718,4	5,86	214,10	34,21	1228,60	2,21
3.9	2827,1	5,88	232,10	37,09	1232,80	2,29
3.10	2789,0	5,93	182,30	29,13	1243,28	2,24
3.12	2757,8	5,80	225,90	36,10	1216,02	2,27
3.16	2762,4	5,94	201,00	32,12	1245,38	2,22
3.19	2704,0	5,85	221,00	35,32	1226,51	2,20
Desvio padrão da resistência (MPa)			5,41	CV(%)	15,16	
Fp (MPa)				35,67		
Fpk (MPa)				30,89		

Tabela 92 (continuação) - Resultados das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 3ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias	14/11/2012			
Dia da produção das PCP	07/11/2012	Data do rompimento com 28 dias	05/12/2012			
Data da pesagem das PCP	08/11/2012	Área da placa auxiliar (cm ²)	59,45			
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm ³)	1230,71			
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm ³)	Massa esp.seca (g/cm ³)
3.2	2850,0	6,00	289,70	46,29	1257,96	2,27
3.4	2800,0	5,87	259,70	41,50	1230,70	2,28
3.6	2802,0	6,03	256,80	41,04	1264,25	2,22
3.11	2659,0	5,87	197,30	31,53	1230,70	2,16
3.13	2724,0	5,88	265,80	42,47	1232,80	2,21
3.14	2848,0	5,90	282,60	45,16	1236,99	2,30
3.15	2760,0	5,88	260,30	41,60	1232,80	2,24
3.17	2807,0	5,82	328,30	52,46	1220,22	2,30
3.18	2672,0	5,86	232,50	37,15	1228,60	2,17
3.20	2808,0	5,95	235,30	37,60	1247,47	2,25
Desvio padrão da resistência (MPa)			5,69	CV(%)	13,64	
Fp (MPa)				41,68		
Fpk (MPa)				36,66		

Tabela 93 - Resultados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 4ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias	15/11/2012			
Dia da produção das PCP	08/11/2012	Data do rompimento com 28 dias	06/12/2012			
Data da pesagem das PCP	09/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)	59,45			
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)	1230,71			
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
4.4	2944,9	6,12	317,50	50,74	1283,11	2,30
4.6	2789,5	5,99	212,10	33,89	1255,86	2,22
4.8	2733,8	5,91	194,20	31,03	1239,09	2,21
4.10	2768,0	5,83	281,40	44,97	1222,31	2,26
4.11	2813,4	6,03	257,50	41,15	1264,25	2,23
4.12	2855,4	6,05	274,40	43,85	1268,44	2,25
4.13	2828,3	5,91	297,00	47,46	1239,09	2,28
4.14	2762,5	6,00	197,60	31,58	1257,96	2,20
4.15	2686,1	5,89	187,80	30,01	1234,89	2,18
4.20	2941,3	5,97	330,03	52,74	1251,67	2,35
Desvio padrão da resistência (MPa)			8,54	CV(%)	20,97	
Fp (MPa)				40,74		
Fpk (MPa)				33,20		

Tabela 93 (continuação) - Resultados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 4ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias			15/11/2012	
Dia da produção das PCP	08/11/2012	Data do rompimento com 28 dias			06/12/2012	
Data da pesagem das PCP	09/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)			59,45	
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)			1230,71	
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
4.1	2777,0	5,95	238,90	38,18	1247,47	2,23
4.2	2751,3	5,81	266,60	42,60	1218,12	2,26
4.3	2703,6	5,83	260,03	41,55	1222,31	2,21
4.5	2653,9	5,84	204,00	32,60	1224,41	2,17
4.7	2771,5	5,83	278,10	44,44	1222,31	2,27
4.9	2693,5	5,90	217,00	34,68	1236,99	2,18
4.16	2763,6	5,80	249,60	39,89	1216,02	2,27
4.17	2794,3	5,83	315,40	50,40	1222,31	2,29
4.18	2868,7	6,09	276,20	44,14	1276,83	2,25
4.19	2884,3	5,93	336,00	53,69	1243,28	2,32
Desvio padrão da resistência (MPa)			6,49	CV(%)	15,37	
Fp (MPa)				42,22		
Fpk (MPa)				36,49		

Tabela 94 - Resultados das PCP coletados no 5º dia – Fábrica da Grande Florianópolis (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 5ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias	16/11/2012			
Dia da produção das PCP	09/11/2012	Data do rompimento com 28 dias	07/12/2012			
Data da pesagem das PCP	12/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)	59,45			
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)	1230,71			
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp.seca (g/cm³)
5.1	2775,6	5,84	225,60	36,05	1225,04	2,27
5.2	2779,0	5,83	238,20	38,06	1221,68	2,27
5.3	2654,9	5,84	224,00	35,79	1223,78	2,17
5.5	2820,9	5,86	245,60	39,25	1227,97	2,30
5.9	2820,2	5,82	263,70	42,14	1220,85	2,31
5.10	2867,5	5,81	274,30	43,83	1218,12	2,35
5.12	2821,1	5,89	278,40	44,49	1234,89	2,28
5.13	2837,6	6,02	266,30	42,55	1262,15	2,25
5.14	2689,2	5,79	236,70	37,82	1213,30	2,22
5.19	2644,4	5,79	210,00	33,56	1213,93	2,18
Desvio padrão da resistência (MPa)			3,74	CV(%)	9,49	
Fp (MPa)				39,36		
Fpk (MPa)				36,06		

Tabela 94 (continua) - Resultados das PCP coletados no 5º dia – Fábrica da Grande Florianópolis.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 5ª dia						
Tipo das PCP	PH0635	Data do rompimento com 7 dias		16/11/2012		
Dia da produção das PCP	09/11/2012	Data do rompimento com 28 dias		07/12/2012		
Data da pesagem das PCP	12/11/2012	Área da placa auxiliar (cm ²)		59,45		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm ³)		1230,71		
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm ³)	Massa esp.seca (g/cm ³)
5.4	2813,9	5,83	333,80	53,34	1221,68	2,30
5.6	2852,2	5,96	328,40	52,48	1248,94	2,28
5.7	2784,3	5,92	259,20	41,42	1240,55	2,24
5.8	2746,4	5,82	286,90	45,85	1220,22	2,25
5.11	2796,3	5,88	278,60	44,52	1232,80	2,27
5.15	2795,0	5,83	277,70	44,38	1222,31	2,29
5.16	2644,6	5,84	241,20	38,54	1223,78	2,16
5.17	2670,9	5,80	224,70	35,91	1215,39	2,20
5.18	2724,6	5,98	221,90	35,46	1253,34	2,17
5.20	2870,2	5,84	347,70	55,56	1223,78	2,35
Desvio padrão da resistência (MPa)			7,20	CV(%)	16,08	
Fp (MPa)				44,75		
Fpk (MPa)				38,39		

ANEXO 5 – TABELAS COM OS RESULTADOS DOS ROMPIMENTOS DAS ARGAMASSAS PARA O TESTE DO CIMENTO REALIZADO PARA CADA UM DOS 5 DIAS DE COLETAS DAS AMOSTRAS DE CIMENTO.

Tabela 95 - Resultado do ensaio do cimento realizado para cada uma das 5 coletadas de cimento, obtidos através da moldagem de argamassas – Fábrica de Florianópolis (continua).

Resistência do cimento aos 7 dias Fábrica de Florianópolis - SC							
Cimento	Número do corpo de prova	Área (cm²)	Carga (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
1º Dia	1	18,10	73,25	40,48	42,76	2,11	4,94
	2	18,10	78,05	43,13			
	3	18,10	80,8	44,65			
2º Dia	1	18,10	83,2	45,98	44,93	1,25	2,78
	2	18,10	78,8	43,55			
	3	18,10	81,9	45,26			
3º Dia	1	18,10	79,85	44,13	44,81	0,68	1,51
	2	18,10	81,1	44,82			
	3	18,10	82,3	45,48			
4º Dia	1	18,10	83,4	46,09	45,27	0,78	1,72
	2	18,10	80,6	44,54			
	3	18,10	81,75	45,18			
5º Dia	1	18,10	80,26	44,35	44,19	0,31	0,71
	2	18,10	80,3	44,38			
	3	18,10	79,3	43,82			
	2	18,10	92,8	51,28			
	3	18,10	93	51,40			

Tabela 95 (continuação) - Resultado do ensaio do cimento realizado para cada uma das 5 coletadas de cimento, obtidos através da moldagem de argamassas – Fábrica de Florianópolis.

Resistência à compressão do cimento aos 28 dias							
Argamassa	Número do corpo de prova	Área (cm²)	Carga (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
1º Dia	1	18,10	80,4	44,43	46,88	2,14	4,56
	2	18,10	87,5	48,36			
	3	18,10	86,6	47,86			
2º Dia	1	18,10	87,7	48,47	47,55	1,07	2,26
	2	18,10	86,5	47,80			
	3	18,10	83,9	46,37			
3º Dia	1	18,10	86,9	48,02	47,86	0,76	1,59
	2	18,10	85,1	47,03			
	3	18,10	87,8	48,52			
4º Dia	1	18,10	89	49,18	50,29	1,50	2,99
	2	18,10	94,1	52,00			
	3	18,10	89,9	49,68			
5º Dia	1	18,10	93,6	51,73	51,47	0,23	0,45
	2	18,10	92,8	51,28			
	3	18,10	93	51,40			

ANEXO 6 – TABELAS USADAS PARA O LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS PCP DA FÁBRICA DE BLUMENAU DURANTE OS MESES DE ABRIL A OUTUBRO, CUJOS RESULTADOS DE FP, FPK E CV FORAM APRESENTADAS NO CORPO DO TEXTO.

Tabela 96 - PCP coletadas dia 02/04/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau (continua).

Peças rompidas no mês de abril de 2012						
Data produção	02/04/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	09/04/2012		Idade		7 dias	
Amostra n°	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2660	2640	2680	2720	2690	2650
Altura (cm)	6,05	6,1	6,1	6,1	6,1	6,05
Volume das peças (cm³)	1173,9	1183,6	1183,6	1183,6	1183,6	1173,9
Massa esp. seca (g/cm³)	2,27	2,23	2,26	2,30	2,27	2,26
Área da rótula (cm²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	200,7	186,7	246,3	264,5	254,9	245,5
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	29,97	27,88	36,78	39,50	38,06	36,66
Fp (MPa)	34,81					
Desvio padrão (MPa)	4,72			CV (%)	13,56	
Fpk (MPa)	30,47					
Data produção	02/04/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	30/04/2012		Idade		28 dias	
Amostra n°	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2650	2660	2690	2740	2630	2660
Altura (cm)	6	6,1	6	6,1	6,03	6
Volume das peças (cm³)	1164,2	1183,6	1164,2	1183,6	1170,1	1164,2
Massa esp. seca (g/cm³)	2,28	2,25	2,31	2,31	2,25	2,28
Área da rótula (cm²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	266,1	221,6	315,5	286,4	288,3	282,7
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	39,74	33,09	47,11	42,77	43,05	42,22
Fp (MPa)	41,33					
Desvio padrão (MPa)	4,68			CV (%)	11,33	
Fpk (MPa)	37,02					

Tabela 97 - PCP coletadas dia 9/04/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças rompidas no mês de abril de 2012						
Data produção	09/04/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	16/04/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2700	2740	2610	2690	2730	2760
Altura (cm)	6,05	6	6,05	6	6,1	6,15
Volume das peças (cm ³)	1173,9	1164,2	1173,9	1164,2	1183,6	1193,3
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,30	2,35	2,22	2,31	2,31	2,31
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	282,9	326,9	212,2	271,6	304,1	258,1
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	42,25	48,82	31,69	40,56	45,41	38,54
Fp (MPa)	41,21					
Desvio padrão (MPa)	5,91			CV (%)	14,35	
Fpk (MPa)	35,77					
Data produção	09/04/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	07/05/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2730	2760	2590	2680	2750	2700
Altura (cm)	6	6,05	6,1	6	6,05	6,03
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1173,9	1183,6	1164,2	1173,9	1170,1
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,34	2,35	2,19	2,30	2,34	2,31
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	368,5	305,6	206,4	237,7	339,8	256,1
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	55,03	45,64	30,82	35,50	50,74	38,24
Fp (MPa)	42,66					
Desvio padrão (MPa)	9,36			CV (%)	21,94	
Fpk (MPa)	34,05					

Tabela 98 - PCP coletadas dia 24/04/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças rompidas no mês de abril de 2012						
Data produção	24/04/21012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	02/05/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2665	2701	2650	2617	2585	2613
Altura (cm)	6,1	5,98	5,95	6	6	6
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1160,4	1154,5	1164,2	1164,2	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,25	2,33	2,30	2,25	2,22	2,24
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	293,2	404,9	286,2	267,9	243,6	293,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	43,78	60,46	42,74	40,01	36,38	43,84
Fp (MPa)	44,54					
Desvio padrão (MPa)	8,31			CV (%)	18,65	
Fpk (MPa)	36,89					
Data produção	24/04/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	22/05/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2689	2668	2657	2652	2595	2610
Altura (cm)	6,1	5,93	5,93	5,95	5,9	5,95
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1150,7	1150,7	1154,5	1144,8	1154,5
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,27	2,32	2,31	2,30	2,27	2,26
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	341,6	373,2	369,6	356,7	312,12	353,5
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	51,01	55,73	55,19	53,27	46,61	52,79
Fp (MPa)	52,43					
Desvio padrão (MPa)	3,32			CV (%)	6,34	
Fpk (MPa)	49,38					

Tabela 99 - Peças coletadas dia 15/05/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças rompidas no mês de maio de 2012						
Data produção	15/05/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	22/05/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2599	2608	2649	2639	2643	2646
Altura (cm)	6	6	6	6	6	5,95
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1164,2	1164,2	1164,2	1164,2	1154,5
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,23	2,24	2,28	2,27	2,27	2,29
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	287,1	255,6	282,5	295,7	296,2	352,4
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	42,87	38,17	42,19	44,16	44,23	52,62
Fp (MPa)	44,04					
Desvio padrão (MPa)	4,75			CV (%)	10,79	
Fpk (MPa)	39,67					
Data produção	15/05/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	12/06/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2520	2610	2660	2640	2630	2610
Altura (cm)	5,9	6	6	6	5,93	5,98
Volume das peças (cm ³)	1144,8	1164,2	1164,2	1164,2	1150,7	1160,4
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,20	2,24	2,28	2,27	2,29	2,25
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	308,3	293,9	360,7	334,6	374,3	367
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	46,04	43,89	53,86	49,97	55,89	54,80
Fp (MPa)	50,74					
Desvio padrão (MPa)	4,95			CV (%)	9,75	
Fpk (MPa)	46,19					

Tabela 100 - Peças coletadas dia 18/05/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças rompidas no mês de maio de 2012						
Data produção	18/05/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	25/05/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2562	2571	2595	2564	2651	2659
Altura (cm)	6	5,9	6,1	5,95	6,05	6
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1144,8	1183,6	1154,5	1173,9	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,20	2,25	2,19	2,22	2,26	2,28
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	224,9	269,3	243,2	260,9	286,0	288,3
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	33,58	40,21	36,32	38,96	42,71	43,05
Fp (MPa)	39,14					
Desvio padrão (MPa)	3,69			CV (%)	9,43	
Fpk (MPa)	35,75					
Data produção	18/05/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	16/06/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2590	2540	2620	2580	2610	2600
Altura (cm)	6,05	6	6	5,95	6	6,05
Volume das peças (cm ³)	1173,9	1164,2	1164,2	1154,5	1164,2	1173,9
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,21	2,18	2,25	2,23	2,24	2,21
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	241,70	238,00	342,70	315,60	311,50	280,50
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	36,09	35,54	51,18	47,13	46,52	41,89
Fp (MPa)	43,06					
Desvio padrão (MPa)	6,34			CV (%)	14,72	
Fpk (MPa)	37,23					

Tabela 101 - PCP coletadas dia 23/05/2012 e rompidas com 7 e 28 dias - Fábrica de Blumenau.

Peças rompidas no mês de maio de 2012						
Data produção	23/05/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	30/05/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2620	2680	2580	2580	2620	2620
Altura (cm)	6	6,1	5,9	6	6,03	6,13
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1183,6	1144,8	1164,2	1170,1	1189,5
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,25	2,26	2,25	2,22	2,24	2,20
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	274,1	268,3	233,6	210,5	283,9	211,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	40,93	40,07	34,88	31,43	42,40	31,64
Fp (MPa)	36,89					
Desvio padrão (MPa)	4,86			CV (%)	13,17	
Fpk (MPa)	32,42					
Data produção	23/05/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	20/06/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2620	2640	2600	2560	2680	2620
Altura (cm)	5,9	6	6,15	6	6	6
Volume das peças (cm ³)	1144,8	1164,2	1193,3	1164,2	1164,2	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,29	2,27	2,18	2,20	2,30	2,25
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	317,9	358	235,1	185,2	377,2	293,3
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	47,47	53,46	35,11	27,66	56,33	43,80
Fp (MPa)	43,97					
Desvio padrão (MPa)	10,95			CV (%)	24,91	
Fpk (MPa)	33,89					

Tabela 102 - PCP coletadas dia 01/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de junho de 2012						
Data produção	01/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	08/06/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2780	2740	2720	2760	2660	2780
Altura (cm)	6	6	6,1	6,05	6,2	6
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1164,2	1183,6	1173,9	1203,0	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,39	2,35	2,30	2,35	2,21	2,39
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	359,1	317,8	259,6	294,8	205,6	346,2
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	53,62	47,46	38,77	44,02	30,70	51,70
Fp (MPa)	44,38					
Desvio padrão (MPa)	8,57			CV (%)	19,31	
Fpk (MPa)	36,49					
Data produção	01/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	29/06/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2720	2700	2760	2740	2640	2720
Altura (cm)	6,05	6,1	6,03	6	6,18	6,08
Volume das peças (cm ³)	1173,9	1183,6	1170,1	1164,2	1199,2	1179,8
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,32	2,28	2,36	2,35	2,20	2,31
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	243,5	263,3	361,3	375,4	224,6	315,3
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	36,36	39,32	53,95	56,06	33,54	47,08
Fp (MPa)	44,39					
Desvio padrão (MPa)	9,41			CV (%)	21,20	
Fpk (MPa)	35,73					

Tabela 103 - PCP coletadas dia 04/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Bluemanu.

Peças coletadas no mês de junho de 2012						
Data produção	04/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	11/06/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2680	2680	2760	2720	2740	2760
Altura (cm)	6	6,15	6	6,05	6,05	6,05
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1193,3	1164,2	1173,9	1173,9	1173,9
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,30	2,25	2,37	2,32	2,33	2,35
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	267,0	250,6	359,1	331,9	251,4	322,4
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	39,87	37,42	53,62	49,56	37,54	48,14
Fp (MPa)	44,36					
Desvio padrão (MPa)	6,96			CV (%)	15,68	
Fpk (MPa)	37,96					
Data produção	04/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	02/07/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2680	2740	2660	2660	2760	2740
Altura (cm)	6,1	6,03	6,05	6,13	6	6,05
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1170,1	1173,9	1189,5	1164,2	1173,9
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,26	2,34	2,27	2,24	2,37	2,33
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	278,3	371,4	218,8	221	404,2	361,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	41,56	55,46	32,67	33,00	60,36	54,00
Fp (MPa)	46,18					
Desvio padrão (MPa)	12,05			CV (%)	26,09	
Fpk (MPa)	35,09					

Tabela 104 - PCP coletadas dia 06/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de junho de 2012						
Data produção	06/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	13/06/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2820	2700	2680	2720	2780	2720
Altura (cm)	6,1	6,1	6	6,1	6,1	6,1
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1183,6	1164,2	1183,6	1183,6	1183,6
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,38	2,28	2,30	2,30	2,35	2,30
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	333,9	279,4	277,0	252,6	312,4	213,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	49,86	41,72	41,36	37,72	46,65	31,94
Fp (MPa)	41,54					
Desvio padrão (MPa)	6,36			CV (%)	15,31	
Fpk (MPa)	35,69					
Data produção	06/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	16/07/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2700	2740	2660	2840	2780	2660
Altura (cm)	6,1	6,1	6,15	6,05	6	6
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1183,6	1193,3	1173,9	1164,2	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,28	2,31	2,23	2,42	2,39	2,28
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	234,4	322,7	178,9	433	406,3	315,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	35,00	48,19	26,72	64,66	60,67	47,13
Fp (MPa)	47,06					
Desvio padrão (MPa)	14,53			CV (%)	30,87	
Fpk (MPa)	33,69					

Tabela 105 -PCP coletas dia 07/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de junho de 2012						
Data produção	07/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	14/06/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2760	2710	2790	2770	2750	2780
Altura (cm)	6,05	6,15	6	6	6,18	6,1
Volume das peças (cm ³)	1173,9	1193,3	1164,2	1164,2	1199,2	1183,6
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,35	2,27	2,40	2,38	2,29	2,35
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	291,2	158,6	324,4	335,0	218,9	278,5
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	43,49	23,68	48,44	50,03	32,69	41,59
Fp (MPa)	39,99					
Desvio padrão (MPa)	10,06			CV (%)	25,16	
Fpk (MPa)	30,73					
Data produção	07/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	16/07/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2740	2700	2780	2800	2820	2720
Altura (cm)	6,1	6	6	6	6,1	6
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1164,2	1164,2	1164,2	1183,6	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,31	2,32	2,39	2,41	2,38	2,34
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	244,2	300,1	332,6	396,5	340,2	279,3
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	36,47	44,81	49,67	59,21	50,80	41,71
Fp (MPa)	47,11					
Desvio padrão (MPa)	7,93			CV (%)	16,83	
Fpk (MPa)	39,82					

Tabela 106 - PCP coletadas 13/06/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de junho de 2012						
Data produção	13/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	20/06/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2630	2700	2640	2770	2700	2730
Altura (cm)	6	6	5,9	6	6	6
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1164,2	1144,8	1164,2	1164,2	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,26	2,32	2,31	2,38	2,32	2,34
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	230,5	308,7	289,8	344,1	228,3	334,3
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	34,42	46,10	43,28	51,38	34,09	49,92
Fp (MPa)	43,20					
Desvio padrão (MPa)	7,49			CV (%)	17,34	
Fpk (MPa)	36,31					
Data produção	13/06/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	11/07/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2700	2760	2760	2700	2660	2640
Altura (cm)	5,9	6	6	6	6	6,05
Volume das peças (cm ³)	1144,8	1164,2	1164,2	1164,2	1164,2	1173,9
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,36	2,37	2,37	2,32	2,28	2,25
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	356,5	382,8	362,8	317,3	269,6	208,4
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	53,24	57,16	54,18	47,38	40,26	31,12
Fp (MPa)	47,22					
Desvio padrão (MPa)	9,91			CV (%)	20,99	
Fpk (MPa)	38,11					

Tabela 107 - PCP coletadas dia 19/07/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de julho de 2012						
Data produção	19/07/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	26/07/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2740	2860	2780	2780	2800	2840
Altura (cm)	6	6,1	6,1	6,1	6,2	6,1
Volume das peças (cm ³)	1164,2	1183,6	1183,6	1183,6	1203,0	1183,6
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,35	2,42	2,35	2,35	2,33	2,40
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	337,9	368,3	296,4	307,8	262,9	364,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	50,46	55,00	44,26	45,96	39,26	54,45
Fp (MPa)	48,23					
Desvio padrão (MPa)	6,18			CV (%)	12,81	
Fpk (MPa)	42,55					
Data produção	19/07/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	16/08/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2840	2800	2820	2820	2840	2820
Altura (cm)	6,2	6,05	6,1	6,05	6,15	6,1
Volume das peças (cm ³)	1203,0	1173,9	1183,6	1173,9	1193,3	1183,6
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,36	2,39	2,38	2,40	2,38	2,38
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	360,2	359,6	352,3	350,4	316,2	360,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	53,79	53,70	52,61	52,33	47,22	53,89
Fp (MPa)	52,26					
Desvio padrão (MPa)	2,55			CV (%)	4,89	
Fpk (MPa)	49,91					

Tabela 108 - PCP coletas dia 22/08/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de agosto de 2012						
Data produção	22/08/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	27/08/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2700	2740	2780	2760	2660	2720
Altura (cm)	6,08	6,08	6,03	6,1	6	6
Volume das peças (cm ³)	1179,8	1179,8	1170,1	1183,6	1164,2	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,29	2,32	2,38	2,33	2,28	2,34
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	248,1	258,9	290,6	266,1	221,7	272,8
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	37,05	38,66	43,40	39,74	33,11	40,74
Fp (MPa)	38,78					
Desvio padrão (MPa)	3,50			CV (%)	9,02	
Fpk (MPa)	35,56					
Data produção	22/08/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	17/09/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2860	2740	2740	2760	2700	2780
Altura (cm)	6,15	6,08	6,05	6,1	6	6,08
Volume das peças (cm ³)	1193,3	1179,8	1173,9	1183,6	1164,2	1179,8
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,40	2,32	2,33	2,33	2,32	2,36
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	324,1	302,6	280,7	286,1	291,2	325,1
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	48,40	45,19	41,92	42,72	43,49	48,55
Fp (MPa)	45,04					
Desvio padrão (MPa)	2,87			CV (%)	6,37	
Fpk (MPa)	42,40					

Tabela 109 - PCP coletadas dia 27/08/2012 e rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de agosto de 2012						
Data produção	27/08/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	03/09/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2880	2720	2840	2740	2740	2640
Altura (cm)	6,15	6	6,1	6,05	6,1	6,05
Volume das peças (cm ³)	1193,3	1164,2	1183,6	1173,9	1183,6	1173,9
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,41	2,34	2,40	2,33	2,31	2,25
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	327,4	337,0	313,5	330,9	314,8	269,2
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	48,89	50,32	46,82	49,41	47,01	40,20
Fp (MPa)	47,11					
Desvio padrão (MPa)	3,65		CV (%)		7,75	
Fpk (MPa)	43,75					
Data produção	27/08/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	24/09/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2800	2720	2820	2740	2700	2640
Altura (cm)	6,1	6,1	6,08	6,1	6,05	6
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1183,6	1179,8	1183,6	1173,9	1164,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,37	2,30	2,39	2,31	2,30	2,27
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	353,5	363,3	385,9	372,5	354,2	312,7
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	52,79	54,25	57,63	55,63	52,89	46,70
Fp (MPa)	53,31					
Desvio padrão (MPa)	3,72		CV (%)		6,97	
Fpk (MPa)	49,89					

Tabela 110 - PCP coletadas dia 24/09/2012 rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de setembro de 2012						
Data produção	24/09/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	01/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2660	2600	2700	2620	2780	2720
Altura (cm)	6,1	6,18	6,2	6,2	6,2	6,13
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1199,2	1203,0	1203,0	1203,0	1189,5
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,25	2,17	2,24	2,18	2,31	2,29
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	284,4	212,1	285,9	229,7	314,9	308,9
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	42,47	31,67	42,69	34,30	47,02	46,13
Fp (MPa)	40,72					
Desvio padrão (MPa)	6,31			CV (%)	15,49	
Fpk (MPa)	34,91					
Data produção	24/09/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	22/10/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2640	2660	2700	2640	2760	2760
Altura (cm)	6,05	6,15	6,1	6,2	6,2	6,2
Volume das peças (cm ³)	1173,9	1193,3	1183,6	1203,0	1203,0	1203,0
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,25	2,23	2,28	2,19	2,29	2,29
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	332,7	288,5	311,3	228,9	323,9	339,6
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	49,68	43,08	46,49	34,18	48,37	50,71
Fp (MPa)	45,42					
Desvio padrão (MPa)	6,13			CV (%)	13,49	
Fpk (MPa)	39,78					

Tabela 111 - PCP coletadas dia 24/10/2012 rompidas com 7 e 28 dias – Fábrica de Blumenau.

Peças coletadas no mês de outubro de 2012						
Data produção	24/10/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	31/10/2012		Idade		7 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2680	2720	2680	2780	2740	2780
Altura (cm)	6,05	6,13	6,1	6,2	6,13	6,23
Volume das peças (cm ³)	1173,9	1189,5	1183,6	1203,0	1189,5	1208,9
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,28	2,29	2,26	2,31	2,30	2,30
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	282,0	289,7	258,0	276,6	273,4	289,1
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	42,11	43,26	38,53	41,30	40,83	43,17
Fp (MPa)	41,53					
Desvio padrão (MPa)	1,77			CV (%)	4,25	
Fpk (MPa)	39,91					
Data produção	24/10/2012		Tipo de PCP		PVR6 35	
Data do rompimento	21/11/2012		Idade		28 dias	
Amostra nº	I	II	III	IV	V	VI
Massa (g)	2720	2720	2720	2740	2740	2760
Altura (cm)	6,1	6,2	6,1	6,1	6,15	6,18
Volume das peças (cm ³)	1183,6	1203,0	1183,6	1183,6	1193,3	1199,2
Massa esp. seca (g/cm ³)	2,30	2,26	2,30	2,31	2,30	2,30
Área da rótula (cm ²)	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62	63,62
Carga de ruptura (KN)	336,1	320,4	320,2	310,2	324,5	316
Fator de correção	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Resistência à compressão (MPa)	50,19	47,85	47,82	46,32	48,46	47,19
Fp (MPa)	47,97					
Desvio padrão (MPa)	1,31			CV (%)	2,72	
Fpk (MPa)	46,77					

ANEXO 7 – TABELAS USADAS PARA A COLETA E DIVISÃO DOS GRUPOS PARA AS PCP COLETADAS DURANTE 5 DIA PARA O ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PROPOSTO NO MÓDULO 2 DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA A FÁBRICA DE BLUMENAU.

Tabela 112 - Dados das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica de Blumenau.

Dados das PCP coletadas no 1º dia							
Tipo das PCP		PVR6 35		Data para rompimento aos 7 dias		06/11/2012	
Data da produção		30/10/2012		Data para rompimento aos 28 dias		27/11/2012	
Data da pesagem		31/10/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
1.1	2652	6,10	6,10	6,00	6,07	437,14	28 dias
1.2	2677	6,15	6,15	6,20	6,17	434,11	7 dias
1.3	2642	6,05	6,05	6,10	6,07	435,49	28 dias
1.4	2644	6,05	6,05	6,05	6,05	437,02	7 dias
1.5	2748	6,25	6,30	6,30	6,28	437,35	7 dias
1.6	2727	6,15	6,20	6,20	6,18	441,02	7 dias
1.7	2704	6,20	6,20	6,25	6,22	434,96	7 dias
1.8	2671	6,15	6,15	6,15	6,15	434,24	28 dias
1.9	2715	6,10	6,15	6,20	6,15	441,46	28 dias
1.10	2661	6,05	6,05	6,10	6,07	438,63	7 dias
1.11	2693	6,15	6,20	6,20	6,18	435,53	7 dias
1.12	2674	6,10	6,10	6,20	6,13	435,98	28 dias
1.13	2639	6,10	6,10	6,10	6,10	432,62	28 dias
1.14	2710	6,20	6,15	6,20	6,18	438,27	28 dias
1.15	2713	6,15	6,15	6,20	6,17	439,95	28 dias

Tabela 113 - Dados das PCP coletadas no 2º dia – Fábrica de Blumenau.

Dados das PCP coletadas no 2º dia							
Tipo das PCP		PVR6 35		Data para rompimento aos 7 dias		07/11/2012	
Data da produção		31/10/2012		Data para rompimento aos 28 dias		28/11/2012	
Data da pesagem		01/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
2.1	2626	6,10	6,10	6,10	6,10	430,49	28 dias
2.2	2650	6,10	6,10	6,10	6,10	434,43	7 dias
2.3	2609	6,10	6,05	6,05	6,07	430,05	7 dias
2.4	2641	6,00	5,95	5,90	5,95	443,87	7 dias
2.5	2603	6,10	6,15	6,15	6,13	424,40	28 dias
2.6	2697	6,10	6,10	6,20	6,13	439,73	7 dias
2.7	2707	6,20	6,20	6,20	6,20	436,61	28 dias
2.8	2648	6,10	6,10	6,10	6,10	434,10	28 dias
2.9	2668	6,00	6,05	6,10	6,05	440,99	7 dias
2.10	2671	6,15	6,20	6,20	6,18	431,97	7 dias
2.11	2723	6,10	6,10	6,10	6,10	446,39	7 dias
2.12	2731	6,20	6,20	6,20	6,20	440,48	28 dias
2.13	2750	6,10	6,10	6,10	6,10	450,82	28 dias
2.14	2725	6,20	6,15	6,15	6,17	441,89	28 dias
2.15	2730	6,10	6,15	6,20	6,15	443,90	28 dias

Tabela 114 - Dados das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica de Blumenau.

Tipo das PCP		PVR6 35		Data para rompimento aos 7 dias			08/11/2012
Data da produção		01/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias			29/11/2012
Data da pesagem		05/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H 1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Massa / H média	Idade do Rompimento
3.1	2740	6,10	6,10	6,10	6,10	449,18	28 dias
3.2	2717	6,15	6,15	6,20	6,17	440,59	28 dias
3.3	2682	6,15	6,10	6,10	6,12	438,47	28 dias
3.4	2762	6,10	6,10	6,05	6,08	454,03	28 dias
3.5	2734	6,20	6,30	6,30	6,27	436,28	7 dias
3.6	2784	6,20	6,20	6,20	6,20	449,03	7 dias
3.7	2770	6,20	6,10	6,10	6,13	451,63	7 dias
3.8	2692	6,15	6,20	6,20	6,18	435,36	7 dias
3.9	2761	6,15	6,20	6,20	6,18	446,52	28 dias
3.10	2616	6,00	6,00	6,10	6,03	433,59	28 dias
3.11	2613	6,00	6,10	6,10	6,07	430,71	7 dias
3.12	2586	6,00	6,05	6,10	6,05	427,44	28 dias
3.13	2594	5,90	5,95	6,00	5,95	435,97	28 dias
3.14	2721	6,20	6,20	6,20	6,20	438,87	7 dias
3.15	2718	6,10	6,15	6,20	6,15	441,95	7 dias

Tabela 115 - Dados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica de Blumenau

Dados das PCP coletadas no 4º dia							
Tipo das PCP		PVR6 35		Data para rompimento aos 7 dias		12/11/2012	
Data da produção		05/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias		03/12/2012	
Data da pesagem		06/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H 1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
4.1	2729	6,10	6,20	6,20	6,17	442,54	7 dias
4.2	2796	6,30	6,30	6,30	6,30	443,81	7 dias
4.3	2814	6,20	6,10	6,10	6,13	458,80	28 dias
4.4	2726	6,15	6,15	6,20	6,17	442,05	28 dias
4.5	2739	6,20	6,20	6,20	6,20	441,77	28 dias
4.6	2657	6,10	6,10	6,10	6,10	435,57	7 dias
4.7	2718	6,10	6,20	6,20	6,17	440,76	7 dias
4.8	2717	6,15	6,15	6,15	6,15	441,79	7 dias
4.9	2737	6,15	6,10	6,10	6,12	447,47	7 dias
4.10	2663	6,05	6,05	6,10	6,07	438,96	28 dias
4.11	2654	6,10	6,10	6,15	6,12	433,90	7 dias
4.12	2659	6,10	6,10	6,15	6,12	434,71	28 dias
4.13	2722	6,10	6,05	6,10	6,08	447,45	28 dias
4.14	2747	6,20	6,20	6,20	6,20	443,06	28 dias
4.15	2668	6,10	6,15	6,20	6,15	433,82	28 dias

Tabela 116 - Dados das PCP coletadas no 5º dia – Fábrica de Blumenau.

Dados das PCP coletadas no 5º dia							
Tipo das PCP		PVR6 35		Data para rompimento aos 7 dias		13/11/2012	
Data da produção		06/11/2012		Data para rompimento aos 28 dias		04/12/2012	
Data da pesagem		07/11/2012		Observação			
Numeração de cada peça	Massa (g)	H 1 (cm)	H 2 (cm)	H 3 (cm)	H média (cm)	Massa / Hmédia	Idade do Rompimento
5.1	2695	6,10	6,10	6,10	6,10	441,80	7 dias
5.2	2695	6,20	6,10	6,10	6,13	439,40	28 dias
5.3	2654	6,10	6,10	6,10	6,10	435,08	28 dias
5.4	2673	6,30	6,25	6,20	6,25	427,68	28 dias
5.5	2679	6,10	6,10	6,10	6,10	439,18	7 dias
5.6	2710	6,15	6,10	6,10	6,12	443,05	28 dias
5.7	2733	6,15	6,20	6,20	6,18	441,99	28 dias
5.8	2742	6,20	6,20	6,20	6,20	442,26	7 dias
5.9	2763	6,30	6,20	6,20	6,23	443,26	7 dias
5.10	2701	6,10	6,00	6,00	6,03	447,68	28 dias
5.11	2731	6,20	6,20	6,20	6,20	440,48	7 dias
5.12	2618	6,10	6,10	6,10	6,10	429,18	7 dias
5.13	2694	6,10	6,10	6,10	6,10	441,64	28 dias
5.14	2645	6,10	6,10	6,20	6,13	431,25	28 dias
5.15	2685	6,20	6,20	6,20	6,20	433,06	7 dias

ANEXO 8– TABELAS COM OS RESULTADOS DOS ROMPIMENTOS DAS PCP COLETADAS DURANTE CADA UM DOS 5 DIAS DE APLICAÇÃO DO MÓDULO 2 DO PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE – FÁBRICA DE BLUMENAU.

Tabela 117 - Resultado das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica de Blumenau (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 1ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		06/11/2012		
data da produção	30/10/2012	Data do rompimento com 28 dias		27/11/2012		
Data da pesagem	31/10/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
1.2	2677	6,20	225,80	33,72	1185,83	2,26
1.4	2644	6,05	217,60	32,49	1157,14	2,28
1.5	2748	6,30	228,40	34,11	1204,95	2,28
1.6	2727	6,20	251,10	37,50	1185,83	2,30
1.7	2704	6,25	210,10	31,37	1195,39	2,26
1.10	2661	6,10	229,20	34,23	1166,70	2,28
1.11	2693	6,20	221,70	33,11	1185,83	2,27
Desvio padrão da resistência (MPa)			1,92	CV(%)	5,67	
Fp (MPa)				33,79		
Fpk (MPa)				32,05		

Tabela 117 (continuação) - Resultado das PCP coletadas no 1º dia – Fábrica de Blumenau.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 1ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		06/11/2012		
data da produção	30/10/2012	Data do rompimento com 28 dias		27/11/2012		
Data da pesagem	31/10/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
1.1	2652	6,07	272,60	40,71	1160,96	2,28
1.3	2642	6,07	253,90	37,91	1160,96	2,28
1.8	2671	6,15	226,50	33,82	1176,26	2,27
1.9	2715	6,15	245,00	36,58	1176,26	2,31
1.12	2674	6,13	262,60	39,21	1172,44	2,28
1.13	2639	6,10	250,70	37,44	1166,70	2,26
1.14	2710	6,18	245,00	36,58	1182,00	2,29
1.15	2713,0	6,17	288,90	43,14	1180,09	2,30
Desvio padrão da resistência (MPa)			2,85	CV(%)	7,46	
Fp (MPa)				38,17		
Fpk (MPa)				35,62		

Tabela 118 - Resultado das PCP coletadas no 2º dia - Fábrica de Blumenau (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 2ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		07/11/2012		
data da produção	31/10/2012	Data do rompimento com 28 dias		28/11/2012		
Data da pesagem	01/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
2.2	2650	6,10	214,50	32,03	1166,70	2,27
2.3	2609	6,07	220,30	32,90	1160,96	2,25
2.4	2641	5,95	244,90	36,57	1138,01	2,32
2.6	2697	6,13	237,40	35,45	1172,44	2,30
2.9	2668	6,05	209,30	31,25	1157,14	2,31
2.10	2671	6,18	229,90	34,33	1182,00	2,26
2.11	2723	6,10	261,70	39,08	1166,70	2,33
Desvio padrão da resistência (MPa)			2,75	CV(%)	7,97	
Fp (MPa)				34,52		
Fpk (MPa)				32,02		

Tabela 118 (continuação) - Resultado das PCP coletadas no 2º dia - Fábrica de Blumenau.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 2ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		07/11/2012		
data da produção	31/10/2012	Data do rompimento com 28 dias		28/11/2012		
Data da pesagem	01/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
2.1	2626	6,10	286,60	42,80	1166,70	2,25
2.5	2603	6,13	252,10	37,64	1172,44	2,22
2.7	2707	6,20	260,10	38,84	1185,83	2,28
2.8	2648	6,10	270,10	40,33	1166,70	2,27
2.12	2731	6,20	244,80	36,55	1185,83	2,30
2.13	2750	6,10	275,30	41,11	1166,70	2,36
2.14	2725	6,17	236,10	35,26	1180,09	2,31
2.15	2730,0	6,15	232,50	34,72	1176,26	2,32
Desvio padrão da resistência (MPa)			2,88	CV(%)	7,50	
Fp (MPa)				38,41		
Fpk (MPa)				35,83		

Tabela 119 - Resultado das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica de Blumenau (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 3ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias	08/11/2012			
data da produção	01/11/2012	Data do rompimento com 28 dias	29/11/2012			
Data da pesagem	05/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)	63,62			
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)	1182,0			
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
3.5	2734	6,27	217,60	32,49	1199,21	2,28
3.6	2784	6,20	238,70	35,64	1185,83	2,35
3.7	2770	6,13	235,00	35,09	1172,44	2,36
3.8	2692	6,18	221,00	33,00	1182,00	2,28
3.11	2613	6,07	207,40	30,97	1160,96	2,25
3.14	2721	6,20	212,40	31,72	1185,83	2,29
3.15	2718	6,15	210,00	31,36	1176,26	2,31
Desvio padrão da resistência (MPa)			1,83	CV(%)	5,55	
Fp (MPa)				32,90		
Fpk (MPa)				31,24		

Tabela 119 (continuação) - Resultado das PCP coletadas no 3º dia – Fábrica de Blumenau.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 3ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias	08/11/2012			
data da produção	01/11/2012	Data do rompimento com 28 dias	29/11/2012			
Data da pesagem	05/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)	63,62			
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)	1182,0			
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
3.1	2740	6,10	319,40	47,69	1166,70	2,35
3.2	2717	6,17	296,10	44,21	1180,09	2,30
3.3	2682	6,12	256,30	38,27	1170,52	2,29
3.4	2762	6,08	338,80	50,59	1162,87	2,38
3.9	2761	6,18	259,80	38,79	1182,00	2,34
3.10	2616	6,03	254,00	37,93	1153,31	2,27
3.12	2856	6,05	246,00	36,73	1157,14	2,47
3.13	2594	5,95	249,00	37,18	1138,01	2,28
Desvio padrão da resistência (MPa)			5,35	CV(%)	12,91	
Fp (MPa)				41,43		
Fpk (MPa)				36,63		

Tabela 120 - Resultados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica de Blumenau (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 4ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		12/11/2012		
data da produção	05/11/2012	Data do rompimento com 28 dias		03/12/2012		
Data da pesagem	06/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
4.1	2729	6,17	236,90	35,37	1180,09	2,31
4.2	2796	6,30	243,00	36,29	1204,95	2,32
4.6	2657	6,10	214,60	32,04	1166,70	2,28
4.7	2718	6,17	214,90	32,09	1180,09	2,30
4.8	2717	6,15	221,60	33,09	1176,26	2,31
4.9	2737	6,12	230,40	34,40	1170,52	2,34
4.11	2654	6,12	215,80	32,22	1170,52	2,27
Desvio padrão da resistência (MPa)			1,72	CV(%)	5,13	
Fp (MPa)				33,64		
Fpk (MPa)				32,08		

Tabela 120 (continuação) - Resultados das PCP coletadas no 4º dia – Fábrica de Blumenau.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 4ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		12/11/2012		
data da produção	05/11/2012	Data do rompimento com 28 dias		03/12/2012		
Data da pesagem	06/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
4.3	2814	6,13	308,80	46,11	1172,44	2,40
4.4	2726	6,17	258,80	38,65	1180,09	2,31
4.5	2739	6,20	252,60	37,72	1185,83	2,31
4.10	2663	6,07	236,00	35,24	1160,96	2,29
4.12	2659	6,12	225,90	33,73	1170,52	2,27
4.13	2722	6,08	273,20	40,80	1162,87	2,34
4.14	2747	6,20	263,40	39,33	1185,83	2,32
4.15	2668,0	6,15	236,60	35,33	1176,26	2,27
Desvio padrão da resistência (MPa)			3,92	CV(%)	10,23	
Fp (MPa)				38,36		
Fpk (MPa)				34,85		

Tabela 121 - Resultados das PCP coletadas no 5º dia – Fábrica de Blumenau (continua).

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 5ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		13/11/2012		
data da produção	06/11/2012	Data do rompimento com 28 dias		04/12/2012		
Data da pesagem	07/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 7 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
5.1	2695	6,10	249,50	37,26	1166,70	2,31
5.5	2679	6,10	210,50	31,43	1166,70	2,30
5.8	2742	6,20	254,10	37,94	1185,83	2,31
5.9	2763	6,23	221,00	33,00	1191,56	2,32
5.11	2731	6,20	242,90	36,27	1185,83	2,30
5.12	2618	6,10	223,90	33,43	1166,70	2,24
5.15	2685	6,20	230,60	34,43	1185,83	2,26
Desvio padrão da resistência (MPa)			2,40	CV(%)	6,90	
Fp (MPa)				34,82		
Fpk (MPa)				32,65		

Tabela 121 (continuação) - Resultados das PCP coletadas no 5º dia – Fábrica de Blumenau.

Resultados para os 7 e 28 dias das peças coletadas no 5ª dia						
Tipo das PCP	PVR635	Data do rompimento com 7 dias		13/11/2012		
data da produção	06/11/2012	Data do rompimento com 28 dias		04/12/2012		
Data da pesagem	07/11/2012	Área da placa auxiliar (cm²)		63,62		
Fator de correção	0,95	Volume nominal (cm³)		1182,0		
PCP rompidas com 28 dias						
Numeração das peças	Massa (g)	H média (cm)	Carga de ruptura (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Volume (cm³)	Massa esp. seca (g/cm³)
5.2	2695	6,13	248,50	37,11	1172,44	2,30
5.3	2654	6,10	226,80	33,87	1166,70	2,27
5.4	2673	6,25	246,10	36,75	1195,39	2,24
5.6	2710	6,12	286,50	42,78	1170,52	2,32
5.7	2733	6,18	250,60	37,42	1182,00	2,31
5.10	2701	6,03	263,70	39,38	1153,31	2,34
5.13	2694	6,10	244,10	36,45	1166,70	2,31
5.14	2645,0	6,13	230,60	34,43	1172,44	2,26
Desvio padrão da resistência (MPa)			2,81	CV(%)	7,55	
Fp (MPa)				37,27		
Fpk (MPa)				34,75		

ANEXO 9– TABELAS COM OS RESULTADOS DOS ROMPIMENTOS DAS ARGAMASSAS PARA O TESTE DO CIMENTO REALIZADO PARA CADA UM DOS 5 DIAS DE COLETAS DAS AMOSTRAS DE CIMENTO.

Tabela 122 - Resultado do ensaio do cimento realizado para cada uma das 5 coletas de cimento, obtidos através da moldagem de argamassas – Fábrica de Blumenau.

Resistência do cimento aos 7 dias - Fábrica de Blumenau							
Argamassa	Número do corpo de prova	Área (cm²)	Carga (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
1º Dia	1	17,72	78,30	44,19	44,49	0,62	1,40
	2	17,72	80,10	45,20			
	3	17,72	78,10	44,07			
2º Dia	1	17,72	83,20	46,95	46,23	0,76	1,65
	2	17,72	80,50	45,43			
	3	17,72	82,05	46,30			
3º Dia	1	17,72	75,35	42,52	43,73	1,31	2,99
	2	17,72	79,95	45,12			
	3	17,72	77,15	43,54			
4º Dia	1	17,72	78,80	44,47	44,83	0,37	0,82
	2	17,72	79,40	44,81			
	3	17,72	80,10	45,20			
5º Dia	1	17,72	75,40	42,55	43,28	0,68	1,58
	2	17,72	76,85	43,37			
	3	17,72	77,80	43,91			
	2	17,72	85,90	48,48			
	3	17,72	89,00	50,23			

Tabela 122 (continuação) - Resultado do ensaio do cimento realizado para cada uma das 5 coletas de cimento, obtidos através da moldagem de argamassas – Fábrica de Blumenau.

Resistência à compressão do cimento aos 28 dias - Fábrica de Blumenau							
Argamassa	Número do corpo de prova	Área (cm ²)	Carga (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
1º Dia	1	17,72	85,70	48,36	47,80	1,93	4,03
	2	17,72	87,50	49,38			
	3	17,72	80,90	45,65			
2º Dia	1	17,72	88,00	49,66	49,32	2,72	5,52
	2	17,72	91,90	51,86			
	3	17,72	82,30	46,44			
3º Dia	1	17,72	84,20	47,52	48,25	0,71	1,47
	2	17,72	86,70	48,93			
	3	17,72	85,60	48,31			
4º Dia	1	17,72	90,40	51,02	48,87	2,40	4,92
	2	17,72	82,00	46,28			
	3	17,72	87,40	49,32			
5º Dia	1	17,72	90,10	50,85	49,85	1,23	2,47
	2	17,72	85,90	48,48			
	3	17,72	89,00	50,23			

