MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

Marina Laport Cabral Pedrosa

CONTROLE DE QUALIDADE E RASTREABILIDADE PARA CONCRETO MOLDADO IN-LOCO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Ouro Preto
2016

Marina Laport Cabral Pedrosa

CONTROLE DE QUALIDADE E RASTREABILIDADE PARA CONCRETO MOLDADO IN-LOCO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

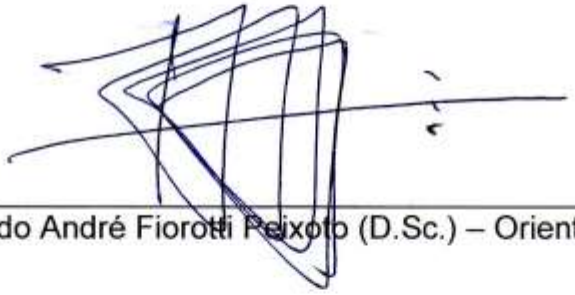
Orientador: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto

Ouro Preto
2016

Marina Laport Cabral Pedrosa

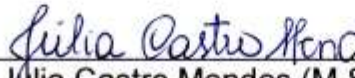
Controle de qualidade e rastreabilidade para concreto moldado in-loco em habitações de interesse social

Monografia de conclusão de curso para obtenção do Grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto, defendida e aprovada em 13 de abril de 2016, pela banca examinadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto (D.Sc.) – Orientador – UFOP

Prof. Guilherme Jorge Brigolini Silva (D.Sc.) – UFOP



Profa. Júlia Castro Mendes (M.Sc.) – Membro - FASAR

Dedico este trabalho aos meus pais, Lucio e Regina, às minhas irmãs, Thaís e Bárbara e à toda minha família.

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida e pela capacidade de aprender, aos meus pais e irmãs pelo amor, apoio e paciência. Ao Vitor pela “Vila Sustentável” e por acreditar em minha capacidade. Ao Júnio e à Julia por toda ajuda.

E agradeço, principalmente, ao professor Ricardo Fiorotti, pela orientação e pelo aprendizado constante.

RESUMO

Este trabalho propõe destacar a importância do controle tecnológico e rastreabilidade do concreto para fins estruturais, como ferramenta de padronização para se obter os requisitos básicos e imprescindíveis para uma edificação em concreto armado, como a conformidade com projeto, durabilidade, qualidade e segurança. Nesse contexto, foram demonstrados todos os processos e equipamentos desde a escolha e o recebimento dos materiais a serem utilizados no concreto, o gerenciamento dos serviços e processos no canteiro de obras, até a execução de ensaios em laboratórios. O trabalho ainda indica as patologias que podem ser desenvolvidas em função da execução deficiente ou ausência dos procedimentos de controle tecnológico. Foi proposto assim, um protocolo para ações executivas do controle tecnológico, de rastreabilidade e mapeamento do concreto feito in loco em uma fundação tipo radier.

Palavras chave: Controle Tecnológico, Concreto, Rastreabilidade, Mapeamento, Qualidade.

ABSTRACT

This work highlights the importance of technological control and concrete traceability for structural purposes as a standardization tool to obtain the basic and essential requirements for a building of reinforced concrete, in accordance with the project, durability, quality and safety. In this context, all the processes and equipment were demonstrated. From the choice and receipt of materials to be used in the concrete, the management of services and processes in the construction site, to the execution of tests in laboratory. The work also indicates the pathologies that can be developed as a function of poor performance or lack of technological control procedures. A protocol for executive actions of technological control, and a proposal for traceability procedures and concrete mapping done in place for radier foundations were established.

Keywords: Technological Control, Concrete, Traceability, Mapping, Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Elevador Lacerda, em Salvador (Revista Téchne, 2008) 16
Figura 2: Edifício Itália em São Paulo. (Revista Téchne, 2008) 17
Figura 3: Museu de Arte de São Paulo. (Revista Téchne, 2008) 17
Figura 4: Usina Hidrelétrica de Itaipu, Paraná. (Revista Téchne, 2008) 18
Figura 5: Usina Hidrelétrica de Itaipu, Paraná. (Revista Téchne, 2008) 18
Figura 6: Rodovia dos Imigrantes. (Revista Téchne, 2008) 19
Figura 7: Museu da Escultura em São Paulo. (Revista Téchne, 2008) 20
Figura 8: Hotel Unique em São Paulo. (Revista Téchne, 2008) 20
Figura 9: Edifício e-Tower em São Paulo. (Revista Téchne, 2008) 21
Figura 10: Ponte JK no Distrito Federal. (Revista Téchne, 2008) 21
Tabela 1: Quantidade de corpos de prova por classe de resistência e percentual. (Santiago, 2011) 24
Figura 11: Conjunto Slump Test (Bombear, 2016) 29
Figura 12: Molde cilíndrico (Solocap, 2016) 30
Figura 13: Fachada frontal das geminadas (Reciclos, 2013) 34
Figura 14: Visão geral do projeto (Reciclos, 2013) 34
Figura 15: Planta baixa de arquitetura, uma geminada (Reciclos, 2013) 35
Figura 16: : Radier primeira geminada 36
Figura 17: Radier segunda geminada 37
Figura 18: Divisão em quadrantes primeira geminada 43
Figura19: Divisão em quadrantes segunda geminada 44
Figura 20: Curva Granulométrica agregados graúdos 45
Figura 21: Curva Granulométrica agregado miúdo 46
Figura 22: Teor de umidade dos agregados 47
Figura 23: Massa Específica dos agregados 48
Figura 24: Absorção de água dos agregados graúdos 49
Figura 25: Massa unitária dos agregados graúdos 49
Figura 26: Etiqueta de identificação. 50
Figura 27: Identificação dos corpos de prova 51
Figura 28: Padiola 52
Figura 29: Slump Test CP_1, sem ajuste 53
Figura 30: Slump Test CP_1, com ajuste 54
Figura 31: Slump Final x Slump de Projeto 54
Figura 32: Vibração do concreto 56
Figura 33: Controle de cura 57
Figura 34: Resistência do concreto à compressão 57
Figura 35: Relação do ajuste do traço com a resistência à compressão 58
Figura 36: Mapeamento da primeira geminada 59
Figura 37: Mapeamento da segunda geminada 60

Figura 38: “Rastreabilidade e controle do concreto confeccionado na obra”, anverso. 61
Figura 39: “Rastreabilidade e controle do concreto confeccionado na obra”, verso. 63
Figura 40: Planilha de controle de corpo de prova 65

SUMÁRIO

1. Introdução 11
2. Objetivos 12
2.1. Objetivo geral 12
2.2. Objetivos específicos 12
3. Revisão Bibliográfica 13
3.1. Construções em concreto armado 13
3.1.1. No Brasil 15
3.2. Patologias do concreto armado 22
3.2.1. Fissuras 22
3.2.2. Exsudação 23
3.2.3. Segregação 23
3.3. Controle tecnológico 23
3.3.1. Processos convencionais 25
3.3.1.1. ABNT 25
3.3.1.2. Equipamentos, processos e métodos 25
3.3.1.2.1. Materiais componentes do concreto 25
3.3.1.2.2. Dosagem e determinação do traço 26
3.3.1.2.3. Execução do concreto 28
3.3.1.2.4. Transporte 30
3.3.1.2.5. Lançamento 30
3.3.1.2.6. Adensamento 31
3.3.1.2.7. Cura e outros cuidados 31
3.4. PBQP-H, Padronização e Rastreabilidade 32
3.5. Vila Sustentável 33
4. Materiais e Métodos 36
4.1 Materiais 37
4.1.1. Agregado miúdo 37
4.1.2. Agregados graúdos 37
4.1.3. Cimento 37
4.1.4. Água 38
4.2. Métodos 38
4.2.1. Caracterização dos agregados 38
4.2.1.1. Análise granulométrica 38
4.2.1.2. Teor de umidade 38
4.2.1.3. Massa específica 39

4.2.1.4. Massa unitária 40
4.2.2. Armazenamento dos materiais 40
4.2.3. Dosagem do concreto 41
4.2.3.1. Ajuste do traço em campo 41
4.2.2. Caracterização do concreto 41
4.2.2.1. Estado fresco 41
4.2.2.2. Estado endurecido 41
4.2.3. Controle tecnológico do concreto 41
4.2.3.1. Transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto 42
4.2.4. Rastreabilidade 42
4.2.4.1. Coleta de amostras 42
4.2.4.2. Cura e identificação dos corpos de prova 42
4.2.4.3. Mapeamento 42
4.2.5. Planilhas 44
5. Resultados 45
5.1. Análise Granulométrica 45
5.2. Teor de umidade 46
5.3. Massa específica 47
5.4. Absorção de água 48
5.5. Massa unitária 49
5.6. Identificação das amostras 50
5.7. Dosagem 51
5.8. Ajuste do traço em campo 52
5.9. Consistência do concreto 54
5.10. Controle da concretagem 55
5.10.1. Transporte 55
5.10.2. Lançamento 55
5.10.3. Adensamento 55
5.10.4. Cura 56
5.11. Resistência do concreto à compressão 57
5.12. Mapeamento 59
5.13. Planilhas de rastreabilidade e controle 60
5.13.1. Em campo 60
5.13.2. Em escritório 64
6. Conclusão 67
Referências 69

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, em virtude da urbanização e da busca constante de melhores sistemas de qualidade e segurança nas obras de construção civil é de fundamental importância o acompanhamento e monitoramento das mesmas, desde a escolha dos melhores e mais adequados materiais, do transporte, do armazenamento até a fase de conclusão da edificação. Diante dos problemas apresentados nas edificações e do grande número de vidas expostas, fica evidente a importância de um bom controle dos materiais empregados na construção (ADES, 2015).

É necessário assim, um rigoroso controle de conformidade da qualquer estrutura de concreto para que ela esteja dentro dos padrões de qualidade exigidos pelas normas vigentes. As etapas de controle de qualidade do concreto englobam o recebimento, processamento e armazenamento de materiais, controle da produção e de aceitação. Uma das vantagens do controle tecnológico do concreto é a garantia de estabilidade e competitividade de todas as etapas envolvidas na execução do projeto (IBRACON,2012).

Desta forma, o controle ineficaz ou a falta de acompanhamento do processo de concretagem podem acarretar no surgimento de patologias após a execução da concretagem, como a fissuração, segregação, corrosão das armaduras, etc.

Assim, este trabalho tem como objetivo, ressaltar a importância do controle tecnológico do concreto moldado in-loco, assim como propor um protocolo de rastreabilidade, padronização e qualidade do mesmo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Implementar protocolo para controle de qualidade de concreto produzido no canteiro de obras e moldados in-loco.

2.2. Objetivos específicos

- Obter uma dosagem adequada do concreto de cimento Portland compatível com elementos moldados in-loco;
- Controlar tecnologicamente materiais utilizados na dosagem;
- Controlar a qualidade do concreto produzido no canteiro;
- Controlar operações de lançamento, adensamento e cura;
- Implementar protocolo de rastreabilidade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Construções em concreto armado

Construções em concreto armado são estruturas que combinam o concreto, material de construção civil constituído de agregados miúdos e graúdos, cimento, água e, eventualmente, aditivos químicos, com armaduras de aço. A NBR 6118 (2003), item 3.1.3 define como elementos em concreto armado aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Partindo disso, a viabilidade do concreto armado se dá por três razões individualmente indispensáveis, são elas (SÜSSEKIND, 1983):

I. Trabalho conjunto de concreto e do aço, assegurado pela aderência entre os dois materiais:

   A aderência é a principal causa do comportamento estático conjunto do concreto e das barras de aço que compõe uma seção da peça. A aderência tem sido quantificada e comprovada por todos os ensaios realizados, desde a época de Mörsh, e é isso, que assegura, internamente, a transmissão de esforços do concreto para o aço e vice-versa, visto que, garante a igualdade de deformações específicas ε das barras de aço e do concreto que as envolve. Partindo disso, nos locais tracionados, onde o concreto apresenta resistência praticamente nula, a aderência arrasta consigo as barras de aço, forçando-as a trabalhar e, consequentemente, a absorver os esforços de tração o que evita a fissuração e a tendência a se deformar do concreto.

II. Os coeficientes de dilatação térmica do concreto e do aço são praticamente iguais.

   Para o concreto, o coeficiente de dilatação térmica α se situa entre (0,9 e 1,4) x 10-5/ºC, com valor mais frequente de 1,0 x 10-5/ºC, à medida que o aço possui coeficiente de dilatação térmica igual a 1,2 x 10-5/ºC. A diferença entre os valores é irrelevante nos casos correntes, visto que não é encontrado variações de temperatura superiores a 50ºC e processando-se lentamente. Surgem daí

pequenas tensões internas entre o concreto e o aço, que são desprezíveis nestas condições, proporcionais a uma variação de temperatura ainda menor do que aquela teoricamente existente, já que somente uma parcela da variação térmica chegará no ao aço, graças à dissipação de calor que ocorrerá no trecho do concreto que recobre a armadura.

III. O concreto protege de oxidação o aço da armadura, garantindo a durabilidade da estrutura.

Estruturas de concreto armado possuem longa vida útil devido ao fato de que concreto resguarda da oxidação o aço. Isso se deve à dupla proteção exercida pelo o concreto. A proteção física, através do cobrimento, devendo-se para isso utilizar um concreto compactado, adequadamente dosado e vibrado. E a proteção química, já que, em ambiente alcalino (causado pela presença de cal que se forma durante a pega do concreto, dissolvendo-se em água dos vazios), surge uma camada quimicamente inibidora em torno da armadura.

Concomitantemente à viabilidade, ainda segundo Süssekind (1986), o concreto armado possui vantagens que são responsáveis pelo seu desenvolvimento rápido, a ponto de obter, em menos de um século, o domínio absoluto do mercado mundial. São elas:

a) Economia. O concreto armado se mostra mais barato do que a estrutura metálica, em praticamente todos os casos convencionais no Brasil;
b) Facilidade de execução e adaptação a qualquer tipo de forma, permitindo total liberdade à concepção estrutural, arquitetônica e de método construtivo. Nenhum material propicia tamanha liberdade;
c) Excelente solução em termos de segurança, visto que, de modo direto e sem necessidade de posteriores ligações, se obtém uma estrutura monolítica, hiperestática;
d) Possui grande durabilidade visto que a manutenção e a conservação são praticamente nulas, desde que se garanta uma boa execução;
e) Resistência a efeito atmosféricos, térmicos, e a desgastes mecânicos.

Essencialmente, a grande desvantagem do concreto armado é seu peso próprio, da ordem de 2,5t/m³ para o concreto armado de densidade normal, conseguindo-se chegar a valores compreendidos entre 1,2 e 2,0t/m³ para o concreto leve estrutural.

Outras desvantagens são as dificuldades de reformas ou demolições. (SÜSSEKIND, 1983)

3.1.1. No Brasil

Segundo Andrade (2006), pouco se conhece efetivamente sobre o início do concreto armado no Brasil. A utilização do concreto armado foi noticiada, pela primeira vez, em 1904, documentada pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, no curso do professor Antônio de Paula Freitas. Segundo ele, as primeiras aplicações do concreto armado no Brasil ocorreram em edifícios no Rio de Janeiro. O responsável pela execução foi o engenheiro Carlos Poma que, além das residências, executou prédios, sobrados, fundações, muros. À época, o concreto armado era denominado cimento armado.

Já as primeiras estruturas de concreto armado calculadas no Brasil foram a ponte em arco sobre o rio Maracanã, em 1908, e a obra do viaduto entre São Cristóvão e São Diogo (viaduto esse, citado pela revista Brazil-Ferro Carril), de Carlos Euller e do seu auxiliar Mário de Andrade Martins Costa (VASCONCELOS, 2006).

Tratando-se de pontes, a primeira obra em São Paulo documentada, descrita na revista Polytechnica nº31/32 de 1910, foi projetada pelo engenheiro Guilherme E. Winter juntamente com o Ernesto Chagas. Para a fabricação do concreto, utilizaram-se pedregulhos retirados do rio com 250 kg de cimento por m^3, com traço de 1:3:6 e vergalhões de aço.

Ainda de acordo com Andrade (2006), supõe-se que as obras pioneiras em concreto armado no Brasil eram calculadas no exterior e que algumas utilizavam trilhos usados no lugar de vergalhões. A exemplo, tem-se a Ponte sobre o rio Camanducaia, na Fazenda Modelo em Amparo, cidade do estado de São Paulo construída em 1911. Um ano depois, construiu-se com a mesma metodologia a Ponte sobre o Rio Tamanduateí, na Mooca, São Paulo e as paredes laterais e lajes do fundo e do teto das obras de reconstrução de dois grandes reservatórios do sistema de abastecimento de água de Belo Horizonte.

Outra construção considerada pioneira na utilização de concreto no Brasil e executada com trilhos de trem, como estrutura metálica, e com o concreto revestindo apenas os perfis, é a Estação Ferroviária de Mairinque.

O engenheiro Arnaldo Forti Battagin, da Associação Brasileira de Cimento Portland, cita que os primeiros prédios altos brasileiros foram construídos nas décadas de 1920 e 1930, sendo respectivamente, os edifícios A Noite, na região portuária do Rio de Janeiro, e o Martinelli, no Centro de São Paulo.

Dentre diversas obras de concreto armado feitas no Brasil, a revista Téchne (2008) destaca como obras emblemáticas: a Marquise da tribuna de sócios do Jockey Club, com balanço de 22,4 m (recorde mundial na época), construída em 1926 no Rio de Janeiro; o Elevador Lacerda construído em Salvador, em 1930, e considerado o maior elevador de passageiros para fins comerciais no mundo, com elevação de 59 m e altura total de 73 m e apresentado na Figura 1 abaixo.

Figura 1: Elevador Lacerda, em Salvador (Revista Téchne, 2008)

A revista Téchne (2008) destaca ainda, a Ponte de Herval ou Ponte Emílio Baumgart, construída em 1930 que, na época, possuía o maior vão do mundo (68 m em viga reta) e considerada a primeira ponte do mundo em concreto construída em balanços sucessivos. Destaca-se também, a construção do Edifício Itália construído em 1962, em São Paulo e mostrado na Figura 2; o Museu de Arte de São Paulo, Masp, com laje de 30 m x 70 m livres, construído em 1969 sendo recorde mundial de vão na época e mostrado na Figura 3.

Figura 2: Edifício Itália em São Paulo. (Revista Téchne, 2008)

Figura 3: Museu de Arte de São Paulo. (Revista Téchne, 2008)

Faz-se ainda destaque para a Usina Hidrelétrica de Itaipu, no estado do Paraná, considerada a segunda maior barragem de gravidade do mundo, com 190 m de altura e mais de 10 milhões de metros cúbicos de concreto, apresentada abaixo na Figuras 4; o Edifício World Trade Center, em São Paulo, composto por duas torres, uma com 26 e outra com 17 andares, tem 177 mil m² de área construída, laje lisa

protendida com 25 cm de altura e vãos de 10 m, com vigas de bordo e apresentado na Figura 5.

Figura 4: Usina Hidrelétrica de Itaipu, Paraná. (Revista Téchne, 2008)

Figura 5: Usina Hidrelétrica de Itaipu, Paraná. (Revista Téchne, 2008)

Durante a década de 90, a Revista Téchne destaca dois edifícios, são eles: o Edifício Suarez Trade, em Salvador, com 33 andares e 40 mil m², com concreto de 60 MPa nas colunas da torre, andares-tipo com 600 m² totalmente livres, estrutura protendida nervurada, 15 m de vão e espessura total de somente 400 mm, laje plana em concreto armado nas garagens e o Edifício Manhattan Tower, construído no Rio de Janeiro, com 114 m de altura e 8 m de largura, de esbeltez com relação de 14:1.

Já na década de 2000 tem-se, apresentada na Figura 6, a pista descendente da Rodovia dos Imigrantes e em São Paulo tem-se o Centro Empresarial Nações Unidas, com 167 m de altura, o Museu da Escultura, apresentado na Figura 7, o Hotel Unique, apresentado na Figura 8, o edifício e-Tower, apresentado na Figura 9. E por fim, destaca-se a ponte sobre o rio Guamá, no Pará e a Ponte JK, no Distrito Federal e apresentada na Figura 10.

Figura 6: Rodovia dos Imigrantes. (Revista Téchne, 2008)

Figura 7: Museu da Escultura em São Paulo. (Revista Téchne, 2008)

Figura 8: Hotel Unique em São Paulo. (Revista Téchne, 2008)

Figura 9: Edifício e-Tower em São Paulo. (Revista Téchne, 2008)

Figura 10: Ponte JK no Distrito Federal. (Revista Téchne, 2008)

3.2. Patologias do concreto armado

3.2.1. Fissuras

Um dos problemas encontrados com grande incidência nas construções civis é a fissuração excessiva em estruturas de concreto armado, podendo ser originada por erro de projeto, erros de execução, por falha dos materiais empregados na concretagem, ou por mau uso. São diversos os fatores que causam o aparecimento de trincas, dentre eles a Revista Téchne (2010) destaca:

a) Sobrecargas.

Peças de concreto armado submetidas à sobrecargas mesmo que previstas em projeto podem apresentar fissuras que apresentam configuração diferenciada em função das parcelas solicitantes;

b) Recalques diferenciais.

Normalmente, as aberturas são proporcionais à intensidade do recalque e são inclinadas na direção do ponto onde ocorreu o maior recalque;

c) Retração por secagem

A variação da umidade pode provocar alteração do volume do concreto. Ao perder umidade, o concreto se contrai e ao ganhar, se expande. Esse efeito, induz o aparecimento de tensões de tração provocando fissuras. É importante ressaltar que a retração está diretamente relacionada com o consumo de cimento, de modo que quanto maior for o consumo de cimento adicionado à mistura, maior será a retração. A configuração desses tipos de fissuras, geralmente, é linear com direções variadas, dependendo de diversos fatores.

d) Agentes agressivos.

A deterioração dos materiais de construção, como a corrosão das armaduras, pode ser acelerada devido a presença de substâncias químicas e meios agressivos. A corrosão da armadura ocorre devido ao mau adensamento do concreto (o que gera um concreto poroso, com alta permeabilidade), ao mau dimensionamento, aos cobrimentos insuficientes. Normalmente, essas fissuras apresentam-se paralelas à direção da armadura principal.

3.2.2. Exsudação

Outra patologia do concreto é a produção de um concreto poroso e menos resistente, causada pela exsudação. Exsudação é a tendência da água de amassamento de vir à superfície do concreto recém-lançado, carregando partículas finas de cimento, formando uma pasta, que impede a ligação de novas camadas. A exsudação pode ser controlada pelo proporcionamento adequado de um concreto trabalhável, com redução do fator água/cimento ou pela adição de grãos relativamente finos que compensam as deficiências dos agregados (AMBROZEWICZ, 2012).

3.2.3. Segregação

A segregação é a separação dos materiais constituintes do concreto (agregados graúdos se separam da argamassa), o que resulta em um concreto cheio de vazios, reduzindo consideravelmente a resistência mecânica. Algumas de suas causas são: transporte longo com carrinho de mão em razão da vibração, perda de argamassa no transporte, vibração excessiva, arremesso do concreto com a pá e lançamento do concreto sobre as formas a uma altura superior a 2,5m (AMBROZEWICZ, 2012).

3.3. Controle tecnológico

É denominado controle tecnológico do concreto uma série de operações (controle, preparo, recebimento e aceitação) realizadas, de modo a garantir um material de acordo com a normatização brasileira e as exigências da obra. Para isso, de acordo com Petrucci (1995), faz-se necessário a abrangência tanto que possível de cinco fases. São elas:

1) Verificação da dosagem utilizada pelo executor da obra para atendimento das condições de resistência, durabilidade e estética, trabalhabilidade, de acordo com as exigências de projeto;
2) Caracterização dos materiais componentes do concreto;
3) Determinação da resistência à compressão simples através da moldagem e ensaio de corpos de prova;

4) Verificação por ensaio não destrutivo ou por extração de corpos de prova, da resistência do concreto na estrutura;
5) Controle estatístico periódico das resistências obtidas, para ajudar a homogeneidade do concreto e para sugerir as necessárias adaptações do traço.

O controle tecnológico é, portanto, fundamental para certificar o desempenho das estruturas, garantindo a durabilidade e atestando o padrão de qualidade estabelecido pelo projeto e pelas normas técnicas (VIA TÉCNICA, 2014). A sua grande vantagem é a redução, em uma proporção razoável, dos riscos de defeitos do concreto em si e, em caso de aparecimento, é possível detectá-los e corrigi-los (PRETRUCCI, 1995).

O controle tecnológico fornece ainda subsídios para a avaliação da qualidade da obra e pode indicar causas de patologias que eventualmente possam ocorrer (ADES, 2015).

Sabe-se ainda, que situações de não conformidade acarretam grandes prejuízos a cada ano no país e independente da causa, são inúmeros os fatores que podem tornar um concreto não conforme. Um estudo realizado por Santiago (2011), em que foram acompanhados mais de 6 mil corpos de prova em nove estados brasileiros, mostrou que a não conformidade dos concretos aumentou com o acréscimo da classe de resistência dos concretos, como mostra a Tabela 1, abaixo. Fato que pode estar correlacionado com os maiores cuidados na preparação que os concretos com resistências maiores necessitam. Portanto, o único meio de detectar e evitar as não conformidades é através do controle tecnológico. (ADES *apud* SANTIAGO; BECK, 2011).

Classe	Número de corpos de prova analizados	Não-conformidade (%)
C20	1255	1%
C30	1233	9%
C40	3925	28%
C50	148	84%

Tabela 1: Quantidade de corpos de prova por classe de resistência e percentual. (Santiago, 2011)

Portanto, o controle tecnológico deve ser feito para avaliar o desempenho de peças de concreto, para confirmar as características dos materiais indicados no projeto e para identificar e corrigir problemas de não conformidade. As atividades de

controle aplicam-se em dois momentos que estão relacionados ao estado do concreto: no estado fresco, momento esse de recebimento ou execução do concreto na obra, e no estado endurecido, momento de aceitação da estrutura. Assim, para se obter as características essenciais do concreto, como facilidade de manuseio quando fresco, durabilidade e impermeabilidade quando endurecido e boa resistência mecânica, se faz necessário o conhecimento dos fatores que influem na sua qualidade como: qualidade dos materiais, proporcionamento e manipulação adequados, cálculo estrutural, execução das fôrmas e da armadura, concretagem e cura cuidadosa (AMBROZEWICZ, 2012).

3.3.1. Processos convencionais

3.3.1.1. ABNT

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), o controle tecnológico do concreto é, mundialmente, estabelecido por normas técnicas. No Brasil, a ABNT NBR 12655 (2015) estabelece o procedimento para preparo, controle e recebimento do concreto e referencia normas específicas para a retirada de amostras do material e para os ensaios a serem realizados de forma a se comprovar sua qualidade.

3.3.1.2. Equipamentos, processos e métodos

3.3.1.2.1. Materiais componentes do concreto

O controle tecnológico dos materiais componentes do concreto é feito desde o recebimento dos materiais até a concretagem. O cimento Portland apresenta propriedades físico-químicas que garantem a qualidade do concreto no estado fresco e endurecido. A forma de armazenamento é fundamental para que se mantenha a qualidade do produto e deve ser feita de modo a evitar a exposição à umidade e a ocorrência da hidratação do cimento embalado, por isso, de acordo com a NBR 12655 (2015), o cimento deve ser guardado em pilhas, em local fechado, protegido da ação de chuva, névoa ou condensação. Cada lote recebido deve ser armazenado em pilhas separadas devidamente individualizadas e os sacos

devem ser apoiados sobre estrado ou paletes de madeira, para evitar contato direto com o solo; e devem ainda, estar separadas por corredores que permitam o acesso. Ressalta-se ainda que, para se evitar o “empedramento” do cimento, os sacos devem ser empilhados em altura de no máximo 15 unidades, quando ficarem retidos por período inferior a 15 dias, ou em altura de no máximo 10 unidades, quando permanecerem por período maior.

O armazenamento dos agregados deve ser feito separadamente, em função da sua graduação granulométrica, de acordo com as classificações indicadas na NBR 7211 (2009). Cada fração granulométrica deve ficar sobre uma base que permita escoar a água livre, de modo a eliminá-la. Deve-se evitar o contato com o solo e com substâncias que podem ser prejudiciais ao concreto, além de evitar o contato físico entre graduações diferentes. Já a água destinada ao amassamento do concreto deve ser guardada em caixas estanques e tampadas, de modo a evitar a contaminação por substâncias estranhas.

Além de cimento, água e agregados, deve-se mencionar os aditivos, que são substâncias introduzidas na mistura de concreto com o objetivo de melhorar certas propriedades no estado fresco e/ou endurecido, como trabalhabilidade e durabilidade.

Para a caracterização dos agregados devem ser realizados os seguintes ensaios: determinação da composição granulométrica, segundo NBR NM 248 (2003), determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman de acordo com a NBR 9976 (2012), determinação da massa específica e massa específica aparente e absorção de água para agregado graúdo, segundo NBR NM 53 (2009), determinação da massa unitária e do volume de vazios, segundo NBR NM 45 (2006) e determinação do teor de umidade total, segundo a NBR 9939 (2011).

3.3.1.2.2. Dosagem e determinação do traço

O concreto necessita ser adequadamente dosado para garantir às estruturas segurança e durabilidade. Cada concretagem implica em uma dosagem própria visto que vários fatores interferem, são eles: tamanho das peças a concretar, resistência desejada, trabalhabilidade adequada, equipamento disponível, características do cimento (tipo, marca, classe, idade), características dos agregados, umidade da

areia e as condições do ambiente onde será empregado o concreto (MENOSSI, 2004).

Partindo do estudo e avaliação desses fatores, é feita a composição do concreto. A composição do concreto é mostrada pelo traço, que pode ser indicado pelas proporções em peso, volume ou ambos (cimento em peso e os agregados em volume). É importante ressaltar, que seja qual for a maneira de exprimir a composição, adota-se sempre o cimento como unidade, e relacionam-se as demais quantidades à quantidade de cimento. A indicação em peso é a mais exata, entretanto não é a mais prática (PETRUCCI, 1995). A trabalhabilidade do concreto fresco e a resistência do concreto endurecido são os requisitos mais importantes para a definição do traço do concreto.

A dosagem do concreto pode ser experimental ou não experimental. A dosagem não experimental é a proporção do concreto feito em bases arbitrárias, fixadas quer pela tradição ou pela experiência do construtor. É, portanto, a maneira mais inadequada de dosagem. Já a dosagem experimental é aquela que, seja qual for o processo ou método utilizado, os materiais constituintes e o produto resultante são previamente ensaiados em laboratórios.

Dentre os métodos de dosagem eficazes, seguro e economicamente viável, foram estudados o Método ABCP, o Método Gildásio e o Método IPT.

O Método ABCP baseia-se na correlação linear que existe entre a proporção agregado/cimento e a relação água/cimento, usando determinados agregados graúdo e miúdo para concretos frescos com a mesma trabalhabilidade, isto é, com a mesma coesão e a mesma mobilidade em massa (PETRUCCI, 1995). Este método tem como premissa básica o princípio do volume absoluto, onde considera o fato que de cada tipo de agregado graúdo possui um volume de vazios que será preenchido por argamassa. Sendo assim, é considerado um método bastante simples, onde se conjugam tabelas prévias e ensaios de verificação e é parametrizado pelas das massas específicas dos agregados disponíveis e da dosagem em função da resistência (MENOSSI, 2004).

Já o Método Gildásio, desenvolvido pelo professor Eng. Gildásio Rodrigues da Silva necessita da definição da dimensão máxima do agregado, da resistência requerida (fcj) e da classe de cimento a ser utilizada (SOARES, 2009). Em seu livro, Manual de Traços de Concreto (1975), Gildásio destaca que a resistência e

durabilidade do concreto estão vinculadas a relação água/cimento e portanto, a relação deve ser realçada como um dado do projeto.

E por fim, o Método IPT se baseia nos estudos de Abrams (resistência do concreto é inversamente proporcional ao fator água/cimento) e considera que dois agregados de mesmo módulo são equivalentes, ou seja, para um mesmo traço exigem a mesma quantidade de água para que se obtenha uma determinada consistência, ou ainda, para um mesmo traço e a mesma consistência produzam concretos de mesma resistência (SÜSSEKIND, 1984). Segundo HELENE (1993), é um método muito simples, pois baseia-se na experiência do profissional.

3.3.1.2.3. Execução do concreto

Para execução do concreto, após a escolha do método e realização do cálculo do traço, faz-se necessário, primeiramente, a medição dos materiais constituintes. Para medir os agregados, após sua transformação em volumes correspondentes, o uso de padiolas é considerado o método mais comum. A sequência de colocação dos materiais, os erros nas quantidades dos materiais e o tempo de mistura podem comprometer a consistência, a resistência mecânica e a durabilidade do concreto (ADES, 2015) Segundo a NBR 12655 (2015), os componentes do concreto devem ser misturados até formar uma massa homogênea. Esta operação pode ser executada na obra ou em betoneira devendo atender às especificações do fabricante da betoneira quanto à capacidade de carga, velocidade e tempo de mistura. Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma “amassada” de concreto na obra, para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem. Para a verificação da uniformidade do abatimento do concreto moldado in-loco, a NBR 12655 (2015) prescreve ainda que, devem ser realizados ensaio de consistência pelo abatimento de cone, conforme a NBR NM 67 (1998) sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

a) na primeira amassada do dia;
b) ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2 h;
c) na troca dos operadores;
d) cada vez que forem moldados corpos de prova.

Os equipamentos utilizados para a determinação da consistência pelo abatimento do cone são: placa de base, molde, haste de compactação, conforme mostrado abaixo na Figura 11.

Figura 11: Conjunto Slump Test (Bombear, 2016)

Após a verificação da consistência, caso esta corresponda à prevista, o concreto poderá ser liberado para uso e para isso, faz-se necessário a retirada de amostra para ensaio de resistência à compressão. Caso contrário, a dosagem deverá ser ajustada no canteiro, uma vez que o ensaio de abatimento permite uma constatação fácil da homogeneidade da massa e um controle indireto da quantidade água.

O procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova deverá ser feito conforme previsto na NBR 5738 (2008). Nessa norma, estão previstos os seguintes equipamentos: os moldes que podem ser cilíndricos (ilustrado na Figura 12 abaixo) ou prismáticos, haste de adensamento e vibradores. É importante ressaltar que, antes da moldagem dos corpos de prova, os moldes e suas bases devem ser revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral.

Figura 12: Molde cilíndrico (Solocap, 2016)

Já o ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos deverá ser feito conforme prescrito na NBR 5739 (2007). A aparelhagem utilizada é: máquina de ensaio, pratos de compressão, prato inferior, prato superior de compressão e paquímetro. É importante ressaltar que, até a idade do ensaio os corpos de prova devem ser mantidos em processo de cura úmida ou saturada, nas condições preconizadas, conforme o caso, pelas NBR 5738, NBR 9479.

3.3.1.2.4. Transporte

O concreto deve ser transportado até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento. O tipo de transporte utilizado não deve acarretar em perda de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação e também não deve acarretar na desagregação do concreto. De acordo com Filho (2010), o sistema de transporte deve permitir, sempre que possível, o lançamento direto do concreto, evitando estocagens intermediárias. Para o concreto produzido na obra, o transporte se dá por meio de carrinhos de mão buscando sempre condições suaves de percurso.

3.3.1.2.5. Lançamento

Para o lançamento, recomenda-se o preenchimento de todo o volume das formas, de modo a eliminar ao máximo o ar aprisionado nos processos de mistura,

transporte e lançamento. Segundo Filho (2010), o lançamento deve ser contínuo até que todo o volume previsto no plano de concretagem tenha sido completado. A NBR 14931 (2004) recomenda que:

1. O concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura, além dos componentes embutidos previstos no projeto, seja adequadamente envolvidos pela massa;
2. Em nenhuma hipótese, deve ser realizado o lançamento do concreto após o início de pega ou o concreto com alguma contaminação;
3. O concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza a segregação entre seus componentes, tomando-se cuidados maiores quando maior for a altura de lançamento e a densidade das armaduras.

3.3.1.2.6. Adensamento

O adensamento é responsável pela redução da porosidade e do perfeito preenchimento das formas visto que retira de ar presente na massa de concreto. Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser vibrado ou socado com equipamento adequado à trabalhabilidade do concreto. Durante o adensamento deverão ser tomadas as precauções necessárias para que não haja segregação de material. Além disso, recomenda-se que não haja contato do vibrador com a forma para evitar bolhas de ar nem com a armadura para evitar a formação de vazios ao seu redor, prejudicando assim, a aderência (SÜSSEKIND, 1986).

3.3.1.2.7. Cura e outros cuidados

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a cura tem por objetivo impedir a perda precoce de umidade e controlar a temperatura do concreto durante um período suficiente para que se alcance um nível de resistência desejado. A proteção contra a secagem prematura poderá ser feita mantendo-se umedecida a superfície ou a protegendo com uma película impermeável pelo menos, pelos primeiros 7 dias ou por tantos dias quanto a natureza do cimento exigir. Deve-se ainda, proteger o concreto não endurecido satisfatoriamente contra agentes prejudiciais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, choques

e vibrações, agentes químicos de modo a evitar a fissuração do concreto ou prejudicando aderência à armadura (SÜSSEKIND, 1986).

Para obtenção de um concreto conforme e de qualidade satisfatória deve-se ainda atentar para alguns cuidados como: organização do canteiro de obras, treinamento da mão de obra, compatibilidade de projetos, etc.

3.4. PBQP-H, Padronização e Rastreabilidade

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é um programa desenvolvido pelo Governo Federal para a implementação dos acordos firmados pelo Brasil na Conferência do Habitat II, em 1996, através da assinatura da Carta de Istambul. Sua meta é a organização do setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. Sendo assim, tem o objetivo de combater a não conformidade, promover a qualidade de materiais e serviços, requalificar a mão-de-obra, capacitar os laboratórios, reduzir de custos, otimizar o uso dos recursos públicos, etc., aumentando assim, a produtividade em todos os seguimentos do setor. O Programa se tornou pré-requisito para a aprovação de projetos de empresas construtoras com a Caixa Econômica Federal e outras instituições de crédito privadas.

Um dos projetos desenvolvidos pelo programa é o Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras (SiAC), projeto resultado da revisão do antigo do antigo SIQ (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras). Segundo o site oficial do Ministério das Cidades (2016), o SiAC tem como objetivo avaliar a conformidade do sistema de gestão da qualidade das empresas de serviços e obras, considerando as características específicas da atuação dessas empresas no setor da construção civil, e baseando-se na padronização através da série de normas ISO 9000. Além disso, o PBQP-h exige o controle tecnológico sobre todos os elementos de cunho estrutural (PBQP-h, 2016).

Juntamente com o controle tecnológico faz-se necessário e imprescindível o rastreamento e a padronização de todo o processo. O rastreamento é importante uma vez que coleta todos os dados do procedimento de concretagem e caso seja detectada alguma anomalia ou patologia é possível um estudo da causa e consequentemente, solução. Já a padronização envolve o estabelecimento de

procedimentos de produção, de controle dos materiais utilizados na construção civil, bem como manejo, armazenamento, seguindo as normas vigentes e certificação.

A padronização depende, então, de normas oficiais, formação de auditorias internas e externas baseadas nas normas técnicas para que assegurem a integridade do sistema de qualidade e resultando em certificação.

Portanto, é necessário que o rastreamento e a padronização ocorram em concomitância ao controle tecnológico, caracterizando um processo extremamente abrangente e essencial que deve estar presente desde a primeira até a última etapa da execução de uma estrutura, garantindo assim, segurança e qualidade.

3.5. Vila Sustentável

Vila Sustentável é o nome dado a um conjunto de Habitações de Interesse Social cujo projeto foi desenvolvido através de estudos realizados pelo grupo RECICLOS CNPq, do Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Ouro Preto. De acordo com Franco (2015), as HiS agrupam resultados obtidos de estudos passados financiados por agências federais (CNPQ, CAPES), estaduais (FAPEMIG, Fundação GORCEIX, Fundação CEFETMINAS) e privada (ArcelorMittal Brasil), com o objetivo de estabelecer a possibilidade de utilização, em substituição aos materiais naturais convencionalmente utilizados, de rejeitos industriais siderúrgicos aplicados como materiais para elementos de construção civil.

Em fase de execução, a Vila Sustentável, localizada no bairro Morro do Cruzeiro, em Ouro Preto-MG, possui duas geminadas, mostradas na Figura 13. Cada geminada possui 2 unidades residenciais de 45,70 m^2 cada, além de área de estacionamento e praça de convivência, em terreno de aproximadamente 1.535,00 m^2, representado na Figura 14.

Figura 13: Fachada frontal das geminadas (Reciclos, 2013)

Figura 14: Visão geral do projeto (Reciclos, 2013)

O sistema construtivo adotado na construção da Vila Sustentável foi a alvenaria estrutural modular. A alvenaria estrutural modular possui diversas vantagens sendo a economia uma das principais, uma vez que reduz de forma significativa o desperdício de materiais, impede ajustes de componentes e o uso de materiais de enchimento, evita a perda por cortes dos blocos de alvenaria bem como racionaliza o processo construtivo e aumenta assim, a produtividade. O projeto arquitetônico,

representado na Figura 15, foi desenvolvido para o atendimento às demandas de modulação, em função das dimensões comerciais dos blocos.

Figura 15: Planta baixa de arquitetura, uma geminada (Reciclos, 2013)

Além da utilização de produtos com conteúdo reciclado de escória de aciaria, cada unidade das HiS terá aberturas com posições opostas e beirais diferentes para facilitar a livre circulação do ar, sistema de aquecimento solar de águas, sistemas para coleta de água da chuva, estações de tratamento de esgoto além de telhado verde. Dessa forma, propõe estratégias para a aplicação dos princípios da arquitetura bioclimática estabelecendo assim, critérios que associam aspectos relacionados à sustentabilidade em seu conceito mais amplo e que envolve o indivíduo, a coletividade e o processo construtivo, assim como outros aspectos relacionados à manutenção e à utilização desse empreendimento (FRANCO, 2015).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materias e métodos do presente trabalho foram aplicados na concretagem da fundação tipo radier da Vila Sustentável. O radier, representado nas Figura 16 e 17, possui duas áreas de concretagem de 121,66m², relativas à cada geminada, e uma espessura de 0,07m apresentando assim, um volume total de 17, 03 m³.

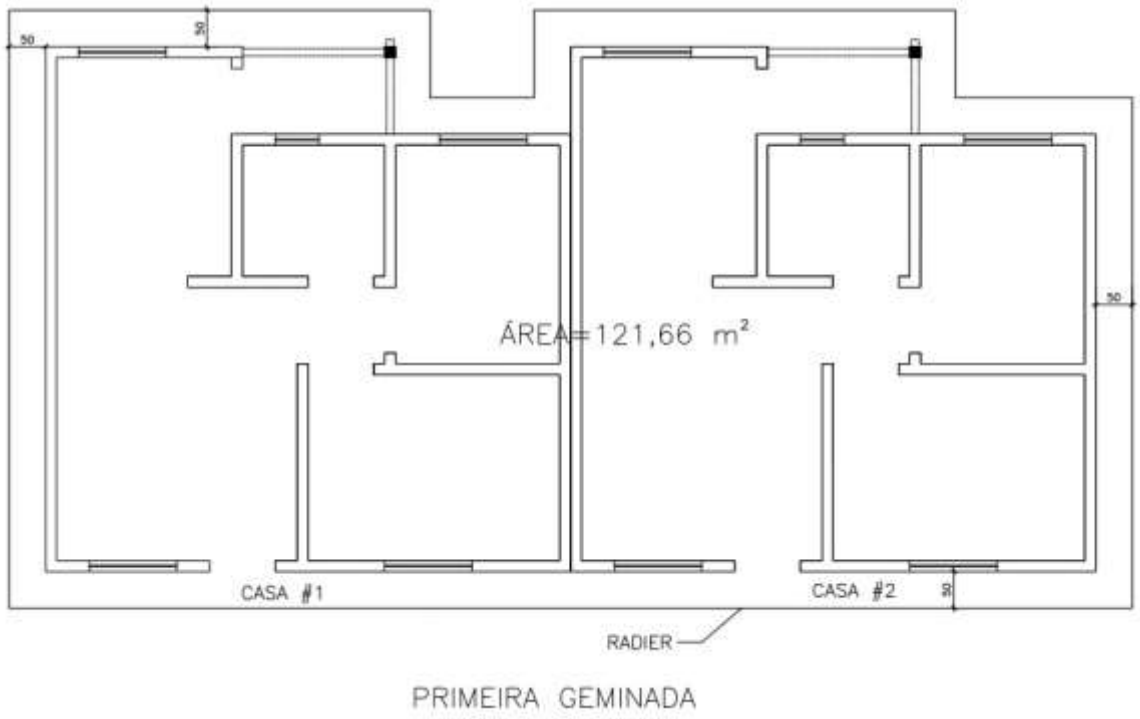


Figura 16: : Radier primeira geminada

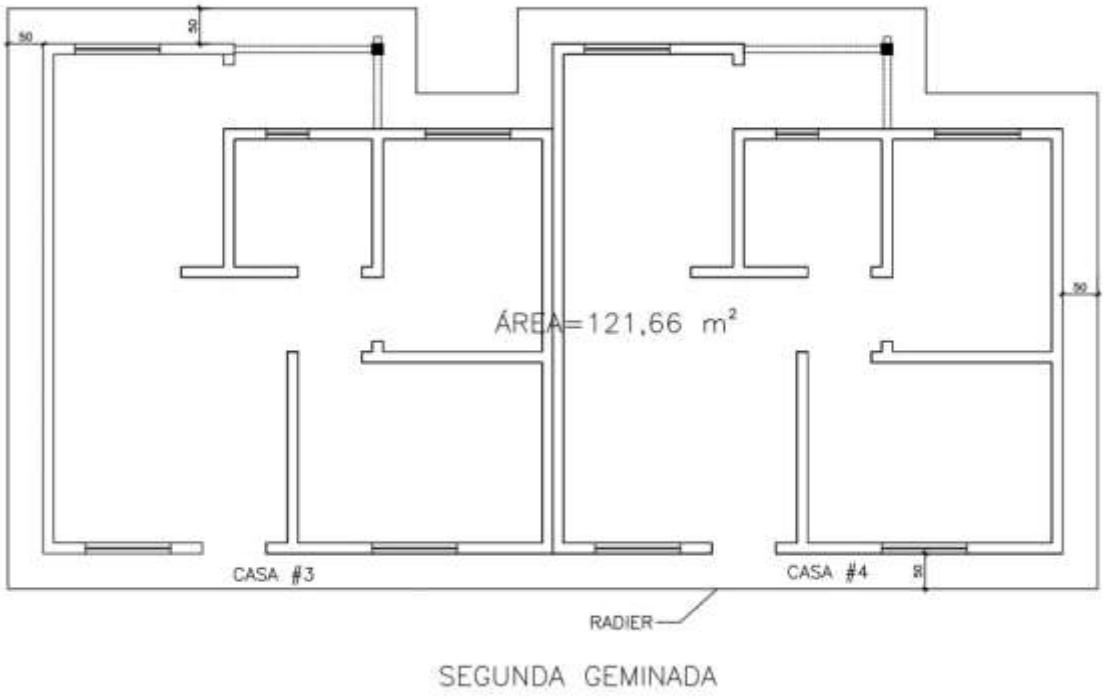


Figura 17: Radier segunda geminada

4.1 Materiais

4.1.1. Agregado miúdo

Neste trabalho, por se tratar de um agregado candidato à substituição da areia natural e devido à aspectos ambientais e socioeconômicos, utilizou-se, o pó de pedra, de origem gnaisse.

4.1.2. Agregados graúdos

Os agregados graúdos utilizados foram britas do tipo 0 e 1, de origem gnaisse.

4.1.3. Cimento

O cimento utilizado foi o Cimento Portland Pozolânico CP IV 32, uma vez que suas propriedades pozolânicas contribuem para um concreto menos poroso, acarretando maior durabilidade ao longo do tempo.

4.1.4. Água

A água de amassamento utilizada foi a água potável da cidade de Ouro Preto, Mg, portanto isenta de impurezas e substâncias estranhas que viessem a prejudicar o concreto.

4.2. Métodos

4.2.1. Caracterização dos agregados

Os agregados utilizados na produção do concreto moldado in-loco serão submetidos à ensaios de caracterização de suas propriedades físicas. Sendo importante ressaltar que todos os ensaios serão conduzidos de acordo com a normatização brasileira.

4.2.1.1. Análise granulométrica

A distribuição granulométrica, bem como a dimensão máxima característica e módulo de finura das amostras de material natural e artificial, foram realizadas de acordo com a NBR 248 (2003).

4.2.1.2. Teor de umidade

O teor de umidade dos agregados utilizados foi determinado por meio do procedimento estabelecido pela NBR 9939 (2011).

O teor de umidade total é dado pela equação abaixo:

$$h = \frac{M_i - M_f}{M_f} x100 \qquad (1.1)$$

Sendo:

h = teor de umidade total em %;

M_i = massa inicial da amostra, em g;

M_f = massa final da amostra, em g;

De acordo com a NBR NM 26 (2009) e NBR NM 27 (2001) foram coletadas as amostras de ensaio com a determinação da massa úmida (M_i), então as amostras foram deixadas em estufa até constância de massa e após seu resfriamento foi obtida a massa seca da amostra (M_f).

4.2.1.3. Massa específica

A massa especifica e a absorção de água dos agregados graúdos foi obtida segundo NBR NM 53 (2009).

A massa específica do agregado seco é dada pela equação 1.2:

$$d = \frac{m}{m_s - m_a} \tag{1.2}$$

Sendo:

d = massa específica do agregado seco, em g/cm³;

m = massa ao ar da amostra seca, em g;

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em g;

m_a = massa em água da amostra, em g.

A massa específica do agregado na condição saturado superfície seca e dada pela equação 1.3:

$$d_s = \frac{m_s}{m_s - m_a} \tag{1.3}$$

Sendo:

d_s = massa específica do agregado na condição saturado superfície seca, em g/cm³;

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em g;

m_a = massa em água da amostra, em g.

A absorção de água do agregado graúdo é dada pela equação 1.4:

$$A = \frac{m_s - m}{m} x100 \tag{1.4}$$

Sendo:

A = absorção de água, em %;

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em g;

m = massa da amostra seca, em g.

Já a massa especifica do agregado miúdo foi determinada de acordo com a NBR 9776 (2012) e é calculada mediante a expressão 1.5:

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \tag{1.5}$$

Sendo:

γ = massa específica do agregado miúdo; deve ser expressa em g/cm3;

L = leitura do frasco (volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo).

4.2.1.4. Massa unitária

A determinação da massa unitária e índice de vazios dos agregados foram realizados conforme a NBR NM 45 (2006).

A massa unitária do agregado é calculada pela equação 1.6:

$$\rho_{ap} = \frac{(m_{ar} - m_r)}{V} \tag{1.6}$$

Sendo:

ρ_{ap} = massa unitária do agregado, em kg/m³;

m_{ar} = massa do recipiente mais o agregado, em kg;

m_r = massa do recipiente vazio, em kg;

V = volume do recipiente, em m³.

4.2.2. Armazenamento dos materiais

O armazenamento dos materiais componentes do concreto foi feito conforme prevê a NBR 12655 (2015).

4.2.3. Dosagem do concreto

Para a dosagem do concreto foi utilizado o Software Especialista para Dosagem de Misturas Cimentícias desenvolvido no trabalho de monografia do então aluno, André Felipe Ferreira Soares, com orientação do professor Ricardo André Fiorotti Peixoto (SOARES, 2009). O método de dosagem escolhido foi o Método Gildásio uma vez que possui o traço mais rico em argamassa.

4.2.3.1. Ajuste do traço em campo

Antes do início da concretagem, deve-se preparou-se uma “amassada” de concreto na obra, para comprovação e ajuste do traço, segundo prescreve a NBR 12655 (2015).

4.2.2. Caracterização do concreto

4.2.2.1. Estado fresco

O ensaio realizado para determinação da consistência do concreto foi o ensaio de consistência pelo abatimento de cone, conforme a NBR NM 67 (1998). Para produzir um concreto plástico adotou-se slump de 80±10 mm.

4.2.2.2. Estado endurecido

O comportamento mecânico dos concretos foi determinado por meio da realização do ensaio de resistência à compressão segundo a NBR 5739 (2007).

4.2.3. Controle tecnológico do concreto

O controle tecnológico do concreto foi feito conforme previsto na NBR 12655 (2015).

4.2.3.1. Transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto

O transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto foram feitos segundas especificações contidas na NBR 14931 (2004).

4.2.4. Rastreabilidade

4.2.4.1. Coleta de amostras

A moldagem dos corpos de prova foi feita segundo a NBR 5738 (2008). Para cada amostra do concreto foram retirados dois corpos de prova, um para a realização do ensaio de resistência à compressão com idade de 7 dias e o outro, para idade de 28 dias.

Segundo a NBR 12655 (2015) toda vez que houver a mudança de operador da betoneira deve ser realizado o ensaio de abatimento e a coleta de amostras. No entanto, como o operador da betoneira foi o mesmo e não houve mudança durante toda a concretagem, eram retiradas duas amostras por dia, uma na parte da manhã, no início da concretagem e uma após intervalo de almoço, na parte da tarde.

4.2.4.2. Cura e identificação dos corpos de prova

A identificação dos corpos de prova foi feita segundo a NBR 5738 (2008). A cura dos corpos de prova foi feita em Câmara Saturada Úmida com temperatura média de 27,5ºC.

4.2.4.3. Mapeamento

O mapeamento do concreto foi feito para que se pudesse identificar o local onde o mesmo foi lançado, e caso fosse necessário, auxiliar a localizar a região onde cada lote de concreto foi empregado. Sendo assim, dividiu-se a área de cada Habitação de Interesse Social em quatro quadrantes, conforme mostrado nas Figuras 18 e 19, e cuja nomenclatura do quadrante é definida a seguir.

Q ij

Onde:

i= número da HiS

j= número do quadrante

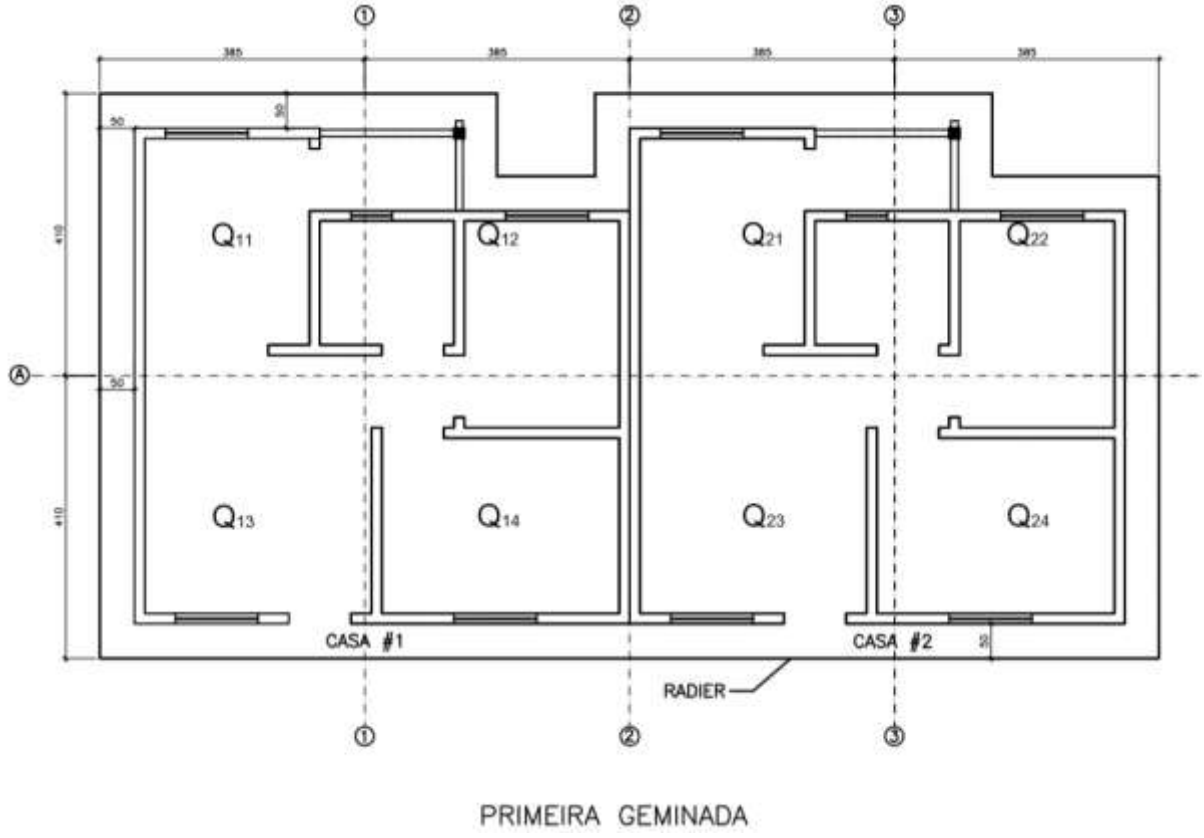


Figura 18: Divisão em quadrantes primeira geminada

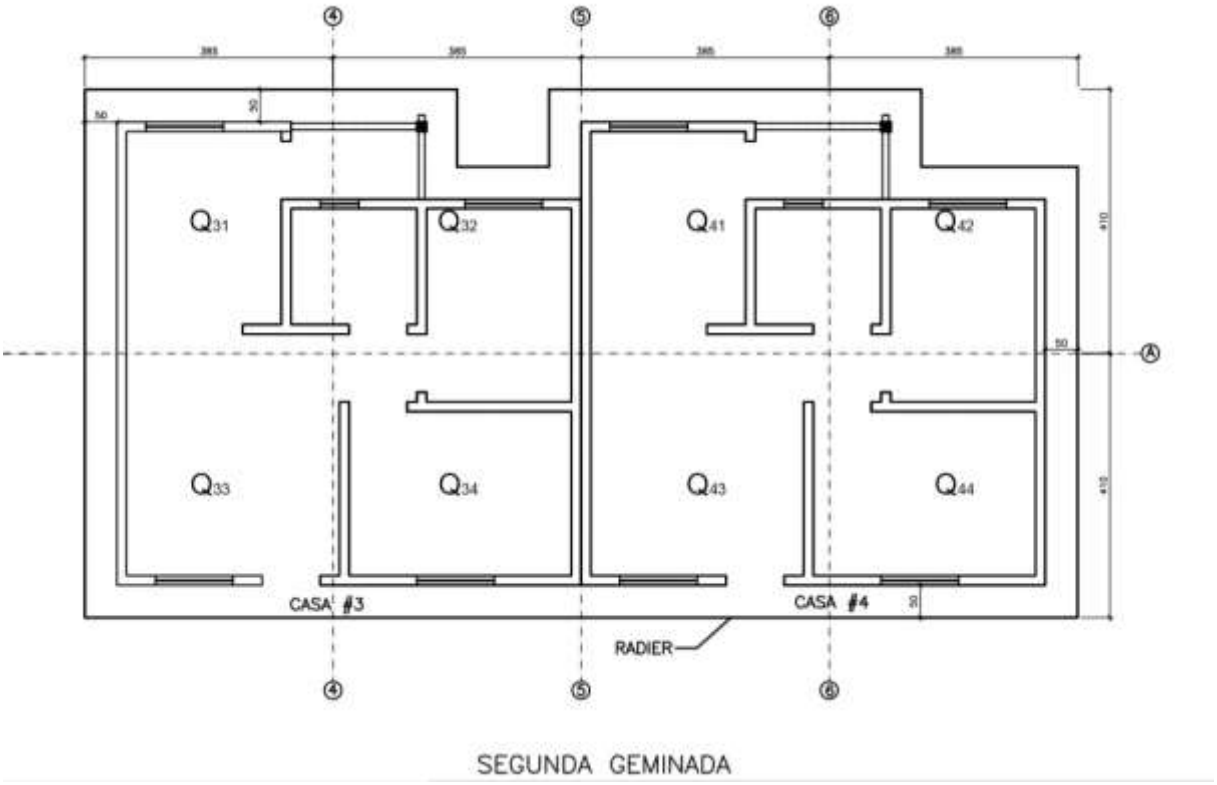


Figura19: Divisão em quadrantes segunda geminada

4.2.5. Planilhas

Com o objetivo de facilitar e garantir a rastreabilidade e o controle tecnológico do concreto, tanto em campo quanto em escritório, foram propostas duas planilhas para preenchimento que serão apresentadas em Resultados.

5. RESULTADOS

5.1. Análise Granulométrica

As curvas granulométricas dos agregados graúdos (brita 1 e brita 0) e do agregado miúdo (pó de pedra) encontram-se nas Figuras 20 e 21, respectivamente.

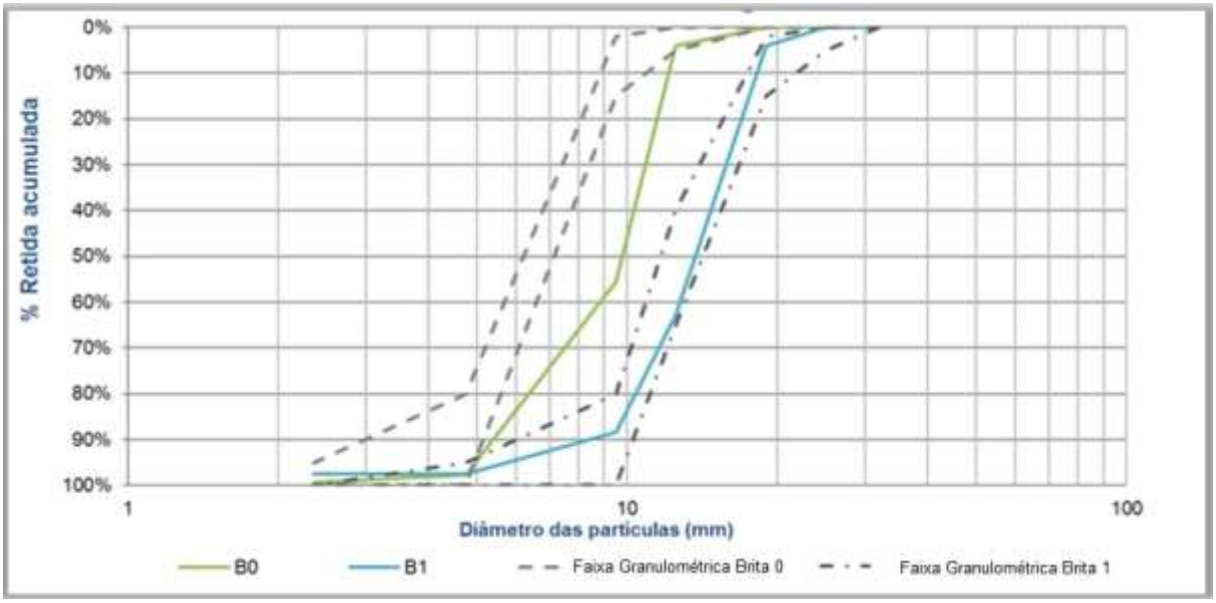


Figura 20: Curva Granulométrica agregados graúdos

A partir dos resultados apresentados na Figura 20, observou-se que a Brita 1 apresentou resultado dentro da faixa ideal para sua utilização. Já a Brita 0 apresentou resultado fora dos limites da zona de utilização, ficando mais próxima da faixa granulométrica da Brita 1.

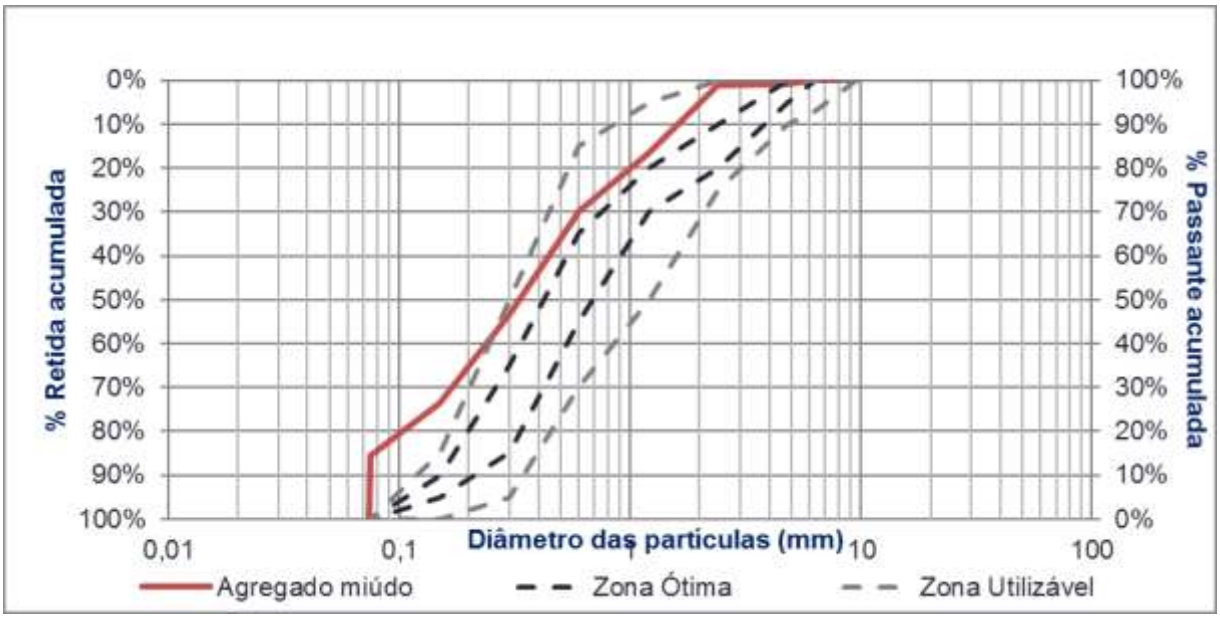


Figura 21: Curva Granulométrica agregado miúdo

E a partir dos resultados apresentados acima na Figura 21 observou-se que o pó de pedra para utilização como agregado miúdo encontra-se na zona utilizável e com pouca uma pequena variação nessa faixa.

5.2. Teor de umidade

A Figura 22 abaixo, mostra os resultados dos ensaios de teor de umidade dos agregados graúdos e miúdo.

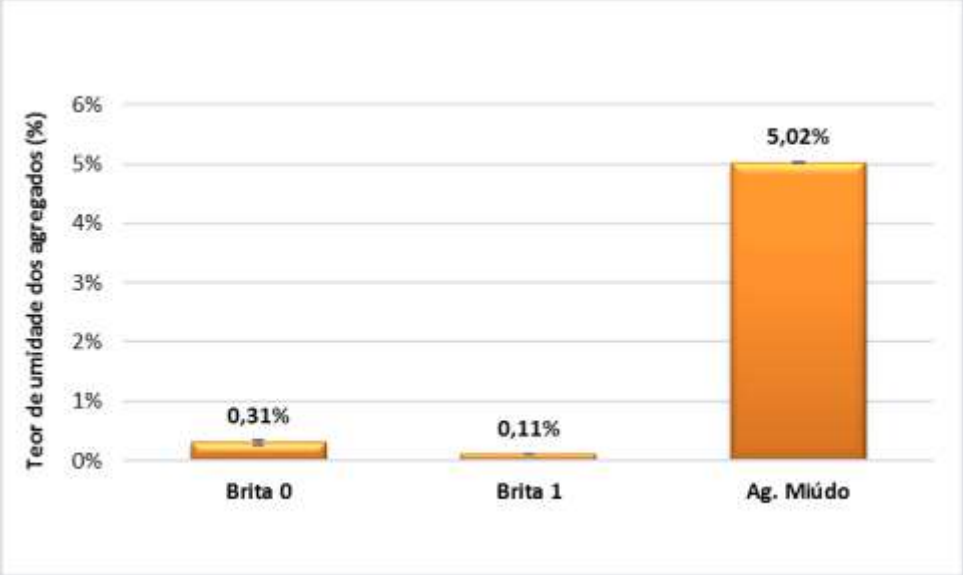


Figura 22: Teor de umidade dos agregados

O resultado do teor de umidade para o agregado miúdo (5,02%) foi significativamente superior ao dos agregados graúdos (abaixo de 0,31%). Este fator se dá principalmente em virtude do tamanho e forma das partículas.

5.3. Massa específica

A Figura 23 apresenta os resultados da massa específica para os agregados graúdos e miúdo.

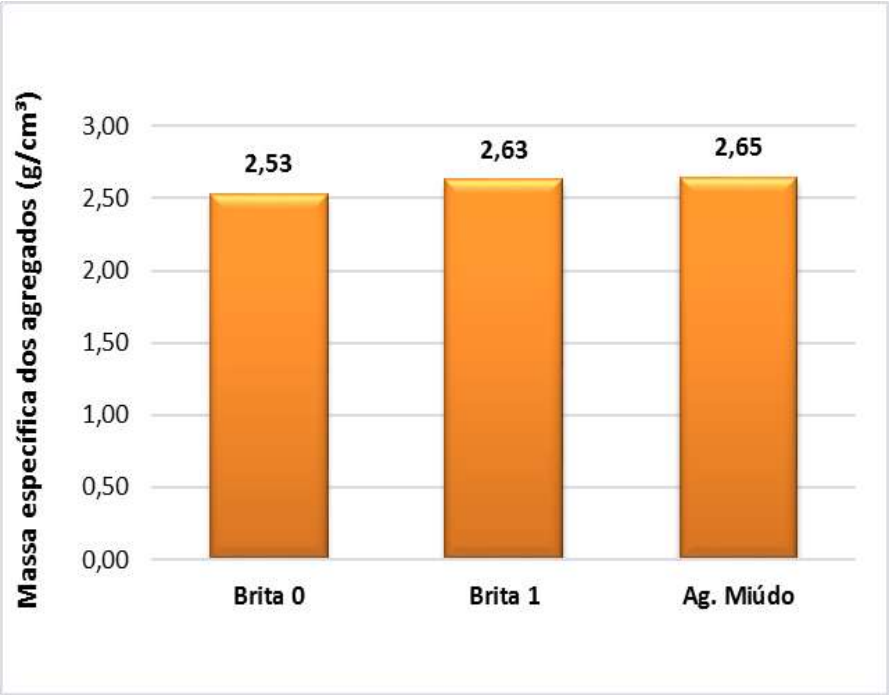


Figura 23: Massa Específica dos agregados

Observa-se que o resultado da massa específica para a brita 1 (2,63g/cm³) foi próximo ao resultado do agregado miúdo (2,65 g/cm³). E o da a brita 0 apresentou valor um pouco abaixo dos demais (2,53 g/cm³).

5.4. Absorção de água

O gráfico da Figura 24 apresenta os resultados da absorção de água dos agregados graúdos.

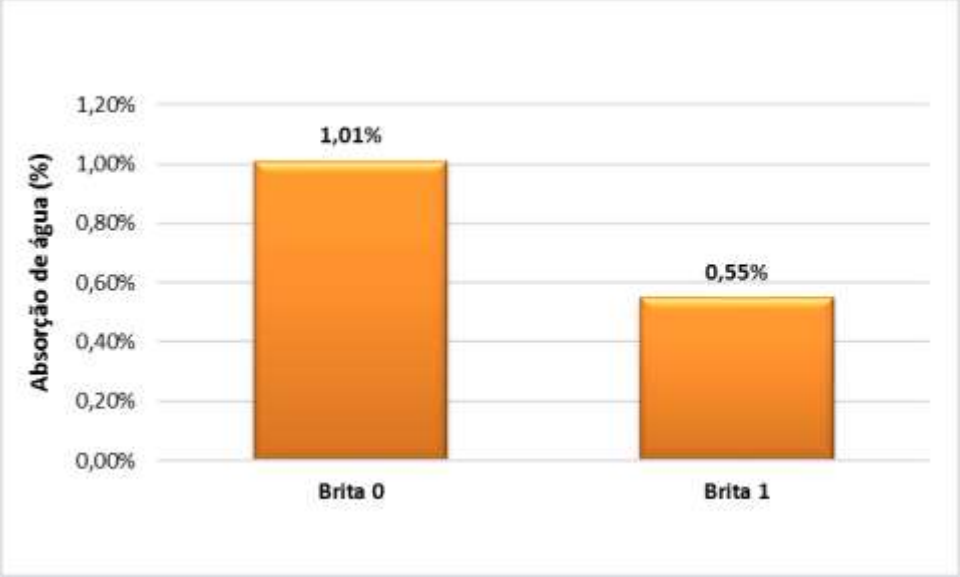


Figura 24: Absorção de água dos agregados graúdos

Verifica-se que a absorção de água da brita 0 (1,01%) foi superior ao da brita 1 (0,55%).

5.5. Massa unitária

A Figura 25 apresenta os resultados da massa unitária para os agregados graúdos.

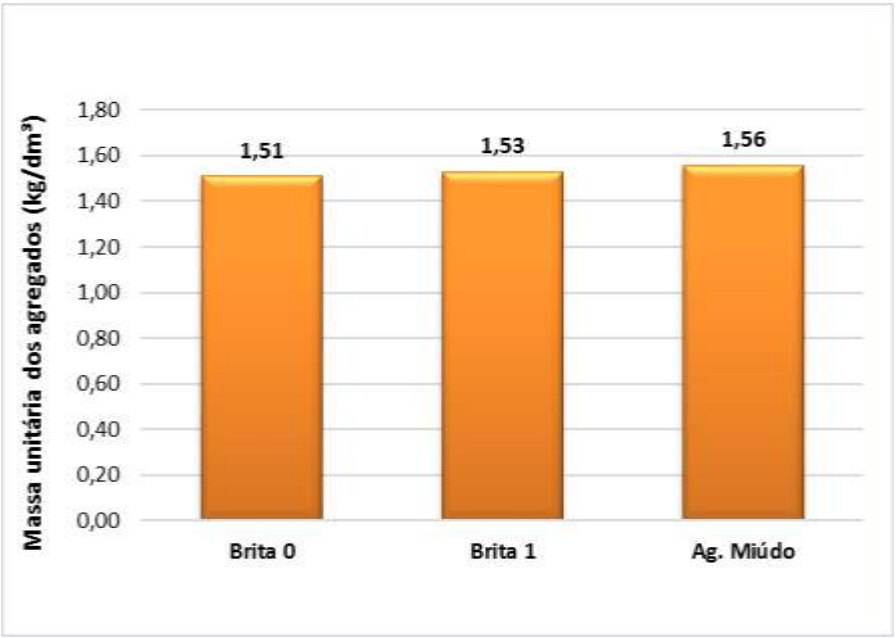


Figura 25: Massa unitária dos agregados graúdos

Os resultados das massas unitárias para os agregados foram próximos entre si, encontrando-se entre 1,51 kg/dm³ e 1,56 kg/dm³.

5.6. Identificação das amostras

A identificação de cada corpo de prova foi feita colocando-se uma etiqueta no molde conforme especificação a seguir e mostrado na Figura 26:

k; hora de início da concretagem; data; slump test final

onde:
k = número da amostra

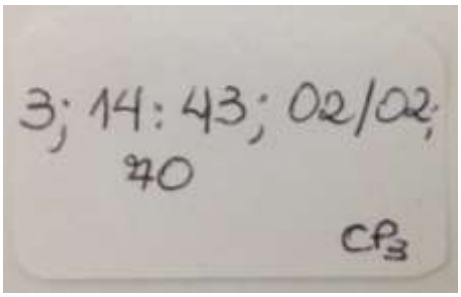


Figura 26: Etiqueta de identificação.

Além disso, após a desforma dos corpos de prova, foi feito uma identificação dos corpos de prova com tinta, com o objetivo de facilitar a rastreabilidade, conforme mostrado representado na Figura 27, de acordo com a referência da amostra,

CPk

onde:
k = número da amostra

Figura 27: Identificação dos corpos de prova

5.7. Dosagem

Após a caracterização dos materiais foi calculada a dosagem do concreto a ser utilizado no radier através do Software Especialista para Dosagem de Misturas Cimentícias (SOARES, 2009). Com a escolha do Método Gildásio e entrada dos parâmetros necessários foi obtido traço, apresentado na Tabela 2, para o concreto com resistência característica à compressão (fck) de 20MPa e para um abatimento (slump) de 80mm.

Tabela 2: Traço

	Traço					
	Cimento	Ag. Miúdo	Ag. Graúdo	Água	Aditivo	Adição
Em massa (kg)	1	2,01	3,41	0,61	0	0
Em volume (litros)	1	1,74	3,75	0,61	0	0

O fator água/cimento foi, portanto, de 0,61kg/litro e o teor agregados/aglomerante foi de 5,42 kg/kg. Com o objetivo de facilitar a dosagem em campo e fez-se necessário ainda, a conversão do traço, em quilograma ou em litros, para padiolas de modo a facilitar a execução correta pelos operários, conforme Figura 28 apresentada a seguir.

Figura 28: Padiola

Obteve-se, portanto:

- Cimento: 1 saco
- Água: 30,5 litros
- Agregado Miúdo: 2 padiolas de 35cm x 45 cm x 27,62 cm
- Agregado Graúdo 1 (Brita 0): 2 padiolas de 35 cm x 45cm x 29,76 cm
- Agregado Graúdo 2 (Brita 1): 2 padiolas de 35cm x 45cm x 24,76 cm

Sendo as dimensões da padiola, descritas acima, em largura por comprimento por altura.

5.8. Ajuste do traço em campo

Antes do início da concretagem preparou-se uma amassada de concreto na obra para comprovação e ajuste do traço definido no estudo de dosagem. Foi necessário para isso, conferir a consistência do concreto verificando se o material estava em conformidade com as especificações normativas e de projeto. Para este fim, foi utilizado o Slump Test. A avaliação da consistência do concreto, obtida para cada amostra, era responsável pela liberação ou não do concreto. Caso o Slump não estivesse dentro do valor estabelecido (80±10) mm, era necessário dosar o concreto novamente, adicionando uma complementação de aglomerante, agregado miúdo ou

de água à mistura, (ou mesmo redução de água), em volumes pré-estabelecidos pelo engenheiro calculista ou o tecnologista de concreto.

A Figura 29 abaixo, apresenta o resultado do Slump Test para o primeiro concreto, cuja amostra é denominada CP_1, feito com dosagem obtida através do Software Especialista para Dosagem de Misturas Cimentícias. Pôde-se, entretanto, perceber que o traço inicial produziu um concreto sem coesão, com desprendimento de agregado graúdo.

Figura 29: Slump Test CP_1, sem ajuste

Assim, fez-se o ajuste com adição de 10% de água, 10% de agregado miúdo e 10% de cimento de modo a obter um concreto com coesão, sem desprendimento de agregado graúdo e com abatimento dentro dos limites especificados na dosagem, conforme Figura 30 abaixo.

Figura 30: Slump Test CP_1, com ajuste.

5.9. Consistência do concreto

A Figura 31 apresenta o resultado comparativo entre o Slump Final, obtido em campo para cada amostra de concreto, e o Slump de Projeto.

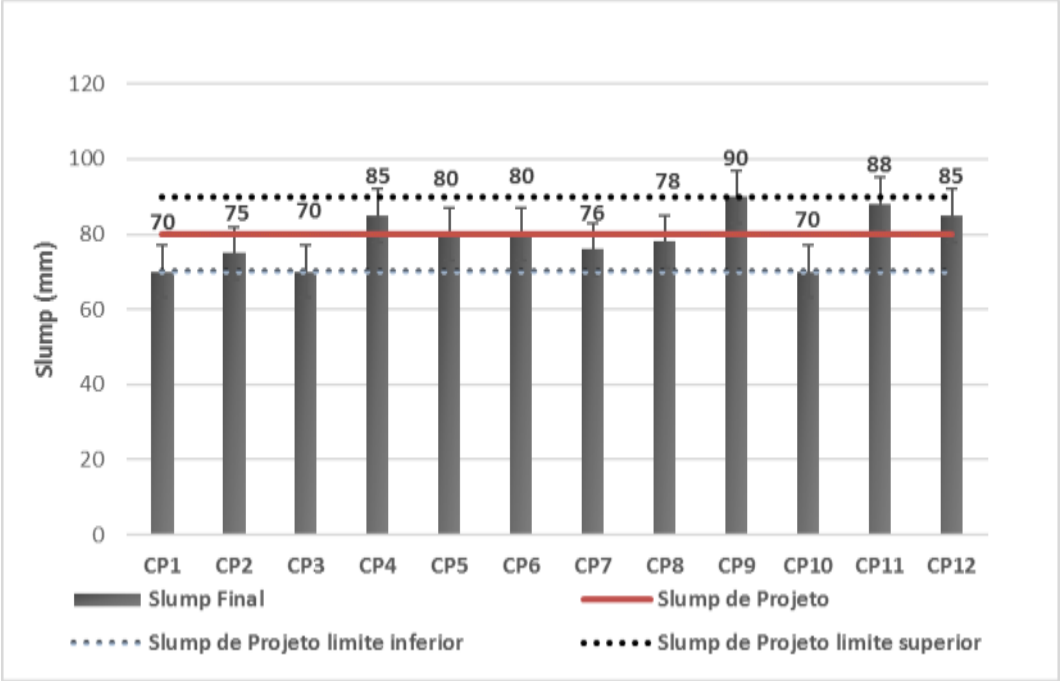


Figura 31: Slump Final x Slump de Projeto

A partir da Figura 31 pode-se verificar que todos os valores de Slump obtidos para cada amostra estão dentro dos limites superior e inferior, conforme previsto em projeto. A média aritmética foi de 78,9 mm (correspondente a um valor de 1, 35% abaixo do Slump de Projeto) e o desvio-padrão de 7,04MPa. Resultado esse, considerado satisfatório.

5.10. Controle da concretagem

5.10.1. Transporte

O concreto foi transportado do local do amassamento até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento. O meio de transporte adotado para isso foi o carrinho de mão de modo a evitar a desagregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação.

5.10.2. Lançamento

O concreto foi distribuído uniformemente de modo a assegurar continuidade, evitando acúmulo em pontos isolados da forma e garantindo o preenchimento de todo o volume das formas, de modo a eliminar ao máximo o ar aprisionado.

5.10.3. Adensamento

Imediatamente após o lançamento, o concreto foi vibrado através do vibrador de imersão, de modo a preencher a forma completamente, sem deixar espaços vazios.

O vibrador de imersão foi aplicado o mais vertical possível apenas no concreto, evitando-se o contato com as ferragens e formas, conforme mostrado na Figura 32.

Figura 32: Vibração do concreto

5.10.4. Cura

A cura do concreto foi feita com aspersão de água em todas as faces da peça com utilização de mangueiras, 3 vezes ao dia. O radier foi ainda coberto com uma lona, a fim de minimizar a perda de água por evaporação, conforme Figura 33.

Figura 33: Controle de cura

5.11. Resistência do concreto à compressão

A Figura 34 apresenta os resultados do ensaio de compressão do concreto com as idades de 7 e 28 dias e expõe ainda as resistências médias de cada idade analisada e os respectivos desvio-padrão dos doze corpos de prova analisados.

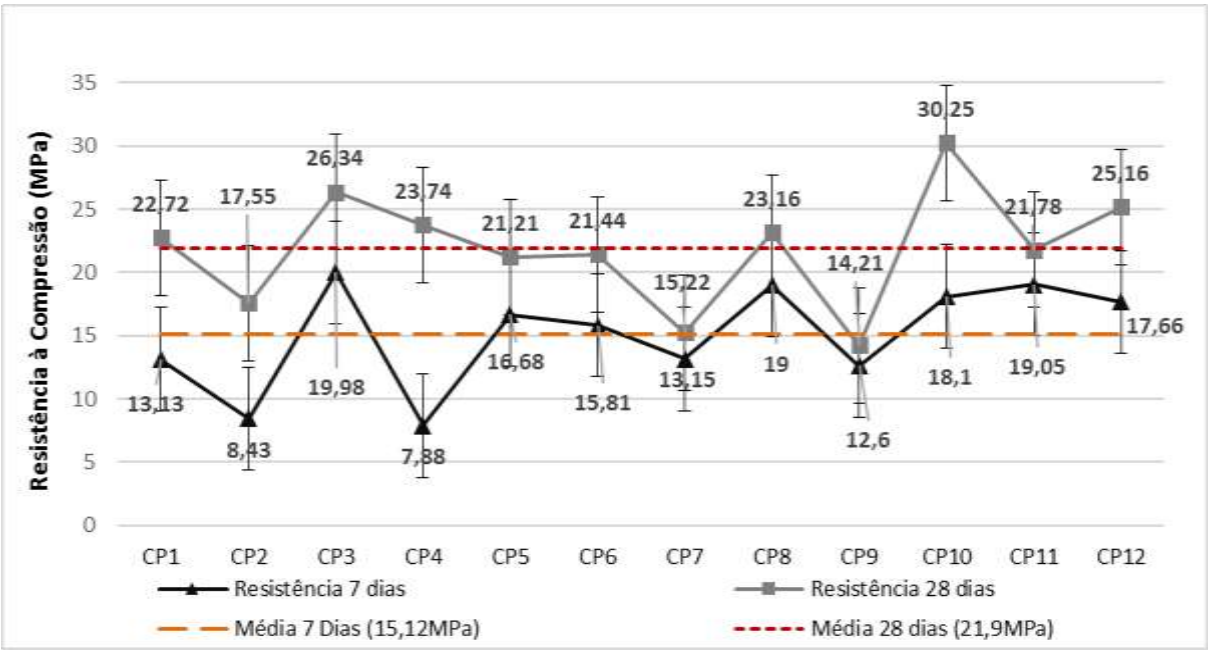


Figura 34: Resistência do concreto à compressão

Pode-se observar a partir da Figura 34, que para a resistência do concreto à compressão com a idade de 7 dias, 41,67% dos corpos de prova ficaram abaixo da média. Entretanto, desses correspondentes cinco corpos de prova, três ficaram dentro da faixa esperada do desvio-padrão, calculado em 4,09 MPa. Já a resistência do concreto à compressão com a idade de 28 dias, apresentou 50% dos corpos de prova abaixo da média e desses apenas dois ficaram fora da faixa esperada do desvio-padrão, calculado em 4,53MPa.

Já a Figura 35 apresenta a relação do ajuste do traço com a resistência à compressão com idade de 28 dias.

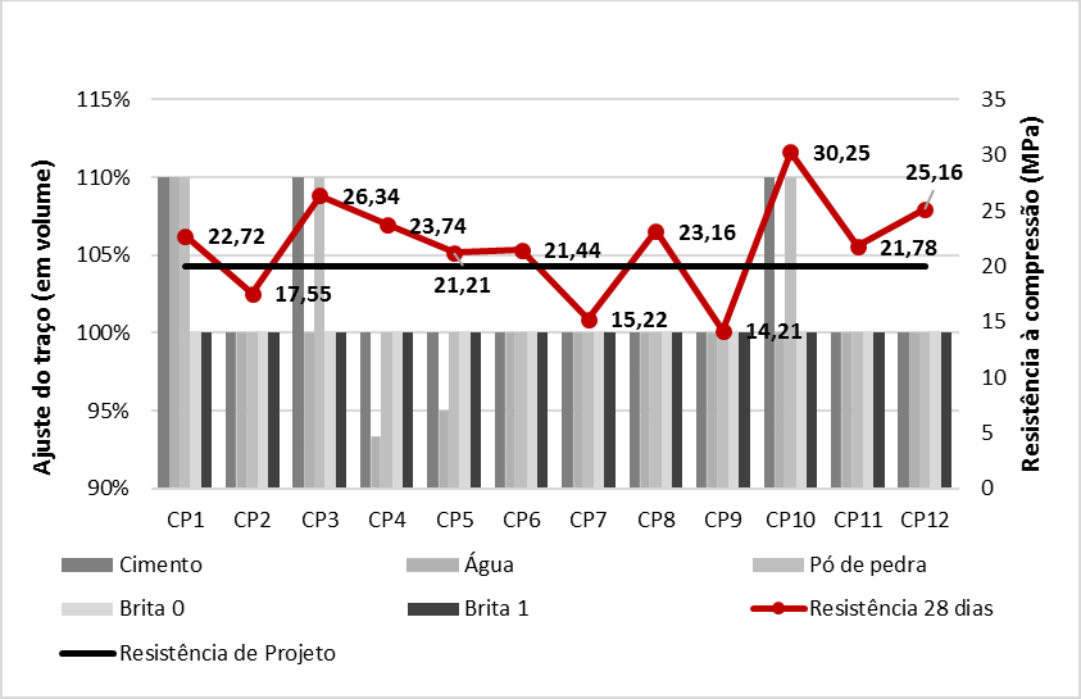


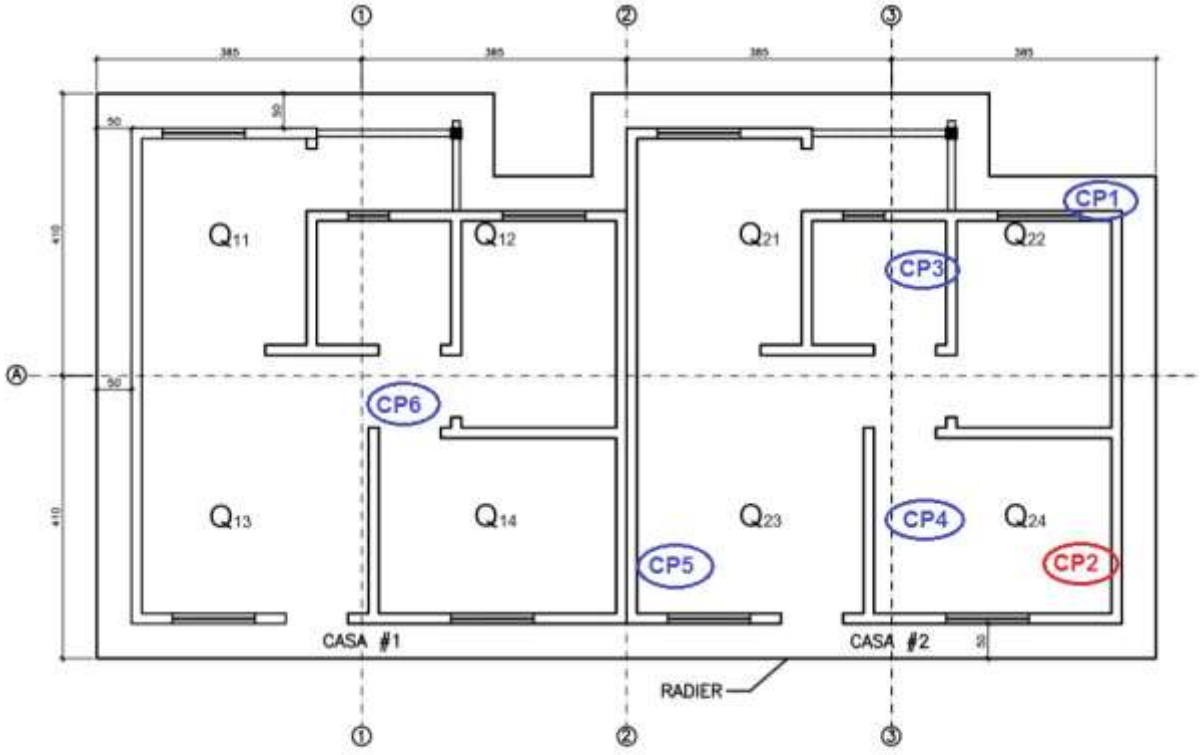
Figura 35: Relação do ajuste do traço com a resistência à compressão

A partir da Figura 35 observa-se que três corpos de prova, CP_2, CP_7 e CP_9, obtiveram resistência à compressão inferior à resistência de projeto (Fck=20MPa). Não se observa, entretanto, nenhuma relação entre o ajuste feito em campo com a não conformidade desses corpos de prova. Desta forma pode-se destacar como possíveis causas para a baixa resistência atingida dessas amostras a umidade dos agregados devido às condições climáticas, o armazenamento inadequado dos corpos de prova durante o transporte entre a obra e o laboratório, a calibração do

equipamento utilizado no ensaio de compressão, o tempo de mistura do concreto, falha no procedimento de moldagem dos corpos de prova, entre outros.

5.12. Mapeamento

As Figuras 36 e 37 apresentam o mapeamento dos corpos de prova.



PRIMEIRA GEMINADA

Figura 36: Mapeamento da primeira geminada

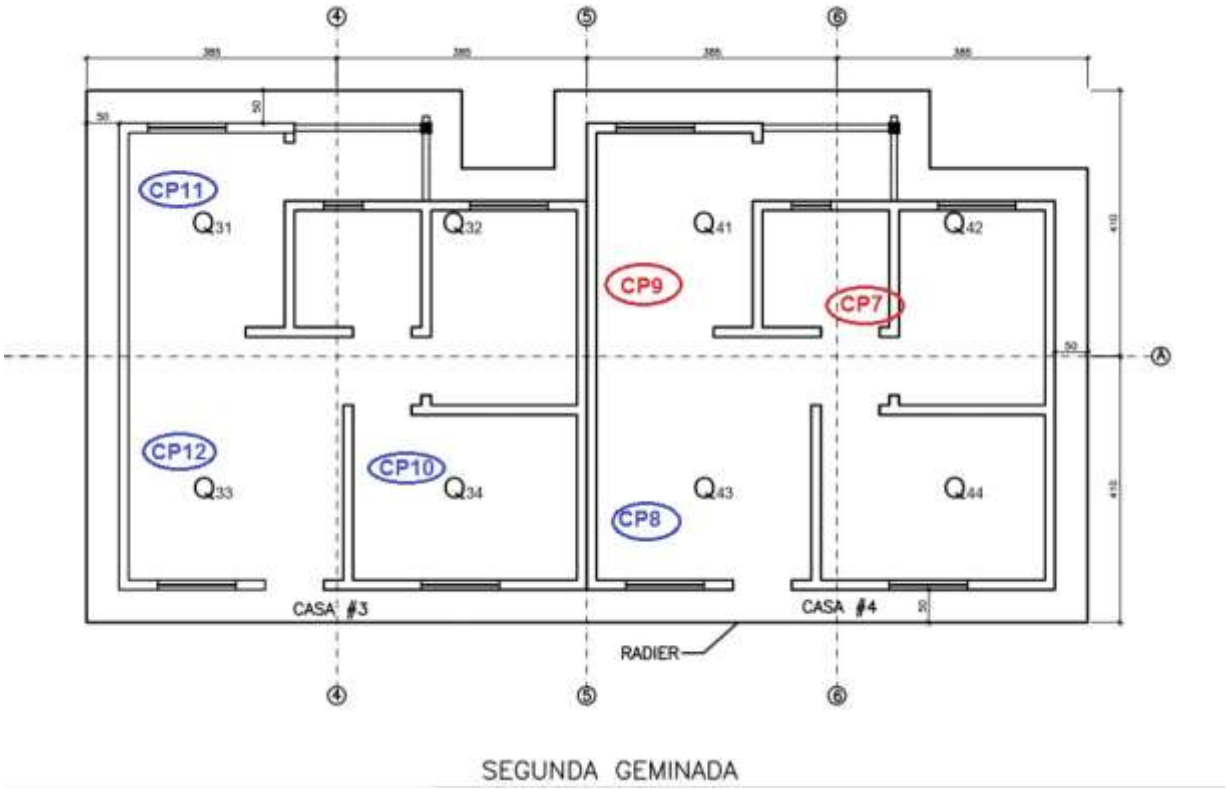


Figura 37: Mapeamento da segunda geminada

Os corpos de prova em azul correspondem aos corpos de prova que atingiram a resistência de projeto e os corpos de prova em vermelho são aqueles que não apresentaram conformidade. Observa-se assim, que os corpos de prova não conformes, CP_2, CP_7 e CP_9, são amostras de concreto lançados em quadrantes distintos, sendo eles: Q_{24}, Q_{42} e Q_{41}, respectivamente.

5.13. Planilhas de rastreabilidade e controle

5.13.1. Em campo

As Figura 38 e 39 apresentadas abaixo, ilustram o formulário utilizado e preenchido, em campo, para garantir o cumprimento de todas etapas e documentação dados importantes e relevantes para a presente situação.

RASTREABILIDADE E CONTROLE DO CONCRETO CONFECCIONADO NA OBRA

OBRA:

Local concretado: | Fck Projeto: | Slump:

Peça concretada: | Traço (Cimento / Areia / Brita):

Corpo de prova	Data	Condições climáticas	Slump Test Final (cm)	CONCRETAGEM		MAPEAMENTO		Identificação do CP	Controle de lançamento		Controle de adensamento		Controle de cura		Observações
				Início	Término	Identificação do local	Quadrante		S	N	S	N	S	N	

AJUSTE DO TRAÇO

Corpo de prova	Slump Test inicial (cm)	Ajuste?	Cimento	Água	Ag. Miúdo	Ag. Graúdo 1 (Brita 0)	Ag. Graúdo 2 (Brita 1)	Aditivo	Slump Test Final (cm)	Observações

Figura 38: “Rastreabilidade e controle do concreto confeccionado na obra”, anverso.

Na primeira parte da Figura 38 encontra-se a identificação da obra, do local concretado, da peça concretada que, no caso de estudo, é o radier e das especificações de projeto que são a resistência característica do concreto à compressão, o slump de projeto e o traço. Na segunda parte, tem-se as seguintes colunas:

- Corpo de prova: se refere ao número do corpo de prova
- Data de concretagem: dia e mês da concretagem;
- Condições climáticas;
- Slump Test Final (cm): se refere ao Slump obtido após o ajuste do traço;
- Concretagem: hora de início e de término da concretagem;
- Mapeamento: identificação do local de concretagem (no caso, primeira ou segunda geminada) e identificação do quadrante;
- Identificação do CP: identificação do corpo de prova conforme especificado no item 5.6;
- Controle de lançamento: registro se o lançamento foi feito conforme recomendações técnicas;
- Controle de adensamento: registro se o adensamento foi feito conforme recomendações técnicas;
- Controle de cura: registro se a cura foi feita conforme recomendações técnicas;
- Observações: registro de comentários e observações relevantes que possam vir a interferir na resistência de cálculo à compressão do concreto.

Já a terceira parte da Figura 38 se refere ao ajuste do traço em campo. O ajuste do traço era feito mediante à não aprovação do Slump Test, ou seja, após a realização do Slump Test inicial era verificado a necessidade ou não de ajuste, caso o Slump Test não estivesse de acordo com o Slump de projeto (80±10) mm era anotado a correção do traço.

O verso da planilha “Rastreabilidade e controle do concreto confeccionado na obra” apresenta um croqui da planta baixa da obra com o objetivo de facilitar o mapeamento dos corpos de prova, conforme representado na Figura 39.

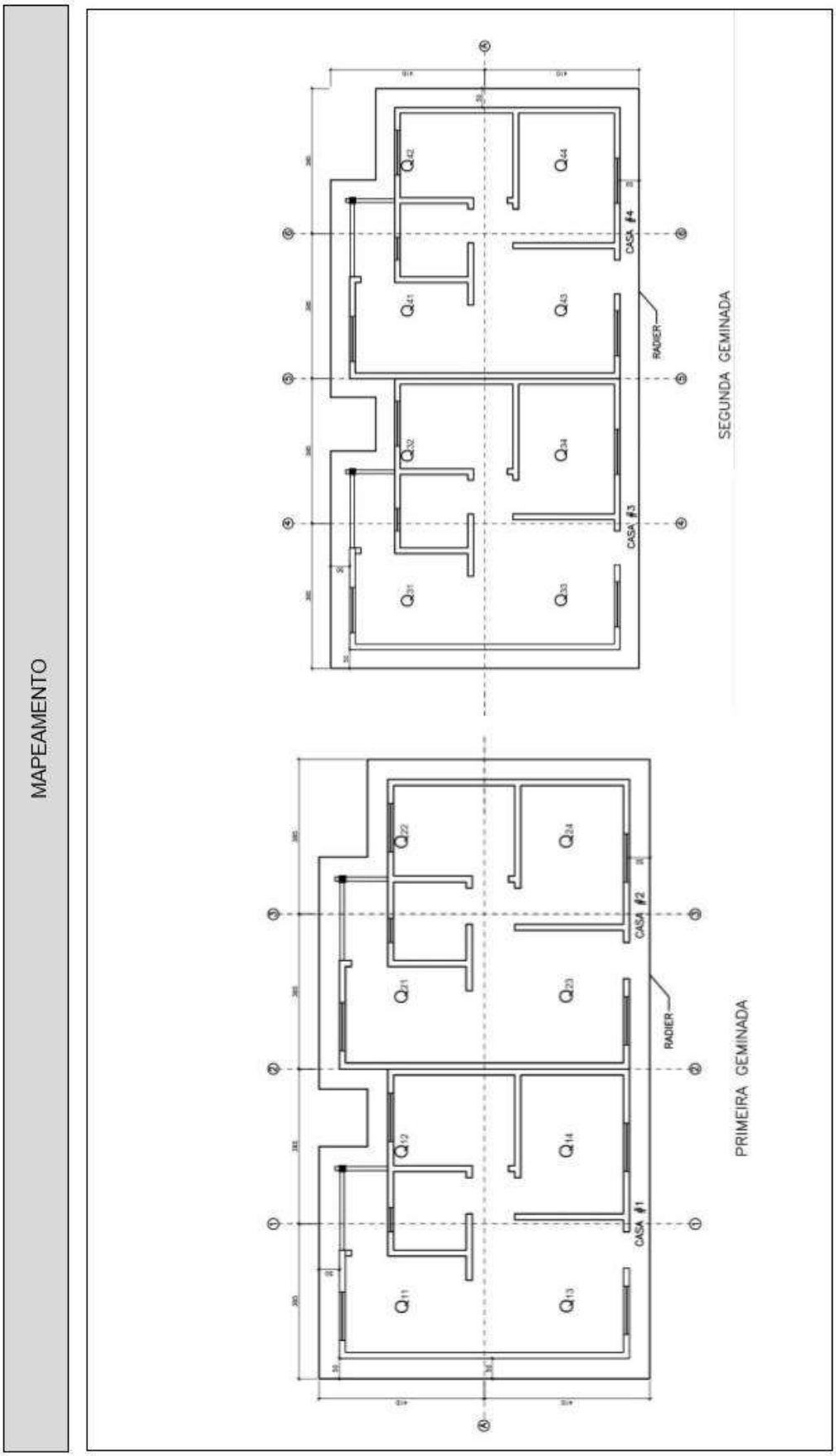


Figura 39: “Rastreabilidade e controle do concreto confeccionado na obra”, verso.

5.13.2. Em escritório

A Figura 40 mostrada a seguir, ilustra o formulário utilizado e preenchido, em escritório, feito a partir de dados obtidos na planilha “Rastreabilidade e controle do concreto confeccionado na obra”. A diferença principal entre as planilhas é que a planilha preenchida em escritório relaciona os resultados obtidos na resistência à compressão, bem como a conformidade dos corpos de prova, com o mapeamento do lançamento do concreto.

PLANILHA DE CONTROLE DE CORPOS DE PROVA

Obra: Vila Sustentável								Fck de Projeto: 20MPa			
Peça concretada: Radier								Slump de Projeto: (80±10)mm			
Corpo de prova	Identificação do CP	Slump final (mm)	MAPEAMENTO		Data da concretagem	Data prevista rompimento 7 dias	Data prevista rompimento 28 dias	Fck (MPa)		Conformidade	Observações
			Identificação do local	Quadrante				7 dias (01 CP)	28 dias (01 CP)		
CP_1	1;13:48;01/02;70	70	Primeira geminada	Q_{22}	01/02/2016	05/02/2016	29/02/2016	13,13	22,72	CC	
CP_2	2;14:43;01/02;75	75	Primeira geminada	Q_{24}	01/02/2016	05/02/2016	29/02/2016	8,43	17,55	NC	
CP_3	3;08:28;02/02;70	70	Primeira geminada	Q_{22}	02/02/2016	11/02/2016	01/03/2016	19,98	26,34	CC	
CP_4	4;12:39;02/02;85	85	Primeira geminada	Q_{24}	02/02/2016	11/02/2016	01/03/2016	7,88	23,74	CC	
CP_5	5;08:25;03/02;80	80	Primeira geminada	Q_{23}	03/02/2016	11/02/2016	02/03/2016	16,68	21,21	CC	
CP_6	6;12:35;03/02;80	80	Primeira geminada	Q_{14}	03/02/2016	11/02/2016	02/03/2016	15,81	21,44	CC	
CP_7	7;08:26;04/02;76	76	Segunda geminada	Q_{42}	04/02/2016	11/02/2016	03/03/2016	13,15	15,22	NC	
CP_8	8;12:35;04/02;78	78	Segunda geminada	Q_{43}	04/02/2016	11/02/2016	03/03/2016	19	23,16	CC	
CP_9	9;08:16;05/02;90	90	Segunda geminada	Q_{41}	05/02/2016	12/02/2016	04/03/2016	12, 60	14,21	NC	
CP_{10}	10;12:53;05/02;70	68	Segunda geminada	Q_{34}	05/02/2016	12/02/2016	04/03/2016	18, 10	30,25	CC	
CP_{11}	11;08:39;11/02;88	88	Segunda geminada	Q_{31}	11/02/2016	18/02/2016	10/03/2016	19,05	21,78	CC	
CP_{12}	12;12:47;11/02;85	85	Segunda geminada	Q_{33}	11/02/2016	18/02/2016	10/03/2016	17,66	25,16	CC	
CC: com conformidade NC: não conformidade											

Figura 40: Planilha de controle de corpo de prova

A planilha apresentada na Figura 40 foi dividida nas seguintes colunas:

- Corpo de prova: se refere ao número do corpo de prova;
- Identificação do CP: identificação do corpo de prova conforme especificado no item 5.6;
- Slump Final (mm): se refere ao Slump obtido após o ajuste do traço;
- Concretagem: hora de início e de término da concretagem;
- Mapeamento: identificação do local de concretagem (no caso, primeira ou segunda geminada) e identificação do quadrante;
- Data de concretagem: identificação dia e mês da concretagem;
- Data prevista rompimento 7 dias: consiste na identificação do dia em que será rompido o corpo de prova com idade de 7 dias;
- Data prevista rompimento 28 dias: consiste na identificação do dia em que será rompido o corpo de prova com idade de 28 dias;
- Fck: Se refere à resistência característica do concreto à compressão, ou seja, resistência obtida na ruptura do corpo de prova, com as idades de 7 e 28 dias;
- Com conformidade: registro da conformidade ou não-conformidade dos corpos de prova;
- Observações: registro de comentários e observações relevantes.

6. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do presente trabalho e da análise de todos os resultados, pode-se concluir que:

- O controle tecnológico dos materiais, desde a escolha, identificação das suas propriedades até o seu armazenamento, foi imprescindível para diminuir a variabilidade da qualidade do concreto, visto que a qualidade do concreto decorre da uniformidade e do conhecimento das propriedades dos seus materiais constituintes;
- A boa condução dos procedimentos necessários para a produção do concreto no canteiro (dosagem, ajuste do traço em campo, execução, transporte, lançamento, adensamento e cura) é responsável pela menor variabilidade das propriedades mecânicas do concreto. Sendo assim, quanto mais padronizada for a condução dos procedimentos, maior será a homogeneidade e qualidade do concreto;
- O controle das operações de lançamento, adensamento e cura é responsável pela redução do número de patologias do concreto. Observou-se que o cobrimento do radier com película impermeável, melhorando a cura do concreto, foi responsável por reduzir satisfatoriamente o aparecimento de fissuras. Observou-se ainda, que o uso correto do vibrador produziu um concreto mais denso e compacto, diminuindo assim, os vazios;
- O Ensaio de Consistência do Concreto, realizado conforme recomendações normativas, foi de extrema importância como forma de ajustar o traço em campo, visto que permitiu uma constatação fácil da homogeneidade da massa, do controle indireto da quantidade água, da relação água/cimento e consequentemente, do controle da dosagem do concreto;
- Com a rastreabilidade, foi possível identificar todas as etapas da concretagem do elemento estrutural e também, as prováveis causas para a não conformidade de algumas amostras. Foi possível também localizar, através do mapeamento, qual foi o local da obra em que esse concreto foi aplicado. Permitindo assim, a criação de soluções para os problemas identificados no

processo de concretagem, bem como da realização de reforço estrutural das peças, caso este se mostrasse necessário.

Desta forma, conclui-se que o controle tecnológico juntamente com a rastreabilidade de todo o processo de concretagem, são essenciais na construção civil, visto que fornecem subsídios para a avaliação da qualidade da estrutura e podem evitar patologias. Apenas fazendo-os de maneira séria e comprometida, a equipe responsável de uma obra consegue garantir ao cliente, segurança, qualidade, eficiência e economia.

REFERÊNCIAS

ADES, A. Z. **A importância do controle tecnológico na fase estrutural em obras de edificações**. 2015

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de construção.** 1ª edição. São Paulo: Pini. 2012.

ANDRADE, P. H. **Evolução do concreto armado**. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12655 - **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14931 – **Execução de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738 – **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739 – **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118 – **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211 – **Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7680 – **Concreto – extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9479 – **Argamassa e concreto- câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9776 – **Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.** Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 99390. **Agregado graúdo – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 26 – **Cimento, concreto e agregado.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 27 – **Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 45. **Agregados graúdo- Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 53 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 67 – **Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 67 – **Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

BASTOS, PAULO SÉRGIO DOS SANTOS. **Estruturas de concreto armado**. 1958.

BOMBEAR. Disponível em < http://www.bombear.com.br/?page_id=39> Acesso em 30 mar. 2016

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estrutura de Concreto Armado: fundamentos de projeto dimensionamento e verificação**. Editora UnB. Brasília. 2005.

CUNHA, D. J. E. **Análise de fissuração em vigas de concreto armado**. 2011

FILHO, A. N. C. **Contribuição ao controle tecnológico de concretos estruturais de cimento Portland em ambientes marítimos.** Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, USP, 2010

FILHO, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Carlos. Ed UFSCAR. 2013.

FRANCO, L. C. **Concretos e argamassas sustentáveis aplicados à habitação de interesse social**. 2015

FREITAS, R. P. **Análise de fissuração em vigas de concreto armado**. 2012

GRANATO, J. E. **Patologia das construções**. São Paulo: AEA Cursos, 2012.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo. PINI, 1992

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto.** São Paulo: PINI, 1993.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** 1. ed. São Paulo: PINI, 1994

MENOSSI, R. T. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. 2004.

OLIVEIRA, K. A. S. L. **Qualidade em obras públicas: um estudo comparativo entre as metodologias Seis Sigma, ISO 9000 e PBQP-H no RN**. 2009.

PBQP-h, Ministério das Cidades, 2012. Disponível em < http://pbqp-h.cidades.gov.br/pbqp_apresentacao.php> Acesso em 22 fev. 2016

PBQP-h, Ministério das Cidades, 2012. Disponível em <http://pbqph.cidades.gov.br/projetos_siac.php> Acesso em 22 fev. 2016

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 13ª edição. Rio de Janeiro: Globo Vol. I. p.114-116, 147, 194. 1995.

RECICLOS - Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos. Concreto e argamassa sustentáveis aplicáveis à habitação de interesse social. **Universidade Federal de Ouro Preto , Laboratório de Materiais de Construção**, Ouro Preto, Minas Gerais, 2014.

Revista Téchne. Editora PINI, ed. 60 anos. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacaoconstrucao/107/artigo299394-1.aspx>. Acesso em: 5 mar. 2016

Revista Téchne. Editora PINI, ed. 60 anos. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/artigo287574-1.aspx>. Acesso em: 5 mar. 2016

Revista Téchne. Fotos de obras emblemáticas executadas com concreto armado. Editora PINI, ed. 137. 2008. Disponível em: <**http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/artigo285440-1.aspx**>. Acesso em: 5 mar. 2016

SANTIAGO, W. C.; BECK, A. T. **Estudo da (não) conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade de pilares curtos.** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 2011.

SANTIAGO, W. C. **Estudo da (não-) conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade estrutural**. 2011. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVA, G. R. **Manual de Traços de Concreto**, 3° edição, São Paulo, 1975, 113 p.

SOARES, A. F. F. S. **Software Especialista para Dosagem de Misturas Cimentícias**. 2009.

SOLOCAP, 2016. Disponível em <http://www.solocap.com.br/detalhe.asp?idcod=FORMA%20CIL%CDNDRICA%20PARA%20CORPOS%20DE%20PROVA%20DE%20CONCRETO> Acesso em 11 abr. 2016

SÜSSEKIND, J. C. **Curso de Concreto Armado**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Globo Vol. I e II.1983. p. 3-6,153,370-371. 1984.

VALIN J. R.; M. O.; SILVA, R. S. C. **Estudo sobre a utilização do ensaio de dureza superficial no controle tecnológico de fundações rasas do tipo radier**. In: 7º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas, 2011, Fortaleza. 7º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas. 2011.

VIA TÉCNICA. 2014. Disponível em: <http://www.viatecnica.com.br/area-atuacao/controletecnologico>. Acesso em:8 mar 2016.