

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**ESTUDO DA TECNOLOGIA E APLICAÇÃO DO
CONCRETO COLORIDO EM HABITAÇÕES DE
INTERESSE SOCIAL**

Léo Borges da Conceição

2015



ESTUDO DA TECNOLOGIA E APLICAÇÃO DO CONCRETO COLORIDO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Léo Borges da Conceição

Projeto de Graduação apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Escola
Politécnica, Universidade Federal do Rio
de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Engenheiro.

Orientador: Jorge dos Santos

Rio de Janeiro

Março/2015

ESTUDO DA TECNOLOGIA E APLICAÇÃO DO CONCRETO COLORIDO EM
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Léo Borges da Conceição

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

Prof.^o Jorge dos Santos, D. Sc., Orientador

Prof.^a Ana Catarina Jorge Evangelista, D. Sc.

Prof.^o Wilson Wanderley da Silva

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2015

Conceição, Léo Borges da.

Estudo da Tecnologia e Aplicação do Concreto Colorido em Habitações de Interesse Social / Léo Borges da Conceição. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2015.

XIV,127 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jorge dos Santos

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 117-127

1. Concreto Colorido. 2. Habitações de Interesse Social. 3. Sistema Paredes de Concreto. I. Santos, Jorge dos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Título

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar sou grato a Deus, o qual sempre foi o meu guia e orientador em toda minha trajetória acadêmica. Todas as decisões tomadas sofreram sua influência. Nos momentos mais difíceis da faculdade pude sentir seu consolo. Muito obrigado Senhor!

Agradeço aos meus pais, Ronaldo Caitano e Carmem Délia, pois sempre me deram forças e me apoiaram nos meus projetos de vida.

Agradeço ao meu irmão, Gabriel Borges, que mesmo bem mais novo soube me incentivar e foi um grande amigo nesta caminhada. Às minhas avós, Carmem e Erays (*in memoriam*), pelas orações, carinho e cuidado comigo.

Agradeço à minha noiva, Juliana Britto, pois foi muitas vezes minha válvula de escape nos momentos de estresse, além de uma verdadeira amiga e companheira, compartilhando comigo também os momentos mais felizes na faculdade, como os resultados positivos, o desempenho na iniciação, a conquista do primeiro estágio profissional e a conclusão deste trabalho.

Aos professores em geral da universidade, deixo meu agradecimento, pois eles foram extremamente importantes na transmissão do conhecimento adquirido até aqui e me deram conteúdo para escrever este trabalho.

Ao meu orientador, Professor Jorge dos Santos, muito obrigado! Você foi muito paciente comigo ao longo deste tempo em que estive me orientando, sendo sempre muito solícito e disponível quando te procurei, independentemente da hora ou do dia. Também foi muito sábio na correção de parte da itemização do meu trabalho.

Aos meus amigos da universidade, vocês foram muito importantes. Todos os dias até tarde da noite que passamos nas salas de estudos nos preparando para as provas ou fazendo trabalhos, valeram muito a pena. As amizades construídas me deram forças para chegar até aqui.

Agradeço às minhas orientadoras da iniciação e toda equipe do laboratório de geotecnia da COPPE, que me proporcionaram uma bagagem muito boa de pesquisa. De igual modo sou muito grato a todos os meus gestores da empresa em que trabalho, pois pude através deles ganhar maturidade e desenvolvimento profissional.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

ESTUDO DA TECNOLOGIA E APLICAÇÃO DO CONCRETO COLORIDO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Léo Borges da Conceição

Março/2015

Orientador: Jorge dos Santos

Curso: Engenharia Civil

Este trabalho tem como objetivo fazer uma abordagem sobre a utilização de concreto colorido em habitações de interesse social. Num contexto de déficit habitacional no país e construções de baixa qualidade nesta tipologia de moradia, a associação de um sistema construtivo eficaz com padronização de procedimentos e o emprego de um concreto com controle de produção, possui um alto potencial em atender aos dois problemas citados.

Para tanto, procurou-se investigar na literatura a existência de estudos sobre a aplicação do concreto colorido em habitações de interesse social. Apesar de não ter sido encontrado nenhum estudo publicado a respeito do assunto, estudou-se com bastante riqueza de detalhes a tecnologia de produção deste tipo de concreto e o sistema paredes de concreto, que se constitui na maior possibilidade de emprego do concreto colorido em habitações de interesse social.

Palavras-chave: Concreto Colorido, Habitações de Interesse Social, Sistema Paredes de Concreto.

Abstract of Undergraduate Project presented to Polytechnic School / UFRJ as a partial fulfillment of requirements for the degree of Civil Engineer

TECHNOLOGY STUDY AND APPLICATION OF COLORED CONCRETE IN SOCIAL
INTEREST HOUSING

Léo Borges da Conceição

March/2015

Advisor: Jorge dos Santos

Course: Civil Engineering

This paper aims to make an approach to the use of colored concrete in social housing. In a housing deficit of context in the country and low quality buildings in this housing type, the combination of an effective construction system with standardization of procedures and the use of concrete with production control, has a high potential to mitigate the two mentioned problems above.

Therefore, we sought to investigate in the literature the existence of studies about the application of colored concrete in social housing. Despite not having been found studies published on the subject, we studied with a very great detail the production technology of this type of concrete and the system concrete walls, which constitutes the greater possibility of the use of colored concrete in dwellings social interest.

Keywords: Colored Concrete, Housing Social Interest, Concrete Walls System.

Sumário

1. Introdução.....	1
1.1. Importância do Tema.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Justificativa da Escolha do Tema.....	2
1.4. Metodologia.....	4
1.5. Estrutura do Trabalho	4
2. Aspectos Históricos da Utilização do Concreto Colorido.....	6
3. Características da Tecnologia de Produção do Concreto Colorido	16
3.1. Definição de Concreto Colorido	16
3.2. Produção do Concreto Colorido.....	16
3.3. Materiais Constituintes do Concreto Colorido	17
3.3.1. Cimento Portland Branco Estrutural.....	18
3.3.1.1. Fabricação.....	19
3.3.1.2. Características Físicas	20
3.3.1.3. Características Químicas.....	21
3.3.1.4. Características Mecânicas.....	24
3.3.2. Agregados	24
3.3.3. Adições Minerais	27
3.3.3.1. Fíler	28
3.3.3.2. Sílica Ativa.....	29
3.3.3.3. Metacaulim	30
3.3.3.4. Cinza Volante	32
3.3.4. Aditivos.....	34
3.3.5. Pigmentos	37
3.3.5.1. Diferenças entre Pigmentos Orgânicos e Inorgânicos e Patologias	39
3.4. Dosagem do Concreto Colorido.....	42
3.5. Avaliação do Custo na Produção do Concreto Colorido	44
3.6. Influência da Adição de Pigmentos sobre as Propriedades do Concreto Colorido no Estado Fresco	46
3.7. Influência da Adição de Pigmentos sobre as Propriedades do Concreto Colorido no Estado Endurecido	48
3.7.1. Resistência à Compressão Axial	48
4. Principais Aplicações do Concreto Colorido.....	56
4.1. Blocos Intertravados de Concreto Colorido.....	57

4.1.1.	Definição	57
4.1.2.	Características.....	57
4.1.3.	Normatização	57
4.1.4.	Processo de Confecção.....	58
4.1.5.	Cuidados Especiais	58
4.1.6.	Exemplos de Aplicação	59
4.2.	Pavimentos em Concreto Estampado.....	60
4.2.1.	Definição	60
4.2.2.	Características.....	60
4.2.3.	Normatização	62
4.2.4.	Processo de Confecção.....	63
4.2.5.	Cuidados Especiais	66
4.2.6.	Exemplos de Aplicação	66
4.3.	Telhas em Concreto Colorido	67
4.3.1.	Definição	67
4.3.2.	Características.....	68
4.3.3.	Normatização	71
4.3.4.	Processo de Confecção.....	71
4.3.5.	Cuidados Especiais	71
4.3.6.	Exemplos de Aplicação	72
4.4.	Paredes de Concreto Colorido.....	74
5.	Estudo da Aplicação do Concreto Colorido em Habitações de Baixa Renda	75
5.1.	O Setor Habitacional de Baixa Renda no Brasil.....	75
5.1.1.	Contextualização	75
5.1.2.	O Déficit Habitacional no Brasil	77
5.1.3.	O Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV	84
5.2.	Sistema de Paredes de Concreto Colorido: Uma Tecnologia Alternativa para Construção de Habitações de Interesse Social	86
5.2.1.	Definição	86
5.2.2.	Características.....	87
5.2.3.	Normatização	95
5.2.4.	Concreto.....	95
5.2.5.	Fôrmas	99
5.2.6.	Armação.....	102
5.3.	Avaliação do Desempenho do Sistema Paredes de Concreto em Habitações de Interesse Social.....	103

5.4.	Patologias em Revestimentos Incidentes nas Habitações de Interesse Social	106
5.5.	Contribuições da Utilização do Concreto Colorido em Habitações de Interesse Social	108
5.6.	Vantagens e Desvantagens do Uso do Sistema de Paredes de Concreto Colorido em Habitações de Interesse Social	111
5.6.1.	Vantagens	111
5.6.2.	Desvantagens.....	112
6.	Conclusão.....	113
6.1.	Atendimento aos Objetivos do Estudo	113
6.2.	Sugestões para Trabalhos Futuros	116
	Referências Bibliográficas	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Edifício da fábrica de cigarros “The Carreras Black Cat”, construído em 1926-28 e primeiro edifício a empregar concreto colorido no mundo.	7
Figura 2 - Ciudad de las artes y las ciências.	8
Figura 3 - Fachada do Soccer City Stadium, Johannesburgo, projetada em concreto colorido e fibras de vidro.	9
Figura 4 - Primeira obra executada em concreto branco no Brasil – Sorocaba, SP, 2000.	9
Figura 5 - Ponte Irineu Bornhausen. Primeira ponte do Brasil em concreto branco, localizada na cidade de Brusque, SC, Brasil.	10
Figura 6 - Blocos intertravados de concreto colorido formando mosaicos.	11
Figura 7 - Piso em concreto colorido moldado <i>in loco</i>	12
Figura 8 - Pilares do Edifício e-Tower, em São Paulo.	13
Figura 9 - Edifício central da Praça das Artes, em São Paulo, construído em concreto na cor marrom adobe.	14
Figura 10 - Centro administrativo da Praça das Artes, em São Paulo, construído em concreto na cor vermelha.	14
Figura 11 - Revitalização do Novo Porto do Recife, através da construção do Museu Cais do Sertão Luiz Gonzaga.	15
Figura 12 - Diferença de aspecto entre o CP branco e o CP II Z.	19
Figura 13 - Sílica ativa em pó fino (diferença de cor, do cinza claro ao cinza escuro).	30
Figura 14 – Reações de hidratação entre o cimento Portland comum e o cimento.	31
Figura 15 – Reação de hidratação envolvendo cimento pozolânico e hidróxido de cálcio, gerando os fenômenos de refinamento dos poros e refinamento do tamanho dos grãos.	33
Figura 16 - (a) Micrografia de partículas de cimento flocladas no sistema cimento Portland-água na ausência do aditivo; (b) micrografia do sistema na presença do aditivo superplastificante.	37
Figura 17 - Diferentes tonalidades de pigmentos utilizados em concretos na forma de pó.	43

Figura 18 - Trabalhabilidade das massas de concreto colorido medida a partir do ensaio de abatimento do tronco de cone.	47
Figura 19 - Valores da resistência à compressão associados às interações entre o teor de adição e a idade, fixando-se a relação a/c em 0,55; (a) pigmento vermelho; (b) pigmento verde.	52
Figura 20 - Resultado dos valores da resistência à compressão entre os diferentes tipos de pigmento.	54
Figura 21 - Pavimento em blocos de concreto coloridos formando mosaicos.	59
Figura 22 - Concreto estampado representando pedras, peças de concreto e cerâmicas.	60
Figura 23 - Efeitos na cor do piso pelo uso do desmoldante e selador.	62
Figura 24 - (a) Etapa de aplicação do endurecedor colorido; (b) Etapa de queima da superfície do piso com utilização de desempenadeira.	64
Figura 25 - (a) Processo de aplicação do desmoldante sobre a superfície; (b) Processo de imprimação das estampas no piso.	64
Figura 26 - Corte no piso para execução das juntas de retração.	65
Figura 27 - (a) Lavagem do piso; (b) Aplicação da resina seladora.	65
Figura 28 - Utilização do concreto estampado em São Paulo. (a) Calçada do Shopping Silvio Romero, Tatuapé; (b) Hospital Oncológico Infantil, São Vicente.	67
Figura 29 - Exemplos de modelos e cores de telhas em concreto colorido.	68
Figura 30 - Ilustração do consumo por m ² entre telhas de concreto e telhas cerâmicas.	70
Figura 31 - Casarão com telhas em concreto colorido no litoral catarinense.	73
Figura 32 - Casa de campo em Itu, São Paulo. Destaque para as telhas de concreto colorido na cor do sol.	73
Figura 33 - Déficit habitacional absoluto segundo unidades da federação – Brasil 2011 – 2012.	83
Figura 34 - Processo de montagem e fixação dos andaimes e guarda-corpos para execução das paredes de concreto.	89
Figura 35 - Etapa de concretagem das fôrmas das paredes de concreto utilizando-se o concreto autoadensável.	92
Figura 36 - Fundação em laje de apoio, radier, com as tubulações embutidas.	93

Figura 37 - Comparação nas etapas de acabamento entre o sistema paredes de concreto o sistema convencional de alvenaria.....	94
Figura 38 - Exemplo de fôrma metálica utilizada para concretagem de paredes de concreto.....	100
Figura 39 - Exemplo de fôrma composta por quadros metálicos e chapas de madeira compensada utilizada para concretagem de paredes de concreto.....	100
Figura 40 - Exemplo de fôrma plástica utilizada para concretagem de paredes de concreto.....	101
Figura 41 - (a) Desplacamento de pintura e esfrelamento de reboco; (b) Fissuração do revestimento externo.	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Compostos principais do cimento Portland.	21
Tabela 2 - Composição típica de cimentos Portland brancos.	23
Tabela 3 - Efeito da ação dos aditivos sobre as propriedades do concreto cromático.	35
Tabela 4 - Constituição química dos pigmentos à base de óxidos de ferro.	40
Tabela 5 - Diferença entre as propriedades dos óxidos naturais e sintéticos.	41
Tabela 6 - Diferença de propriedades entre pigmentos orgânicos e inorgânicos.	41
Tabela 7 - Tabela de Dosagem.	44
Tabela 8 - Características químicas e físicas dos pigmentos empregados.	49
Tabela 10 - Valores médios de resistência à compressão (Mpa) obtidos e calculados para o pigmento Verde.	51
Tabela 9 - Valores médios de resistência à compressão (Mpa) obtidos e calculados para o pigmento Vermelho.	51
Tabela 11 - Características gerais do perfil.	69
Tabela 12 - Características geométricas do perfil.	69
Tabela 13 - Metodologia de cálculo do déficit habitacional.	78
Tabela 14 - Déficit habitacional por componentes segundo regiões geográficas, unidades da federação e regiões metropolitanas (RM) – Brasil 2011.	79
Tabela 15 - Déficit habitacional por componentes segundo regiões geográficas, unidades da federação e regiões metropolitanas (RM) – Brasil 2012.	81
Tabela 16 - Déficit habitacional atendido pela primeira fase do PMCMV, segundo faixas de renda.	85
Tabela 17 - Déficit habitacional atendido pela segunda fase do PMCMV, segundo faixas de renda.	85
Tabela 18 - Tipos e características dos concretos empregados no sistema Paredes de Concreto.	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem
- ABRACE – Associação Brasileira de Concreto Estampado
- ACI – *American Concrete Institute*
- ARI – Alta Resistência Inicial
- ASTM – *American Society for Testing and Materials*
- BCA – *British Cement Association*
- BS – *British Standards*
- CAD – Concreto de Alto Desempenho
- CP II Z – Cimento Portland composto com pozolana
- EPS – Poliestireno Expandido
- FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- FJP – Fundação João Pinheiro
- FNHIS – Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social
- HIS – Habitações de Interesse Social
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBRACON – Instituto Brasileiro de Concreto
- LSF – *Light Steel Framing*
- MPa – Mega Pascal
- NBR – Norma Brasileira de Regulamentação
- OSB – *Oriented Strand Board*
- PCA – *Portland Cement Association*
- PlanHab – Plano Nacional de Habitação
- PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida
- PNH – Política Nacional de Habitação
- SNHIS – Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social

1. INTRODUÇÃO

1.1. IMPORTÂNCIA DO TEMA

O concreto é o material estrutural mais utilizado no mundo. A associação de suas virtudes, como a possibilidade de moldagem permitindo grande variabilidade de formas e idealização de criativas concepções arquitetônicas, a boa resistência à compressão, choques e vibrações, do ponto de vista estrutural, a obtenção de uma estrutura monolítica trabalhando em conjunto, a durabilidade e a resistência a incêndios são qualidades que o tornam um material ideal para as construções.

O crescimento industrial aliado ao desenvolvimento acelerado das principais cidades de todo o mundo nas últimas décadas vem desafiando pesquisadores e estudiosos a explorarem a fundo muitas propriedades do concreto, que associado a outros materiais é capaz de adquirir funções nunca antes imaginadas. Os concretos colorido, translúcido, de pós reativos e flexível, por exemplo, se inserem neste contexto.

O concreto colorido é resultado do surgimento do elevado número de novos materiais e sistemas construtivos que vêm sendo introduzidos nas edificações, apresentando características e comportamentos diferenciados e ainda pouco estudados. Dentre estes novos materiais empregados no concreto colorido, os principais e responsáveis por introduzir diversas tonalidades ao produto são o cimento Portland branco estrutural e os pigmentos.

A realidade do sistema habitacional brasileiro é marcada atualmente por um elevado déficit habitacional. Segundo pesquisas mais recentes da FJP (2014), em 2012, este déficit ainda era de aproximadamente 5,8 milhões de domicílios, número que representa 9,1% dos domicílios particulares permanentes e improvisados do Brasil. Diante deste cenário, têm surgido alguns sistemas construtivos inovadores no país com alto potencial de amenizar e ajudar a diminuir este déficit habitacional.

Dentre estes, o sistema construtivo de paredes de concreto merece destaque por apresentar vantagens comparativas em relação ao sistema convencional de alvenaria de blocos muito utilizado em habitações de interesse social no Brasil.

O emprego do concreto colorido nas paredes de concreto das habitações de interesse social pode contribuir para a redução do déficit habitacional e ao mesmo tempo oferecer um produto com maior qualidade e beleza estética a uma parcela da população brasileira menos favorecida.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo principal fazer uma análise de como a utilização do concreto colorido pode ser inserida no contexto das construções de habitações de interesse social. Esta análise contempla um estudo bem aprofundado da tecnologia de produção do concreto colorido, como composição, características e propriedades dos materiais empregados para sua produção, além de verificar se já foram feitos estudos sobre a sua utilização em moradias de interesse social.

O trabalho também tem por objetivos mais gerais abordar as primeiras utilizações do concreto colorido e sua evolução no Brasil e no mundo, bem como os motivos que arquitetos, urbanistas e engenheiros tiveram para sua idealização. A avaliação das propriedades que este concreto adquire nos estados fresco e endurecido também é realizada a fim de se verificar se ocorre significativa alteração na sua resistência mecânica com a adição do pigmento.

1.3. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

O forte êxodo rural e o rápido crescimento demográfico nos grandes centros urbanos evidenciados no final do século XX e início do século XXI trouxeram graves problemas para o setor habitacional brasileiro, através da falta de moradias para parte da população urbana. Segundo dados do IBGE (2000), em 1930 viviam nas cidades

31% da população brasileira. Em 2000, esta porcentagem aumentou para 81%, com o déficit estimado neste ano em 6.656.526 unidades.

O governo passou então a investir em diversas políticas públicas de habitação social a fim de combater este problema, através da criação do Ministério das Cidades (2003), da primeira fase do PMCMV (2003), da implementação da PNH (2004), do SNHIS e FNHIS (2005), do PlanHab (2008) e da segunda fase do PMCMV (2009), políticas estas voltadas para o atendimento do déficit habitacional a longo prazo, tendo como horizonte o ano de 2023 (TEIXEIRA, 2012).

No que concerne à estética dos conjuntos habitacionais de interesse social, pode-se considerar que este aspecto, muitas vezes, é desconsiderado pelos gestores públicos e, às vezes, por profissionais, como arquitetos e engenheiros. Não obstante, este conceito deveria permear os conjuntos habitacionais desde sua concepção, pois não se trata somente de edificar unidades habitacionais para atender à população menos favorecida, mas se atentar ao fato de que se estará construindo cidades, e, portanto, tais moradias farão parte da paisagem destas cidades (TABBAL e NALIN, 2012).

Em geral, os preceitos dominantes nos projetos urbanísticos e arquitetônicos no âmbito da habitação de interesse social foram, por muitos anos, baseados apenas na economia, no rendimento e na funcionalidade, sendo que este último quesito nem sempre foi contemplado. Porém, quando se projeta um loteamento destinado à habitação de interesse social, deve-se ter em mente que este servirá de nova moradia para milhares de famílias as quais dificilmente terão condições de substituir, futuramente, a moradia recebida do poder público por outra maior ou mais confortável (TABBAL e NALIN, 2012).

A partir de novos sistemas construtivos inovadores, entretanto, como o sistema paredes de concreto, cujas particularidades como a produção em menor escala de

tempo, padrões de construção com alta repetitividade, produção em larga escala e estrutura mais durável poderão ser eficientes em combater o déficit habitacional em ritmo mais acelerado. E ainda, com a aplicação do concreto colorido nas paredes e fachadas ou em telhas e nos passeios, o aspecto estético é realçado, proporcionando maior satisfação aos moradores e evitando a evasão destas unidades.

1.4. METODOLOGIA

A metodologia empregada no trabalho baseou-se na revisão bibliográfica acerca dos dois principais assuntos, que são o concreto colorido e o sistema paredes de concreto, como uma forma de estudar a viabilidade entre os dois temas.

Como embasamento da pesquisa, também foi feita revisão bibliográfica sobre os primeiros empregos do concreto colorido no Brasil e no mundo, assim como um estudo aprofundado sobre a produção deste tipo de concreto e sua influência na resistência mecânica das estruturas, além do estudo das diversas aplicações do concreto colorido.

Para tanto, foram utilizadas como fontes arquivos eletrônicos, monografias, teses e dissertações, artigos publicados em congressos e seminários, livros e sites da internet, de forma a prover o máximo entendimento acerca do tema e fornecer conteúdo necessário para que a questão principal do trabalho fosse respondida.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho compõe-se de sete capítulos, descritos conforme a seguir.

O capítulo 1 apresenta a introdução, abordando a relevância do tema estudado, seus objetivos, a justificativa da escolha do tema, a metodologia empregada no estudo, e, por fim, a estruturação do trabalho por capítulo.

O capítulo 2 explora a evolução da utilização do concreto colorido, procurando manter uma sequência cronológica, desde seu primeiro emprego com a descoberta do pigmento, até os dias atuais, no Brasil e no mundo, em diversas aplicações.

O capítulo 3 trata das características da tecnologia de produção do concreto colorido, no qual se estuda todos os materiais que fazem parte de sua composição e seus efeitos no concreto, além do estudo de dosagem e avaliação de custo para produção deste tipo de concreto.

O Capítulo 4 aborda as propriedades do concreto colorido nos estados fresco e endurecido e como a adição de pigmentos influencia o concreto nestes dois estados.

O capítulo 5 traz as principais aplicações do concreto colorido no Brasil, mais especificamente, nos blocos intertravados de concreto, nos pavimentos em concreto estampado e nos telhados, através das telhas em concreto colorido, abordando assuntos como definição, características, normatização, processo de confecção e cuidados especiais em cada uma destas aplicações.

O capítulo 6 disserta sobre a aplicação do concreto colorido nas habitações de baixa renda, sendo inicialmente caracterizado o atual sistema habitacional brasileiro, o déficit habitacional e a principal ferramenta do governo atual para combater o déficit, o Programa Minha Casa Minha Vida. No final deste capítulo, é estudado o sistema construtivo paredes de concreto, que já vem sendo empregado nas habitações de interesse social, sendo descritos seu desempenho nesta tipologia de habitação e as principais contribuições que o concreto colorido pode proporcionar às HIS.

O capítulo 7 consolida o trabalho com a conclusão de todo o estudo realizado, além de sugerir trabalhos futuros como continuidade dos temas tratados nesta pesquisa.

2. ASPECTOS HISTÓRICOS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO COLORIDO

A preocupação com o planejamento urbano das sociedades hoje no mundo, como forma de garantir conforto aos cidadãos, com ambientes mais agradáveis, que preservem a qualidade de vida e busque uma relação mais harmoniosa entre o meio e as construções, torna o concreto colorido ou cromático um material muito atrativo e eficaz para o alcance de tal fim (EFFTING, 2013).

Para Carvalho e Calavera (2002) a cor é um elemento que sempre esteve presente na história da construção. Desde as eras mais remotas os projetistas lançavam mão deste elemento como fator fundamental que agregava valor estético às suas criações. Como exemplos de como a beleza arquitetônica foi enriquecida pelas diferentes combinações de cor, citam-se o Palácio de Knossos, na Ilha de Creta, a Catedral de Santa Sofia, em Kiev na Ucrânia, a Catedral de Notre Dame de Paris e a Mesquita de Córdoba, na Espanha.

Dentro deste contexto de procurar dar vida às construções em concreto, as quais são marcadas pelo aspecto insípido proveniente de sua cor acinzentada, é que surge a ideia da incorporação de pigmentos à mistura de concreto para a produção de estruturas coloridas. Uma maneira de dar alegria e calor às estruturas cinzentas de concreto é através do acréscimo de cor, tirando-lhes a monotonia (Coelho et al., 2002).

O primeiro pigmento foi produzido por William Henry Perkins, há aproximadamente 140 anos, por meio da oxidação da anilina (CARVALHO e CALAVERA, 2002). Porém, as primeiras experiências com concreto colorido datam de aproximadamente 90 anos.

Em 1920 a empresa G. & T. Ltda, de Hull, na Inglaterra, produziu pela primeira vez um concreto colorido. Enquanto que a primeira empresa a inserir cor na produção de elementos pré-moldados foi a *Art Pavements & Decorations*, de Camden Town, em Londres. Já o primeiro edifício a ser construído em concreto colorido foi o da fábrica de cigarros “*The Carreras Black Cat*”, exibido na figura 1, cuja técnica empregada para fabricar este tipo de concreto mesclava o uso de cimento Portland e areia colorida com ocre, oriundos da África do Sul. Os resultados eram peças de concreto com reflexos amarelados. O vidro moído de Veneza em algumas colunas obtendo-se brilhos avermelhados, verdes e negros também foi utilizado (COELHO et al., 2002).



Figura 1 - Edifício da fábrica de cigarros “The Carreras Black Cat”, construído em 1926-28 e primeiro edifício a empregar concreto colorido no mundo.

Fonte: http://www.jannaludlow.co.uk/Art_Deco/Black_Cat_Factory.html. Acesso em: Maio/2014.

Embora a construção do edifício citado na figura 1 tenha sido um marco na utilização da técnica em concreto colorido, construções posteriores não seguiram seu exemplo e a indústria cimenteira destinou-se à pré-fabricação de elementos acabados e de revestimentos, tais como mosaicos, terraços artificiais, ladrilhos hidráulicos, azulejos e telhas.

Preleciona Carvalho e Calavera (2002) que foi então somente durante a década de 80 que o concreto colorido voltou a ser utilizado em diferentes zonas dos Estados

Unidos para confecção de painéis pré-fabricados, devido à expansão do uso do cimento branco. As técnicas até então empregadas para colorir o concreto consistiam na mistura de agregados e cristais moídos de diversas cores, capazes de produzir um excelente efeito estético.

Rizzon (2006) destaca que o número de estruturas em concreto armado executadas com cimento Portland branco tem aumentado nos últimos anos, a exemplo do conjunto “*Ciudad de las Artes y las Ciencias*”, inaugurado em 1998 em Valência, na Espanha. Esta obra, de autoria do engenheiro e arquiteto espanhol Santiago Calatrava, representa um complexo científico-cultural composto pelo Cine-Planetário, o Palácio das Artes, o Museu das Ciências e o Parque Oceanográfico.



Figura 2 - Ciudad de las artes y las ciências.

Fonte: Piovesan, 2009

Atualmente, com o avanço da tecnologia e da técnica dos materiais torna-se possível a realização de projetos gigantescos, como o do estádio de futebol “*Soccer City Stadium*”, em Johannesburgo, capital da África do Sul. O estádio foi reconstruído para a Copa do Mundo de 2010 e projetado com uma fachada de alta tecnologia composta por placas em concreto colorido e reforçado com fibra de vidro. Para a

fabricação dos painéis coloridos foram usados pigmentos líquidos formulados à base de “Bayferrox”, que são os pigmentos da empresa LANXESS.



Figura 3 - Fachada do Soccer City Stadium, Johannesburgo, projetada em concreto colorido e fibras de vidro.

Fonte: <http://www.architonic.com/ntsht/concrete-in-architecture-1-a-material-both-stigmatised-and-celebrated/7000525>. Acesso em Março/2014.

No Brasil, a primeira obra executada em concreto de cimento Portland branco foi a fábrica da empresa Flextronics, no ano 2000, em Sorocaba, São Paulo, exibida na figura 4. O projeto industrial elaborado num terreno de 750.000 m² é de autoria do arquiteto brasileiro Sidônio Porto (AGUIAR, 2006).



Figura 4 - Primeira obra executada em concreto branco no Brasil – Sorocaba, SP, 2000.
Fonte: <http://arcoweb.com.br/projetodesign/especiais/premio-asbea-2002-edificios-industriais-sidonio-porto-01-12-2002>. Acesso em: Abril/2014.

Um exemplo de aplicação em obra de infraestrutura moldada em concreto branco no Brasil é a ponte estaiada construída na cidade de Brusque, em Santa Catarina, no ano 2002, ilustrada na figura 5. O consumo de concreto chegou a 2.000 m³ e como se necessitava de uma alta resistência e beleza estética para o projeto da ponte, optou-se pela utilização do concreto branco aparente. A obra se tornou um marco para a cidade de Brusque (AGUIAR, 2006).



Figura 5 - Ponte Irineu Bornhausen. Primeira ponte do Brasil em concreto branco, localizada na cidade de Brusque, SC, Brasil.
Fonte: <http://malhasbrusque.com/cidade-de-brusque>. Acesso em: Novembro/2014.

As primeiras experiências com a utilização do concreto colorido no Brasil se deram a partir da produção de pavimentos intertravados, conhecidos como *pavers*, através dos quais diversas praças e parques foram construídos utilizando esse material (PIOVESAN, 2009). Esta técnica possibilita a criação de diversos mosaicos e formas produzindo um efeito bastante atrativo e harmonioso com outros elementos do entorno como observado na figura 6. O sistema construtivo vem tendo boa aceitação por arquitetos e projetistas.



Figura 6 - Blocos intertravados de concreto colorido formando mosaicos.
Fonte: Revista Técnica, ed. 172, 2011

No entanto, o processo de fabricar pisos coloridos não se limita apenas à execução de elementos pré-moldados. A alta resistência ao tráfego de pedestres e de automóveis leves e pesados dos pisos industriais vem sendo explorada para a produção de concreto cromático moldado *in loco* (PIOVESAN, 2009). Este tipo de piso, além de dispensar revestimento, realça o aspecto estético do ambiente.

Outra vantagem da aplicação deste material é a alta refletância, evidenciada na figura 7, a qual minimiza os gastos com energia elétrica e proporciona um aspecto de limpeza e higiene ao ambiente.



Figura 7 - Piso em concreto colorido moldado *in loco*.
Fonte: Piovesan, 2009

Ainda com relação às estruturas de concreto armado e colorido, como pontes, edifícios e viadutos, o cenário nacional mostra-se muito tímido. Recentemente, em 2005, foi utilizado no edifício e-Tower, em São Paulo, um pigmento de óxidos de ferro na mistura com tonalidade avermelhada, como pode ser visto na figura 8, associado a um aditivo superplastificante na concretagem dos pilares, não por motivos estéticos, mas para que o concreto não fosse confundido no momento da concretagem, visto que seria lançado concreto de alta resistência nestes pilares. Porém, o resultado final foi tão interessante do ponto de vista estético, que se definiu que tais pilares permaneceriam com a superfície aparente (PASSUELO, 2004).

O edifício foi projetado para o concreto de resistência $f_{ck} = 80$ MPa, para que os pilares dos quatro níveis do subsolo pudessem ter as suas dimensões reduzidas, sem perder a sua capacidade resistente. Com maior área útil foi possível aumentar o número de vagas do estacionamento. Entretanto, conseguiu-se atingir uma resistência à compressão de $f_{ck} = 125$ MPa no canteiro de obra, o que foi considerado recorde mundial na resistência de concreto colorido (LOTURCO, 2005).



Figura 8 - Pilares do Edifício e-Tower, em São Paulo.
Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011

Também em São Paulo, no Complexo Praça das Artes, inaugurado em 2012, que faz parte de um projeto de revitalização da região central da cidade, foi empregado concreto colorido com o objetivo de se obter uma estrutura que fosse resistente às ações das intempéries e à poluição, marcantes na maior metrópole brasileira. Desta forma, buscou-se a elaboração de fachadas que tivessem alta durabilidade e resistência para que os custos de manutenção também fossem reduzidos (FERRAZ, 2014).

A solução encontrada pelos projetistas para atender a tais critérios foi a adoção do concreto integralmente colorido, garantindo cores vivas e a preservação da textura da edificação. O complexo teve toda a estrutura da fachada colorida em duas cores de pigmentos, o marrom adobe, aplicado na maior parte do edifício que abriga a sede do Balé da Cidade, da Orquestra de Cordas e das Escolas Municipais de Música e de Dança, e o vermelho, que coloriu o centro administrativo.

As figuras 9 e 10 ilustram o edifício central de mais de 28 mil metros quadrados de concreto pigmentado em marrom adobe e o centro administrativo em vermelho, respectivamente.



Figura 9 - Edifício central da Praça das Artes, em São Paulo, construído em concreto na cor marrom adobe.

Fonte: http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/brasil-arquitetura_marcos-cartum-arquitetos-associados_/praca-das-artes/362#a. Acesso em: Fevereiro/2015.



Figura 10 - Centro administrativo da Praça das Artes, em São Paulo, construído em concreto na cor vermelha.

Fonte: http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/brasil-arquitetura_marcos-cartum-arquitetos-associados_/praca-das-artes/362#a. Acesso em: Fevereiro/2015.

O Complexo Cultural e Museu Cais do Sertão Luiz Gonzaga, como parte integrante do Projeto Porto Novo, no Recife, é outro recente exemplo de utilização do concreto colorido no Brasil. Inaugurado em Abril de 2014, o módulo 1 do museu conta

a vida e a cultura do sertão nordestino utilizando dentre suas tecnologias modernas, estruturas moldadas em concreto pigmentado. Ferraz (2014) cita que a escolha dos pigmentos se deu pela semelhança que o concreto em ocre garante em relação às pedras do sertão, características da região.

Ainda em construção, o módulo 2 do museu, também possuirá estrutura de concreto em tom ocre, no qual em cada lado existirá um corredor de 56 m iluminado naturalmente por cobogós, formando um contraste atraente com a estrutura de concreto colorido, conforme exibido na figura 11.



Figura 11 - Revitalização do Novo Porto do Recife, através da construção do Museu Cais do Sertão Luiz Gonzaga.

Fonte: <http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/8618-museu-cais-do-sertao-luiz-gonzaga>. Acesso em: Fevereiro/2015.

3. CARACTERÍSTICAS DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DO CONCRETO COLORIDO

3.1. DEFINIÇÃO DE CONCRETO COLORIDO

Na literatura o concreto colorido é também denominado como concreto cromático ou concreto pigmentado. Ele se constitui como um dos tipos de concreto aparente, porém dotado de cor, o qual segundo Rivera (2007) é o concreto cujas superfícies visíveis cumprem funções estéticas e apresentam uma aparência previsível.

3.2. PRODUÇÃO DO CONCRETO COLORIDO

A produção de concreto colorido pode ser dar por três formas distintas: pintando a superfície do concreto depois de endurecido, incorporando pigmentos dentro da mistura ou simplesmente selecionando as cores dos agregados miúdos e graúdos além de cimentos com cores especiais, atingindo desta forma colorações derivadas da sua cor natural (HENAO CELEDÓN e AVENDAÑO, 1999 *apud* PASSUELO, 2004).

A adição de pigmentos na mistura do concreto pode dar origem a concretos coloridos constituídos por qualquer tipo de agregado ou cimento. No entanto, quando se utilizam os cimentos Portland convencionais, os quais são caracterizados por tonalidades escuras, não é possível se obter concretos de cores claras. A cor cinza do cimento convencional exerce forte influência e não permite que as cores do concreto produzido com este tipo de cimento sejam fiéis às cores dos pigmentos adicionados.

Portanto, o melhor tipo de cimento a utilizar para produção de concretos coloridos é o cimento Portland branco, o qual permite liberdade para obtenção de diversas tonalidades de cores quando são utilizados pigmentos. Para a produção de concretos brancos, nenhum tipo de pigmento necessita ser empregado.

Quando se opta pela utilização de um concreto branco ou cromático busca-se alcançar pelo menos três das características a seguir: satisfação estética, eliminação do revestimento e garantia de durabilidade, segundo estudos de Nero e Nunes (1999).

No entanto, tal escolha deve ser feita por meio da adoção de um sistema de controle de execução qualificado, levando em consideração os custos que estarão envolvidos no processo, os quais são relevantes devido ao emprego de pigmentos. (PASSUELO, 2004).

Esta alternativa tem se tornado interessante, uma vez que pintar uma superfície de concreto, além de revestir e modificar a textura e aparência natural, possui uma vida útil que tende a ser muito inferior à do material que se está cobrindo, necessitando de intervenções periódicas para manutenção durante a vida útil da estrutura.

Petrucci (1987) ressalta que a produção de um concreto colorido sofrerá forte influência das características dos materiais escolhidos. Para uma boa qualidade do concreto, tanto no estado fresco como no estado endurecido, a correta escolha e proporcionamento de seus materiais constituintes, o emprego de técnicas adequadas para a mistura, compactação e cura devem ser buscados.

3.3. MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO COLORIDO

A PCA (2003) ressalta a importância da consideração dos efeitos dos componentes do concreto colorido na composição final da cor. De acordo com a associação, dentre os fatores influentes podem ser destacados o tipo e a cor do cimento, o tipo e a dosagem do pigmento, o tipo, a graduação, a cor e limpeza dos agregados, e em relação aos aditivos, o tipo e a dosagem.

O acabamento superficial do concreto também influencia na sua coloração final, pois quanto mais lisa for a superfície, mais intensas ficam as cores. (COSTA et al., 2004).

Um outro fator a considerar é que feita a seleção dos materiais constituintes do concreto colorido, não se deve permitir a substituição do tipo ou da fonte do agregado nem modificar seu proporcionamento após o processo ser iniciado. Segundo a BCA (2000), negligenciar tal recomendação poderá acarretar problemas na homogeneidade da cor final da estrutura de concreto.

3.3.1. CIMENTO PORTLAND BRANCO ESTRUTURAL

Com a finalidade de reproduzir com maior fidelidade a cor final desejada para uma estrutura de concreto colorido, dispensando o uso de pintura ou outros revestimentos, o cimento Portland branco estrutural é aplicado em concreto branco e cromático. Kirchheim (2003) salienta que sua utilização, com ou sem pigmentos, proporciona ao local aplicado uma aparência de bem-estar e limpeza. Possui larga aplicação em estruturas aparentes como em obras públicas e de arte, e na sinalização de ruas.

A NBR 12989 – Cimento Portland Branco (ABNT, 1993) define cimento Portland branco como aglomerante hidráulico constituído de clínquer branco, uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições. A norma também classifica o cimento Portland branco em dois tipos: cimento Portland branco estrutural e cimento Portland branco não estrutural.

Os cimentos Portland brancos estruturais se enquadram em três classes: 25, 32, 40, sendo que estes valores representam os mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade, em unidades MPa, e podem ser empregados na execução de concreto estrutural. Em contrapartida os cimentos Portland brancos não estruturais

são utilizados na fabricação de rejantes, revestimentos, ou outros usos complementares (PIOVESAN, 2009).

3.3.1.1. FABRICAÇÃO

O cimento branco é produzido pela pulverização de um clínquer de cimento Portland branco. A presença do ferro é quem produz a cor cinza do clínquer do cimento Portland comum. Sendo assim, cimentos de cores claras podem ser produzidos pela redução do teor de ferro no clínquer. Quando a quantidade total de ferro corresponde a menos de 0,5% de Fe_2O_3 e o ferro é mantido no estado reduzido de Fe^{2+} , o resultado é a obtenção de um clínquer branco (MEHTA e MONTEIRO, 2008). A figura 12 ilustra a diferença de tonalidade entre o cimento Portland branco e o CP II Z.



Figura 12 - Diferença de aspecto entre o CP branco e o CP II Z.
Fonte: Anal do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, Outubro 2013

O clínquer feito com matéria-prima de cimento Portland contendo um teor de ferro mais elevado do que o normal, com aproximadamente 5% de Fe_2O_3 e processado sob condições redutoras é capaz de produzir um cimento de cor amarelada. Este cimento é vendido nos Estados unidos e é conhecido como cimento de cor quente, “*warm tone cement*” (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

A presença de óxidos, como o de cromo (Cr), magnésio (Mn) e titânio (Ti), também afeta a coloração do produto final, prejudicando a brancura, e tais efeitos podem ser muito mais fortes do que os provocados pela presença do ferro (PALLÁS, 2002). A fim de contornar tal efeito, geralmente utiliza-se o caulim, associado com giz ou calcário livre de impurezas (NEVILLE, 1997).

Durante a clinquerização o combustível a ser utilizado deve ser o óleo ou o gás, afim de que o produto fique livre de contaminação pelas cinzas do combustível geralmente empregado, o carvão. Com a substituição do ferro e alguns óxidos no forno por outros elementos citados anteriormente, surge a necessidade de se elevar as temperaturas de fundição acima de 1500°C, uma vez que o ferro atua como o principal fundente na clinquerização. Uma alternativa para minimizar o gasto energético adicional seria o emprego de criolita (fluoreto de sódio e alumínio) como fundente (HAMAD, 1995); (NEVILLE, 1997); (PALLÁS, 2002).

A contaminação do cimento também pode ser evitada durante a moagem. Em vez de bolas de aço e moinhos comuns, bolas especiais de níquel e molibdênio, mais caras, ou seixo, material menos eficiente constituem-se numa outra alternativa (HAMAD, 1995); (NEVILLE, 1997).

3.3.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Em relação aos aspectos físicos, existem duas diferenças básicas entre o cimento branco e os cimentos cinza tradicionais: finura e início de pega. A brancura de um material é tão mais atenuada quanto maior for a superfície específica. Desta forma, os cimentos brancos são, geralmente, moídos mais finamente que os cimentos convencionais (PALLÁS, 2002). Como resultado, aqueles se tornam mais reativos em contato com a água (FONSECA e NUNES, 1995).

Fonseca e Nunes (1995) ainda ressaltam que para o gesso ser mais branco, ele deve ser utilizado na forma desidratada. Entretanto, nesta condição sua eficiência como regulador de pega é inferior.

Com uma finura menor para aumentar a superfície específica e tempos de início de pega inferior pela presença do gesso na forma desidratada, o concreto produzido a partir do cimento branco tenderá apresentar maiores taxas de calor de hidratação do que os concretos com cimentos convencionais.

3.3.1.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

No que tange aos aspectos químicos, a tabela da NBR 12989 - Cimento Portland Branco (ABNT, 1993) determina os teores limites e requisitos químicos para os cimentos brancos estruturais. Ela apresenta a diferença em porcentagem dos principais componentes do cimento, entre os cimentos cinza e branco.

Tabela 1 - Compostos principais do cimento Portland.

Composto	Composição em óxidos	Abreviação	Teores (%) CP CINZA	Teores (%) CP BRANCO
Silicato tricálcico	3 CaO.SiO ₂	C ₃ S - alita	50 a 70	50 a 70
Silicato dicálcico	2 CaO.SiO ₂	C ₂ S - belita	15 a 30	15 a 30
Aluminato tricálcico	3 CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A - aluminato	5 a 10	4 a 13
Ferro aluminato	4 CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF - ferrita	3 a 8	< 1

Fonte: Kirchheim et al., 2005

Compostos menores também podem estar presentes na composição do cimento, como óxidos de cálcio livres, óxidos de sódio e potássio (denominados álcalis do cimento), de magnésio, manganês, fosfato, fluoretos e sulfatos. Tais componentes estão presentes no clínquer e suas proporções variam de acordo com a composição da rocha calcária e argila (KIRCHHEIM, 2003).

O proporcionamento dos quatro compostos principais dos cimentos, que são o C_3S , C_2S , C_3A e C_4AF irão determinar as propriedades dos mesmos. Para os silicatos, o silicato tricálcico é responsável pela resistência em todas as idades, especialmente até o fim do primeiro mês de cura e segundo componente em importância no processo de liberação de calor e pelo tempo de pega do cimento. Já o silicato bicálcico detém maior importância no processo de endurecimento em idades mais avançadas e contribui pouco para a liberação de calor e não exerce efeito sobre o tempo de pega (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Quanto aos aluminatos, o aluminato tricálcico contribui para a resistência, principalmente no primeiro dia, e tem forte efeito na liberação do calor de hidratação, especialmente no início do período de cura. Em sua forma cristalina é o responsável pela rapidez da pega. Comparativamente, os aluminatos são conhecidos por hidratarem a uma velocidade muito maior que os silicatos. Por último, o ferro aluminato tetracálcico tem baixa influência no desenvolvimento da resistência e não exerce efeito sobre o tempo de pega (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Neville (1997) também apresenta em sua tabela valores típicos dos compostos presentes no cimento Portland branco, advertindo que os teores entre o C_3S e C_2S podem variar de um cimento para o outro, a fim de justamente buscar o equilíbrio na reatividade deste tipo de cimento, uma vez que estes compostos se hidratam a velocidades diferentes, conforme observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição típica de cimentos Portland brancos.

Composto	Teor (%)
C ₃ S	51
C ₂ S	26
C ₃ A	11
C ₄ AF	1
SO ₃	2,6
Álcalis	0,26

Fonte: Neville, 1997

Existe uma preocupação e certa cautela em relação ao calor de hidratação liberado nas primeiras idades para o cimento Portland branco, que decorre do alto teor de C₃A presente em sua composição, o qual também acelera o tempo de início de pega.

Mehta e Monteiro (2008) explicam que a reação do C₃A com água é imediata, ocorrendo uma grande liberação de calor de hidratação. É importante buscar reduzir também os teores de outros compostos, como o C₃S, que reage rapidamente, para evitar futuros problemas com fissuração.

Uma alternativa utilizada para reduzir a velocidade de hidratação do cimento é a adoção de um procedimento chamado mineralização do clínquer, o qual consiste na adição de compostos de flúor e gipsita (CaF₂ e CaSO₄.H₂O, respectivamente), que leva a uma redução da quantidade de C₃A no cimento a níveis abaixo de 5% (CAMPOS, 2005).

Entretanto, Mehta e Monteiro (2008) advertem para o fato de que a gipsita produz efeito retardador na hidratação de compostos do aluminato, porém efeito acelerador na hidratação dos silicatos que são os principais compostos do cimento Portland. É necessário, portanto, em função da composição do cimento indicar um teor específico de gipsita para o desempenho ótimo do cimento.

O aspecto característico de o cimento branco possuir teores superiores de C_3S e ser constituído por partículas mais finas, quando comparado aos cimentos cinza convencionais, faz com que concretos produzidos a partir deste tipo de cimento possuam tempos mais curtos de início de pega e maior liberação de calor de hidratação.

Portanto, a concretagem de elementos estruturais dotados de grandes dimensões, como em estruturas de concreto massa com cimento branco, necessita de maior controle tecnológico, principalmente aos fatores relacionados à fissuração por retração térmica e plástica do concreto.

3.3.1.4. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

Com relação às características mecânicas, o cimento branco apresenta comportamento bem análogo aos seus homólogos cinzentos. Um estudo desenvolvido por Hamad (1995) mostrou que quanto à resistência, os cimentos brancos não apresentam valores inferiores aos cimentos cinza. Pelo contrário, a resistência à compressão atingiu patamares mais elevados do que os dos concretos produzidos com cimento cinza.

Baroni (2003), em sua pesquisa, observou que o desenvolvimento de flechas ao longo do tempo se mostrou mais acentuado em vigas de concreto branco do que em vigas de concreto cinza, trazendo a hipótese de que o fenômeno da deformação lenta comporta-se de maneira diferenciada entre um concreto produzido pelos dois tipos de cimento. Porém, resultados mais consistentes devem ser encontrados para se comprovar que o módulo de deformação do concreto de cimento branco seja afetado pela alteração na composição química e na velocidade de hidratação.

3.3.2. AGREGADOS

Os agregados não entram em complexas reações químicas com a água, e por isso, têm sido considerados como material de enchimento inerte do concreto. Entretanto, eles compõem mais da metade do volume do concreto, podendo ocupar de 60 a 80% de seu volume. As características relevantes do agregado para a composição do concreto são: porosidade, composição ou distribuição granulométrica, absorção de água, forma e textura superficial, resistência à compressão, módulo de elasticidade e tipo de substâncias deletérias presentes (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

Em relação à influência da rocha-mãe, Neville (2007) destaca que ela é responsável pelas composições química e mineralógica, características petrográficas, densidade de massa, dureza, resistência, estabilidades química e física, estrutura de poros e cor. Por outro lado, características físicas como forma e tamanho das partículas, textura superficial e demanda de água, devem-se a outros processos e condições as quais o material foi exposto, e não estão relacionadas à rocha mãe.

Desta forma, os agregados exercem forte influência sobre propriedades importantes do concreto, como resistência, estabilidade dimensional e durabilidade. Sendo sua natureza e granulometria as características que mais impactam na mistura de concreto, não devem ser tratados como um mero material de enchimento inerte do concreto e negligenciada sua capacidade de influenciar o concreto em seus estados fresco e endurecido.

Para a produção de concreto colorido, Kirchheim et al. (2005) afirma que existe uma gama de possibilidades na utilização de agregados de diversas características. Eles podem ser os calcários, basaltos, mármore, granitos e outros, entretanto, a escolha sobre qual empregar dependerá dos efeitos estéticos que se espera alcançar. Os agregados devem ser muito bem selecionados e caracterizados a fim de evitar mudanças na homogeneidade da mistura, e com isso, comprometer a aparência do

produto final. A autora ainda ressalta que alterações no teor de finos poderão produzir variações colorimétricas na mistura.

Segundo a PCA (2002), para a produção de concreto colorido não há necessidade de se empregar agregados especiais, entretanto, adverte que os materiais de cores mais claras são mais desejáveis.

Com relação à granulometria, os agregados miúdos exercem grande influência na cor final de um concreto aparente, pois eles passam a agir como um corante, transferindo sua cor característica para a mistura (PASSUELO, 2004).

Coelho (2001) cita que a presença de materiais finos na mistura de concreto tem grande capacidade de influenciar na cor final de uma estrutura. Isso porque, a alta concentração de finos produz o clareamento do concreto, devido à sua maior superfície específica, mas também necessita de uma quantidade maior de pasta de cimento para manter o efeito parede nos concretos aparentes e maior demanda de água.

Já os agregados graúdos têm um poder menor de influência na cor do concreto. Fonseca e Nunes (1995) citam que, caso eles não estejam contaminados por material pulverulento, normalmente não são visíveis na superfície do material, e com isso, possuem pouca influência sobre a cor. Os autores ainda afirmam que dosagens maiores de argamassa são importantes para garantir que concretos coloridos apresentem uma tonalidade mais homogênea.

Não obstante, a necessidade de se retirar materiais pulverulentos de agregados graúdos e de aumentar o teor de argamassa para dar maior homogeneidade e clarear a mistura impactam no custo final do concreto.

Portanto, a seleção de agregados miúdos de cores claras é mais interessante para a produção de concretos cromáticos, pois eles fornecem maior facilidade de

controle da tonalidade e aparência superficial da estrutura em concreto aparente e transferem mais intensamente suas colorações para a mistura como um todo. Os agregados provenientes de rochas calcárias são uma boa opção.

A forma e textura superficial dos grãos de agregados não tradicionais, como os produzidos de sedimentos estratificados, todavia, geralmente variam muito. Estes tipos de agregados, principalmente quando constituem a fração fina, acabam por afetar a trabalhabilidade e compacidade do concreto.

Neville (1997) explica que suas formas mais irregulares dificultam a movimentação e empacotamento do concreto, e com isso, as partículas angulosas exigem maior quantidade de água para uma mesma trabalhabilidade. Então, para se manter a mesma resistência é necessário aumentar a quantidade de pasta da mistura ou fazer o uso de aditivos superplastificantes.

3.3.3. ADIÇÕES MINERAIS

As propriedades do concreto, nos estados fresco e endurecido, podem ser modificadas pela adição de certos materiais à sua mistura. Tais componentes exibem diversificadas características e são utilizados no concreto com o fim de melhorar a trabalhabilidade, aumentar a resistência à fissuração devido ao baixo calor de hidratação gerado, elevar a resistência final, proporcionar impermeabilidade devido ao refinamento dos poros, fortalecimento da zona de transição na interface e desenvolver uma durabilidade muito superior frente ao ataque por sulfato e à expansão pela reação álcali-agregado se comparado ao concreto não dotado de tais materiais.

Mehta e Monteiro (2008) definem adições minerais como materiais silicosos finamente divididos, normalmente adicionados ao concreto em altas concentrações, podendo variar de 20 a 70% por massa do material cimentício total. As adições minerais mais comumente empregadas no concreto são as pozolanas comuns ou

altamente reativas, a cinza volante, a escória de alto forno, a sílica ativa e a cinza de casca de arroz.

O emprego de adições ao concreto é prática muito comum atualmente, devido aos benefícios trazidos às suas propriedades. Gonçalves (2000) descreve que existem 3 classes de adições: as com atividade pozolânica, como a sílica ativa, o metacaulim, a cinza de casca de arroz e a cinza volante – classe F; as dotadas de atividade cimentante, como a escória de alto forno e a cinza volante – classe C; e as que não possuem atividade, que são os fíleres, na forma de material carbonático, pó de quartzo, pó de pedra, e outros.

A utilização de adições em concreto colorido deve ser muito bem controlada para que seu emprego não cause modificações na cor final esperada para o produto, uma vez que a fração fina presente na mistura possui grande influência na coloração final, conforme visto anteriormente.

3.3.3.1. FÍLER

Os fíleres são materiais finamente moídos, apresentando finura bem semelhante à do cimento Portland. Como adição, são um material inerte, mas que possuem um efeito físico relevante, ao preencher os vazios deixados pelos agregados. Eles exercem influência positiva sobre diversas propriedades do concreto, como a densidade, a permeabilidade, a trabalhabilidade, a capilaridade ou a tendência à fissuração e a compacidade do concreto, contribuindo para o acabamento superficial do concreto (NEVILLE, 1997).

Em estruturas de concreto expostas ao ambiente marinho, entretanto, a adição de filer calcário em quantidades superiores a 15% não é aconselhável. Menadi et al. (2008) detectaram que a adição de filer acima deste valor provoca o aumento da

penetração de íons cloreto e de gás carbônico, os quais causam danos às armaduras, especialmente nos concretos com baixa relação a/c.

Passuelo (2004) afirma que a tonalidade do fíler tem alto poder de influência nos concretos brancos. O motivo é devido ao efeito parede, mecanismo pelo qual a argamassa de mistura concentra-se na superfície e os finos por sua vez atuam determinando a aparência superficial do material.

3.3.3.2. SÍLICA ATIVA

A sílica ativa é descrita por Mehta e Monteiro (2008) como um material pozolânico altamente reativo, consistindo de sílica pura na forma não cristalina, com pó extremamente fino em esferas sólidas de 0,1 μm de diâmetro médio e 20 m^2/g de área superficial específica. Subproduto da indústria de fornos a arco nas indústrias de silício metálico e ligas de ferro-silício.

Como material pozolânico, a sílica ativa reage quimicamente com hidróxido de cálcio a temperaturas ambientes para produzir compostos com propriedades cimentantes. Tal reação permite que a taxa de liberação de calor seja lenta, assim como o desenvolvimento de resistência. Além disso, a reação ao consumir hidróxido de cálcio, aumenta a durabilidade da pasta hidratada frente a ambientes ácidos. Por último, por constituir um material muito fino, é eficiente em preencher espaços vazios na mistura de concreto, tornando o sistema mais compacto, denso, com maior resistência e mais impermeável.

Portanto, comparada ao fíler, a sílica ativa exerce um papel mais importante e eficiente na mistura do concreto, principalmente por consumir hidróxido de cálcio e por ser um material mais fino, completando a granulometria dos componentes utilizados na produção do concreto.

Com relação à cor, a sílica ativa pode variar de cinza claro a cinza escuro, como ilustra a figura 13. Ela é determinada pelo teor de carbono e de óxido de ferro presentes, visto que o SiO_2 (dióxido de silício) é incolor (SUGAMOSTO, 2007). Quanto maior o teor de carbono, mais escura será a cor.

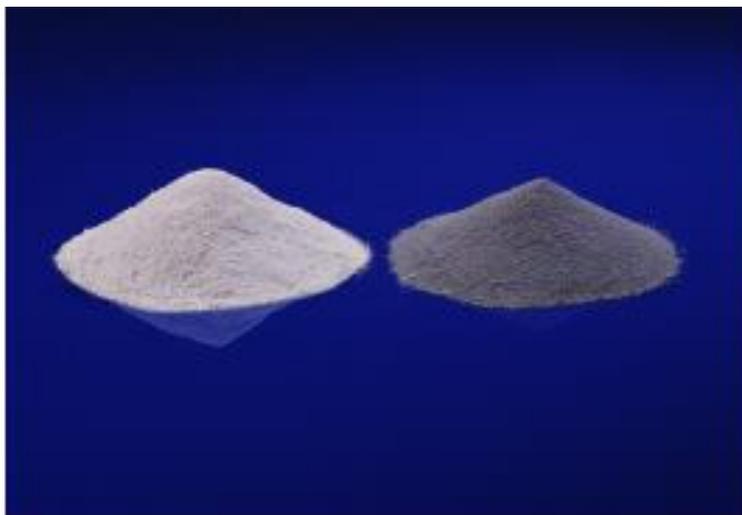


Figura 13 - Sílica ativa em pó fino (diferença de cor, do cinza claro ao cinza escuro).
Fonte: Sugamoto, 2007

Portanto, é de suma importância que o emprego de sílica ativa em concretos coloridos seja um processo bem controlado, para que sua cor não interfira negativamente no aspecto final do produto. Para concretos aparentes de cores claras, é recomendável o uso de sílica ativa com baixo teor de carbono e óxido de ferro.

3.3.3.3. METACALIM

Segundo Mehta e Monteiro (1996), a primeira forma de obtenção desta pozolana foi a partir da calcinação de argilas caulínicas, a baixas temperaturas, variando de 500 a 800°C, com posterior moagem do material. Entretanto, esta forma de obtenção do metacaulim não é tão interessante para o uso em concretos coloridos, porque a tonalidade se caracteriza por um rosa intenso, o que pode prejudicar a cor desejada para o concreto.

Não obstante, Souza e Dal Molin (2002), citam uma outra forma de obtenção do metacaulim, a partir do processo de calcinação e moagem do rejeito da indústria papelreira. Esta forma de obtenção traz vantagens sob o ponto de vista ecológico, uma vez que dá uma solução para o destino final dos resíduos de fabricação do papel. Além disso, este tipo de metacaulim, empregado como adição no concreto colorido, é mais atraente sob a ótica do aspecto colorimétrico, pois apresenta uma tonalidade extremamente clara.

Assim como a sílica ativa descrita no item anterior, o metacaulim como material pozolânico, também apresenta o mesmo mecanismo de reação com o hidróxido de cálcio formado na hidratação dos compostos do cimento. A conversão do hidróxido de cálcio (CaOH_2) em silicato de cálcio hidratado, ou (C-S-H) secundário possui grande importância na durabilidade do sistema, uma vez que os cristais grandes e de baixa resistência dos hidróxidos de cálcio passam a constituir a fase mais fraca da matriz.

As expressões descritas na figura 14 apresentam como se dá a reação de hidratação de um Cimento Portland Comum e a de um Cimento Portland Pozolânico, conhecida como reação pozolânica. A equação 1 mostra o silicato tricálcico (C_3S) reagindo de forma lenta com a água (H) para formar o silicato de cálcio hidratado (C-S-H) e o hidróxido de cálcio (CH) na reação do cimento Portland comum. Já a equação 2 mostra a reação rápida do material pozolânico com o hidróxido de cálcio e água, formando silicato de cálcio hidratado.

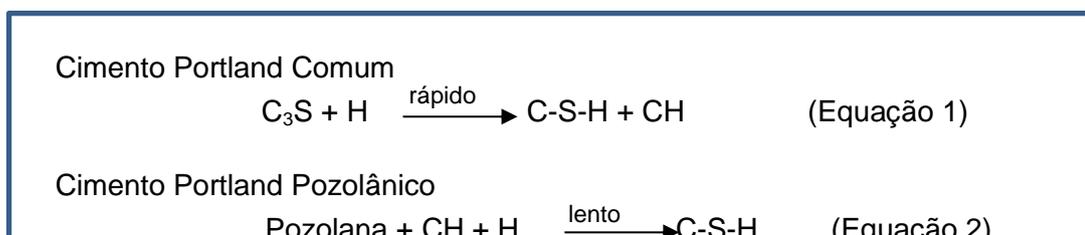


Figura 14 – Reações de hidratação entre o cimento Portland comum e o cimento Portland pozolânico.

Fonte: Mehta e Monteiro, 2008

3.3.3.4. CINZA VOLANTE

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a cinza volante é obtida pela queima do carvão mineral em usinas termelétricas e contém alto teor de sílica e alumina. As partículas variam de $< 1\mu\text{m}$ a $100\mu\text{m}$ de diâmetro, possuindo forma esférica. Quando se apresentam como esferas ocas e vazias são denominadas cenosferas e quando preenchidas com muitas esferas pequenas, são denominadas plerosferas.

As cinzas volantes são classificadas em duas categorias: cinzas volantes classe C e classe F. As cinzas são compostas principalmente por silicatos (SiO_2 , 35-60%), alumina (Al_2O_3 , 10-30%), óxidos de ferro (Fe_2O_3 , 4-20%) e de cálcio (CaO , 1-35%). Quando a soma destes compostos for superior a 70%, a cinza volante é considerada como de classe F. Caso a soma for superior a apenas 50% e menor que 70%, é classificada como de classe C (ACI 232.2R, 1996).

Cezar (2011) explica que as cinzas com baixo teor de cálcio, as de classe F, são originadas da queima do carvão betuminoso, e individualmente, não são dotadas de propriedades cimentantes. Em contrapartida, as de classe C são provenientes da queima do carvão sub-betuminoso e lignito. Com uma concentração bem maior de CaO , estas cinzas possuem propriedades cimentantes em meio aquoso.

Quanto à reatividade, quanto maior for o teor de matéria amorfa, sob a forma de vidro, mais reativas serão as cinzas volantes (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Desta maneira, as cinzas com as menores partículas terão uma influência positiva no desenvolvimento da resistência nas primeiras idades.

De uma maneira geral, a cinza volante, como material pozolânico, assim como a sílica ativa e o metacaulim possui a capacidade de promover dois fenômenos durante o processo de hidratação: (i) *refinamento do tamanho dos poros* e (ii) *refinamento do tamanho dos grãos*.

Mehta e Monteiro (2008) explicam que a formação de produtos de hidratação secundários, como os silicatos de cálcio hidratados (C-S-H) ao redor das partículas pozolânicas tende a preencher os vazios capilares de maior dimensão na pasta de cimento como um material microporoso de baixa densidade. A este processo, dá-se o nome de refinamento do tamanho dos poros. O segundo fenômeno consiste na nucleação do hidróxido de cálcio em torno de partículas finas e bem distribuídas da pozolana que possui o efeito de substituir os grandes cristais de CaOH_2 orientados por numerosos cristais pequenos e menos orientados. Este segundo efeito chama-se refinamento do tamanho dos grãos.

Ambos os fenômenos trazem como benefícios tanto para a pasta de cimento, quanto, e principalmente, para o concreto, o aumento da resistência a longo prazo, da durabilidade e da impermeabilidade. A figura 15 ilustra tais fenômenos.

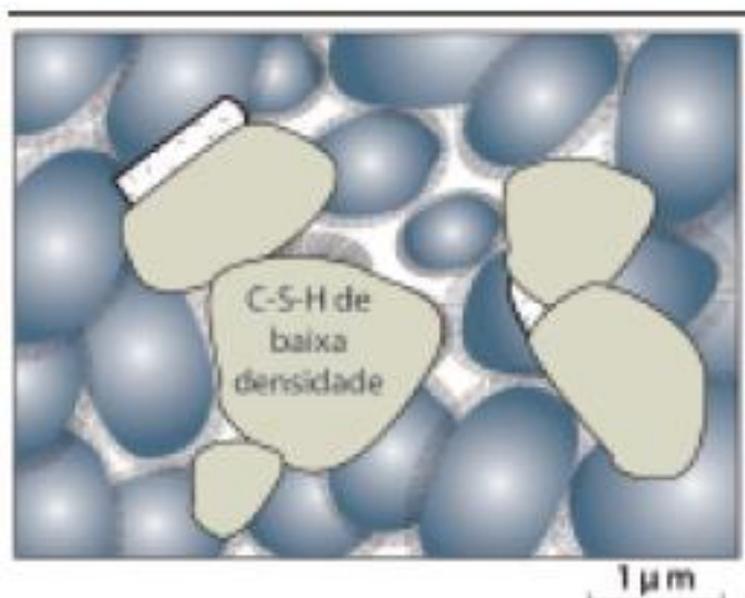


Figura 15 – Reação de hidratação envolvendo cimento pozolânico e hidróxido de cálcio, gerando os fenômenos de refinamento dos poros e refinamento do tamanho dos grãos.

Fonte: Mehta e Monteiro, 2008

No Brasil, a cinza volante está presente como adição na maioria da composição dos cimentos Portland. Entretanto, a adição de cinza na mistura de

concreto pode causar modificações na sua cor, devido à matéria-prima utilizada para sua fabricação, o carvão, tornando o concreto mais escuro.

Passuelo (2004) cita que a norma inglesa BS EN 206-1/BS 8500 (BCA, 2000) não permite o emprego de cinza volante, nem de cimentos contendo esta adição na fabricação de concretos coloridos. O motivo é justamente devido à grande variabilidade das cores geradas, as quais impedem os produtores de garantirem a homogeneidade das mesmas.

Portanto, apesar de a incorporação da cinza volante trazer benefícios de ordem técnica, como material pozolânico, econômico, devido à redução no consumo de energia, e ambiental, pela utilização alternativa das cinzas não aproveitadas da queima do carvão, além da redução na emissão de CO₂ relativa à fabricação do clínquer, o planejamento e controle de seu uso deve ser considerado, a fim de não comprometer a cor final de uma estrutura de concreto.

3.3.4. ADITIVOS

A norma americana ASTM C 125 (ACI, 2007) define aditivo/adição como qualquer material – que não seja agregados, água, cimentos hidráulicos ou fibras, usado como ingrediente de concreto ou argamassa e adicionado à massa imediatamente antes ou durante a mistura (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

O ACI Committee 212 lista ainda 20 finalidades relevantes associadas ao uso dos aditivos, quais são o aumento da plasticidade do concreto sem aumentar o consumo de água, a redução da exsudação e segregação, o retardo ou aceleração do tempo de pega, a aceleração das taxas de desenvolvimento da resistência nas primeiras idades, a redução da taxa de evolução de calor durante a hidratação do cimento e elevação da durabilidade do concreto em condições específicas de exposição (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Diante de tantos benefícios proporcionados ao concreto pelo emprego dos aditivos, estes materiais são hoje amplamente empregados em qualquer tipo de obra civil. Tais propriedades dos aditivos são devidas ao grande desenvolvimento tecnológico do setor químico.

Neville (1997) cita que os aditivos são classificados geralmente pela função que exercem no concreto. A NBR 11768 – Aditivos para concreto de cimento Portland (ABNT, 2011) define as condições requeridas dos materiais a serem utilizados como aditivos, e os classificam em 9 categorias: aditivo plastificante, retardador, acelerador, plastificante retardador, plastificante acelerador, incorporador de ar, superplastificante, superplastificante retardador e superplastificante acelerador. A tabela 3 mostra a descrição dos efeitos de alguns aditivos nas propriedades dos concretos cromáticos.

Tabela 3 - Efeito da ação dos aditivos sobre as propriedades do concreto cromático.

Aditivo	Efeito no concreto cromático
Plastificante	Facilita a dispersão do pigmento; Maior homogeneização;
Incorporadores de ar	À base de lignosulfonatos, produzem escurecimento da superfície;
Redutores de água	Facilitam a compactação; Proporcionam condições favoráveis à presença de eflorescências;
Produtores hidrófugos	Evitam eflorescências;

Fonte: VEIT, 1994 apud Piovesan, 2009

Ainda com relação ao concreto colorido, Nero e Nunes (1999) ressaltam que os aditivos exercem um papel especial em termos de qualidade, principalmente nos concretos brancos. No caso destes concretos, as características específicas do cimento Portland branco, do agregado não convencional, como os derivados de sedimentos estratificados e a incorporação de finos e pigmentos tornam a trabalhabilidade do sistema inferior que a de um concreto com cimento cinza tradicional.

Desta forma, torna-se necessário o emprego de uma maior quantidade de água na mistura, para promover uma consistência mais fluída e permitir um adequado lançamento do concreto. Surge a necessidade, portanto, do uso de um aditivo, capaz de reduzir esta quantidade de água, para que a resistência a longo prazo não seja prejudicada.

Portanto, o tipo de aditivo mais apropriado a ser utilizado em concretos coloridos é o superplastificante. Ele é capaz de permitir uma redução de água das misturas de até 40%, trazendo como consequência, a produção de concretos com alta resistência e durabilidade.

Hartmann e Helene (2003) explicam que quando estes aditivos superplastificantes são adsorvidos pelas partículas de cimento, são geradas forças de repulsão eletrostática e/ou esférica, cujo efeito é a considerável diminuição da tensão superficial da água circundante e a elevação da fluidez do sistema.

A figura 16 mostra duas fotos ilustrativas que exibem a diferença existente no sistema cimento Portland – água devido à ausência e à presença do aditivo superplastificante. Em (b), o aditivo promove uma ótima dispersão das partículas de cimento na água, reduzindo assim, a demanda de água na mistura, diferentemente do que acontece em (a)

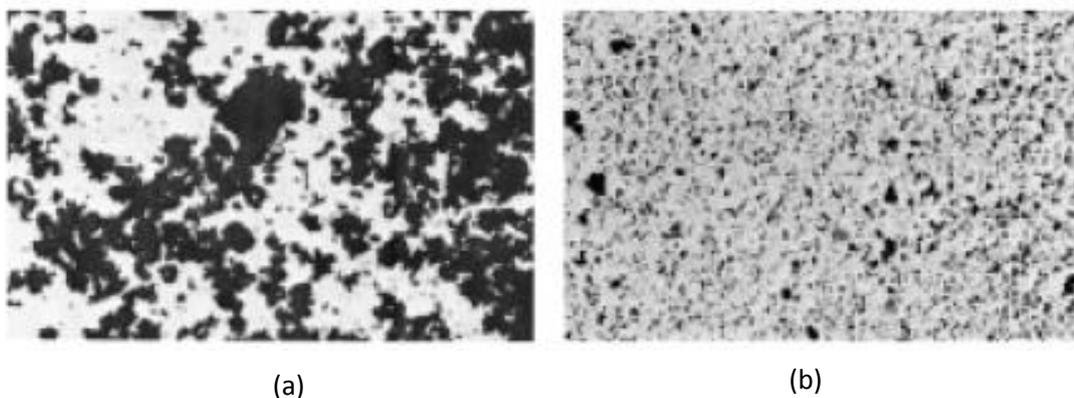


Figura 16 - (a) Micrografia de partículas de cimento floculadas no sistema cimento Portland-água na ausência do aditivo; (b) micrografia do sistema na presença do aditivo superplastificante.

Fonte: Mehta e Monteiro, 2008

Piovesan (2009) cita que a PCA (1999b) adverte para o fato de que aditivos com lignosulfonato podem transformar a cor de um concreto branco em amarelo, e que misturas com cloreto de cálcio devem ser descartadas em concretos coloridos, pois podem distorcer sua cromaticidade.

Aditivos de uma forma geral utilizados para a fabricação de concreto branco devem ser criteriosamente estudados, a fim de não interferirem de forma negativa na cor. Fonseca e Nunes (1995) e Krasowsky (1997) citam que os aditivos à base de carboxilatos ou melamínicos, os quais são normalmente líquidos e de cor clara, são mais convenientes do que os superplastificantes à base de naftaleno sulfonado, que possuem coloração mais escura.

3.3.5. PIGMENTOS

As cores são utilizadas pelo homem há mais de 20 mil anos, sendo o primeiro corante a ser descoberto, o Negro-de-Fumo, conhecido como *Carbon Black*. Aproximadamente por volta de 3.000 a.C., os primeiros corantes inorgânicos sintéticos foram produzidos, tal como o Azul Egípcio. Caçadores do Período Glacial já pintavam, com fuligem e ocre, as paredes das cavernas, onde realizavam seus cultos e suas cerimônias. Já o primeiro corante orgânico sintético produzido com técnica mais avançada foi o Mauve, em 1856, pelo cientista William H. Perkin, estudando a oxidação da fenilamina, conhecida como anilina, em seu laboratório caseiro (AGUIAR, 2006).

Segundo Rojas (2001) os colorantes utilizados em concreto e outras aplicações são divididos em duas classes: os pigmentos e os corantes, e estes em mais duas categorias, os orgânicos e os inorgânicos. A diferença entre um pigmento e um

corante, segundo o autor, está na solubilidade, sendo os pigmentos caracterizados como insolúveis e os corantes como solúveis, em meio aquoso, ou em qualquer outro meio contendo algum solvente.

No setor da construção civil, Coelho (2001) afirma que os pigmentos inorgânicos são os mais recomendáveis, pois atendem a todos os requisitos exigíveis para o uso em concreto e argamassa, quais são: ser inerte com os demais componentes do concreto e argamassas; assegurar e manter a sua cor original; apresentar boa resistência à ação da luz e das intempéries; apresentar pH estável; ser insolúvel em água e misturar-se facilmente com o cimento e os finos do concreto e argamassa.

Rojas (2001) cita que os pigmentos mais utilizados hoje são originados da sucata de ferro velho, conhecidos comercialmente como “ferrox”, de onde é extraído o óxido de ferro. A partir deste tipo de pigmento é possível se obter cores em tons de amarelo, ocre, areia, terra, laranja, preto, vermelho, entre outras, sendo aplicado em telhas, pisos, blocos de concreto, além de alguns tipos de rejunte.

O óxido de ferro é um composto extremamente interessante na produção de pigmentos porque a partir dele se consegue obter um grande leque de cores diversificadas, através de modificações feitas durante o processo de oxidação. A primeira cor alcançada é o amarelo, variando-se a temperatura, obtém-se o vermelho, eliminando-se o oxigênio da mistura, atinge-se o preto. As outras cores, por sua vez, são consequência da combinação destes pigmentos primários (AGUIAR, 2006).

Já as cores azul e verde são provenientes dos óxidos de cromo e cobalto, respectivamente, porém possuem uso restringido devido ao elevado custo de produção e comercialização (AGUIAR, 2006).

Segundo Rojas (2003) os fatores que podem interferir no resultado final do concreto pigmentado são:

- a.) Procedência e cor do cimento;
- b.) Acabamento superficial;
- c.) Relação com a quantidade de poros;
- d.) Relação a/c;
- e.) Cor e tipo de agregados;
- f.) Quantidade de pigmentos;

A Revista Pisos Industriais/nº 05 (2006) cita que, atualmente, na indústria da construção civil os pigmentos em forma de pó concorrem no mercado com as dispersões aquosas. Estas possuem a vantagem de apresentar maior uniformidade na cor, facilidade de manuseio e medição. Em contrapartida, o aspecto negativo fica por parte do custo elevado de transporte, devido à alta proporção de água na composição do produto, o que pode também levar à precipitação do pigmento no fundo, caso ele não seja agitado por tempo suficiente.

3.3.5.1. DIFERENÇAS ENTRE PIGMENTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS E PATOLOGIAS

Os pigmentos orgânicos são produtos sintéticos obtidos a partir de sínteses químicas, derivadas do petróleo e do carvão, com aplicação em tintas e vernizes empregados na indústria automotiva, na construção civil e em outros produtos industriais. Aguiar (2006) afirma que este tipo de pigmento não interfere nos níveis de resistência solicitados por uma estrutura, além de não serem poluentes.

Entretanto, a Revista Pisos Industriais, nº05 (2006) adverte para o fato de que os pigmentos orgânicos têm sua utilização restringida no concreto devido à facilidade de quebras de suas ligações químicas, o que pode levar o produto a converter-se em

um sal solúvel e danificar a peça, manchando a superfície do concreto com eflorescências.

O desgaste superficial por ação da chuva ou do vento também pode acontecer no concreto de baixo consumo de cimento, devido à exposição do agregado utilizado na mistura, resultado que altera o tom determinado previamente (BILESKY, 2011).

Já os pigmentos inorgânicos são formulados a base de óxidos, dotados de uma forte ligação química metálica, a qual lhes confere resistência extremamente forte aos efeitos da luz. Esta forte ligação é favorecida devido à ligação do íon ferro ser mais estável, na qual sua oxidação garante uma estabilidade que, em condições normais, não é quebrada. Em relação ao pH dos óxidos pode ocorrer uma variação de um óxido para outro, dependendo da tonalidade e da finura do grão (AGUIAR, 2006). A tabela 4 mostra as constituições químicas de pigmentos à base de óxidos de ferro.

Tabela 4 - Constituição química dos pigmentos à base de óxidos de ferro.

Cor	Componente	Fórmula	Variações de Cor
Vermelho	Óxido de Ferro III	$\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$	Amarelo - Azul
Amarelo	Hidróxido de Ferro	$\alpha - \text{FeOOH}$	Verde - Vermelho
Preto	Óxido de Ferro II e III	Fe_3O_4	Azul - Vermelho
Marrom	Óxido de Ferro	Misturas	
Verde	Óxido de Cromo	Cr_2O_3	Azul - Amarelo
Azul	Óxido de Cobalto	$\text{Co}(\text{Al},\text{Cr})_2\text{O}_4$	Vermelho - Verde

Fonte: Aguiar, 2006

Aguiar (2006) ressalta ainda que as principais características destes pigmentos são a opacidade elevada, alto poder de cobertura, facilidade de uso, ótima relação custo/benefício, além da possibilidade de obtenção de produtos micronizados e de baixa absorção de óleo.

As propriedades de alta opacidade e poder de cobertura deste tipo de pigmento permitem que eles sejam utilizados em combinação com outros corantes orgânicos e

inorgânicos, a fim de reduzir os custos de produção. Voltado para o mercado de plásticos existem alguns óxidos amarelos constituídos por Fe.ZnO, Fe(MnO₄) que são produtos especiais, conferindo altas resistências térmicas (AGUIAR, 2006).

Comparativamente, os óxidos naturais, em geral de ferro, são produtos diferentes dos óxidos sintéticos. Os naturais, mesmo aqueles dotados com componentes de alta qualidade, normalmente possuem proporção menor de Fe₂O₃ e podem conter alguns contaminantes (AGUIAR, 2006).

Tabela 5 - Diferença entre as propriedades dos óxidos naturais e sintéticos.

Natural	Sintético
Minério processado	Processo químico
Baixo teor de Fe ₂ O ₃	Alto teor de Fe ₂ O ₃
Alto consumo	Baixo consumo
Alto teor de impurezas	Baixo teor de impurezas
Custo mais baixo	Custo mais alto
Opacidade mais baixa	Opacidade mais alta
Poder colorístico menor	Poder colorístico maior
Saturação de cor menor	Saturação de cor maior
Estável no concreto e resistente a intempéries	Estável no concreto e resistente a intempéries
Limitações colorimétricas	Alta faixa colorimétrica

Fonte: Aguiar, 2006

Resumindo, a tabela 6 apresenta as principais diferenças de propriedades entre os pigmentos orgânicos e inorgânicos:

Tabela 6 - Diferença de propriedades entre pigmentos orgânicos e inorgânicos.

Característica	Pigmentos Inorgânicos	Pigmentos Orgânicos
Estabilidade térmica	Alta	Baixa
Dispersibilidade	Boa	Ruim
Estabilidade às intempéries	Boa	Ruim
Poder de cobertura	Alto	Baixo
Força colorística	Baixa	Alto
Migração / eflorescência	Não ocorre	Possível

Fonte: Rojas, 2001 apud Aguiar, 2006

3.4. DOSAGEM DO CONCRETO COLORIDO

Como em toda dosagem do concreto a quantidade de todos os materiais constituintes deve ser controlada para garantir a obtenção das propriedades desejadas. E, em se tratando de concreto colorido, o nível de rigor deve ser ainda maior, a fim de se assegurar a homogeneidade dos tons das cores empregadas para colorir uma superfície que ficará aparente. Além disso, o controle do processo de pigmentação deve se estender além das etapas de laboratório, garantindo também no campo a fiel reprodutibilidade do processo produtivo.

O processo de pigmentação pode se aplicar a qualquer tipo de cimento Portland. Entretanto, a escolha do tipo de cimento a ser empregado na dosagem está intimamente relacionada ao tom de cor final desejado para o concreto. Conforme já citado, é mais conveniente a utilização do cimento branco na dosagem do concreto para a obtenção de um produto em tons pastéis ou mais claros.

O procedimento utilizado para adição do pigmento ao concreto varia em função de sua apresentação, que pode ser em pó ou líquido. Os líquidos são mais fáceis de utilizar e devem ser misturados na água de amassamento do concreto. Em contrapartida, os pigmentos em pó exigem maiores cuidados e devem ser primeiramente misturados a seco com o cimento, por tempo pré-estabelecido, a fim de melhorar a homogeneidade final da cor (BILESKY, 2011).

Para os pigmentos em forma de pó, conforme ilustrado na figura 17, depois da pré-mistura a seco, o cimento deve ser diluído com uma parcela da água. Posteriormente, são inseridos os agregados no misturador, começando pelo agregado graúdo, podendo ser a brita 1 e/ou 2, a qual auxiliará a desagregar os eventuais grumos existentes. Então, insere-se o agregado miúdo, a areia. A adição de água deve ir sendo feita em função da consistência final que se deseja alcançar (BILESKY, 2011).

Martins (2011) descreve dois procedimentos de mistura para obtenção do concreto colorido. O primeiro consiste em se misturar o pigmento no próprio caminhão-betoneira, o qual apresenta um custo mais baixo. Entretanto, existe a possibilidade de se produzir mais de uma tonalidade em função do baixo controle deste tipo de processo, e que se restringe a pequenos volumes de concreto.

O segundo procedimento consiste em sair com o concreto colorido já da concreteira, sendo o pigmento inserido na cinta transportadora como se fosse qualquer outro aditivo. Assim como Bilesky (2011), Martins (2011) também recomenda que o pigmento seja posto na mistura junto com os agregados graúdos, para que estes ajudem a romper os aglomerados do pigmento, uma vez que são constituídos de partículas finas. Por fim, após a mistura com os agregados é posto o cimento, os aditivos líquidos e mais uma parcela de água.



Figura 17 - Diferentes tonalidades de pigmentos utilizados em concretos na forma de pó.
Fonte: Revista Técnica, ed. 172, 2011

Martins (2011) cita ainda que existe uma quantidade máxima recomendada de pigmento, que gira em torno de 8% sobre a quantidade total de cimento incorporada no traço do concreto. Acima desta porcentagem ocorre saturação e a adição de mais

pigmento não alterará a cor e poderá acarretar em perda de resistência mecânica do concreto.

A tabela 7 de dosagem contém as dosagens recomendadas de pigmento nas diversas aplicações do concreto colorido.

Tabela 7 - Tabela de Dosagem.

Aplicação	Dosagem recomendada de pigmento
Concreto	de 4% a 5% sobre o peso do cimento
Pisos intertravados	de 4% a 6% sobre o peso do cimento
Concreto pré-moldado	de 4% a 5% sobre o peso do cimento
Telhas de concreto	de 3% a 5% sobre o peso do cimento
Telhas de fibrocimento	de 4% a 5% sobre o peso do cimento
Blocos	de 4% a 6% sobre o peso do cimento
Argamassa	de 1% a 7% sobre o peso total
Ladrilho hidráulico	de 1% a 7% sobre o peso do cimento
Cal	de 3% a 8% sobre o peso total
Chapisco	de 3% a 5% sobre o peso do cimento

Fonte: Revista Técnica, ed. 172, 2011

3.5. AVALIAÇÃO DO CUSTO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO COLORIDO

Mawakdyie (1998) estima que menos de 1% da produção total de concreto no Brasil, na década de 90, valor cerca de doze milhões de metros cúbicos por ano, fosse cromática. Um dos motivos pelo baixo consumo do concreto colorido é a preferência do brasileiro pelo cimento cinza, sendo a cor não muito valorizada. Na Europa, entretanto, por quase toda parte se observa construções em concreto colorido.

Mawakdyie (1998) enfatiza, entretanto, que a escolha da tonalidade cinza-escuro nos concretos aparentes pelos arquitetos e engenheiros brasileiros não é uma decisão puramente estética. Os fatores relacionados ao custo de se produzir este tipo de concreto são a principal causa para o baixo valor do volume citado.

Um dos fatores que promove a composição do elevado custo do concreto colorido é a necessidade de se ter que agregar o pigmento na massa inteira do

concreto, sendo que somente a superfície ficará visível. Para contornar tal fato, as concreteiras têm adotado a técnica de utilizar painéis dotados de poucos centímetros de espessura, que se encaixam como moldes à estrutura de concreto (MAWAKDIYE, 1998).

Os cuidados especiais que devem ser tomados para a produção do cimento Portland branco, que o diferencia da produção do cimento Portland cinza comum também encarece o custo final do concreto cromático. Tais cuidados consistem no controle para produzir o cimento branco com baixos teores de óxido de ferro e outros elementos menores além das medidas adotadas para evitar a contaminação do cimento (PIOVESAN, 2009).

Existem ainda os cimentos que são produzidos com adições especiais visando impedir a fixação de partículas e fungos na superfície da estrutura. Este tipo de cimento pode custar até doze vezes mais que os cimentos cinza.

Além disso, como será visto mais adiante no capítulo 6, o concreto mais recomendável para utilização no sistema de paredes de concreto, é o concreto autoadensável, o qual também pode ser colorido e apresenta uma vantagem em relação ao custo comparativamente ao concreto convencional. Tutikian et al. (2005) realizaram um estudo comparativo entre os dois tipos de concreto no que tange às atividades de acabamentos e reparos de peças pré-fabricadas, e verificaram que o custo de ajustes no acabamento sem a necessidade de reparos da estrutura era de 7,03 R\$/m³ para o concreto convencional, contra 1,41 R\$/m³ do concreto autoadensável. Quando somente os reparos eram necessários, os custos eram de 14,55 R\$/m³ contra 0,00 R\$/m³ respectivamente.

O estudo revela o ganho de qualidade e de economia quando utilizado o concreto autoadensável para concretagem de estruturas que ficarão aparentes, no qual se obteve custo zero para realização de reparos na estrutura. O emprego de um

processo tecnológico com maior rigor, como é o caso da produção de um concreto autoadensável e colorido pode ter um custo inicial mais elevado, porém os gastos com futuras intervenções para mitigar a presença de defeitos, que geram custos com material, mão de obra não prevista, além de criarem um gargalo no processo, são sensivelmente reduzidos.

Entretanto, não foram identificados estudos divulgados que descrevam todos os custos envolvidos quando da concretagem de estruturas aparentes que utilizem concreto colorido. Um estudo que envolva a comparação detalhada de custos entre os concretos convencional e colorido é sugerido no capítulo final deste trabalho.

3.6. INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PIGMENTOS SOBRE AS PROPRIEDADES DO CONCRETO COLORIDO NO ESTADO FRESCO

A adição de pigmentos pode influenciar as propriedades do concreto no estado fresco. A trabalhabilidade é uma das propriedades que pode sofrer influência. Coelho (2001) afirma que o tamanho das partículas dos pigmentos, geralmente $< 1\mu\text{m}$, e sua forma reduzem a trabalhabilidade. O pigmento amarelo com formato acicular exige maior demanda de água, já o pigmento preto, com menor dimensão e forma esférica, exerce alto poder de pigmentação e melhor trabalhabilidade em relação aos outros pigmentos.

Mehta e Monteiro (2008) citam a definição dada pela ASTM C 125 (ACI, 2007) sobre a trabalhabilidade, como sendo a propriedade que determina o esforço exigido para manipular uma quantidade de concreto fresco, com perda mínima de homogeneidade. Em outras palavras, é a propriedade que determina a facilidade com que os concretos podem ser lançados, adensados e acabados. É composta por dois componentes principais, a fluidez e a coesão.

A trabalhabilidade é afetada principalmente pelo teor de água na mistura, mas outros fatores como a dimensão máxima do agregado, granulometria, forma e textura também exercem forte influência (MOURA, 2001).

Aguiar (2006) mediu a trabalhabilidade da massa de concreto colorido através do ensaio de abatimento do tronco de cone. As misturas foram compostas por dois tipos de pigmentos inorgânicos à base de hidróxido de ferro, nas cores vermelha e amarela, além de um terceiro pigmento de base orgânica, na cor verde. A figura 18 ilustra os resultados obtidos.

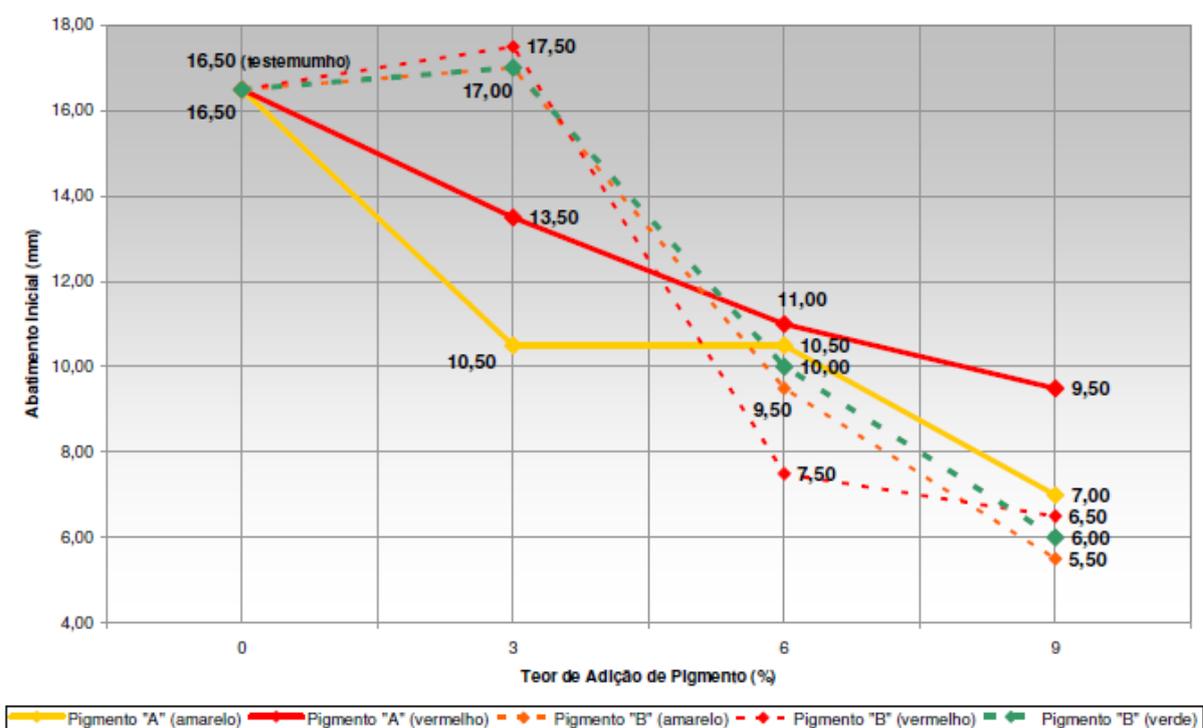


Figura 18 - Trabalhabilidade das massas de concreto colorido medida a partir do ensaio de abatimento do tronco de cone.

Fonte: Aguiar, 2006

A partir da figura 18 podemos inferir que ocorre uma diminuição do abatimento à medida que são acrescentados os teores de adição de todas as cores para os pigmentos "A" e "B", sendo necessário um aumento na quantidade de água para melhorar a trabalhabilidade, assim como aumento do consumo de aditivo

superplastificante. Entretanto, praticamente não houve alteração do abatimento para o pigmento “B” com adição de 3%. Logo, seu emprego com adição de até 3% não afeta a trabalhabilidade.

A causa para a perda da trabalhabilidade com a adição de materiais finos como os pigmentos na massa de concreto é explicada pelo aumento da superfície específica gerada, assim como a forma das partículas dos pigmentos, que quando esférica tende a afetar menos na trabalhabilidade que as partículas angulares ou poliédricas.

A fluidez das argamassas de cimento é outra propriedade afetada pela adição de pigmentos. Segundo Lee et al. (2005), esta propriedade diminui rapidamente com o aumento do teor dos pigmentos inorgânicos vermelho e amarelo, o que acarreta na necessidade de elevar o consumo de água e o emprego de um aditivo superplastificante para manter uma fluidez desejável. Os pesquisadores verificaram, entretanto, que ocorreu pouca alteração na fluidez das argamassas quando utilizados os pigmentos verde e preto.

3.7. INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PIGMENTOS SOBRE AS PROPRIEDADES DO CONCRETO COLORIDO NO ESTADO ENDURECIDO

Moura (2001) preleciona que as propriedades mecânicas do concreto estão intimamente relacionadas ao seu potencial de resistir aos esforços a que ele for exigido. As reações de hidratação da pasta é quem determinam o desenvolvimento da resistência do concreto. A resistência à compressão, pela facilidade de execução dos ensaios, é o parâmetro mais utilizado para determinação das propriedades mecânicas.

3.7.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Piovesan (2009) realizou um programa experimental no qual um dos objetivos consistiu na análise da influência da adição de pigmentos sobre a resistência à

compressão axial do concreto colorido. Para execução dos ensaios foram realizadas combinações entre 2 tipos de pigmentos inorgânicos de bases químicas diferentes, variando-se os teores dos pigmentos em 4 proporções (0, 3, 6 e 10%) e com 3 relações a/c (0,40; 0,55 e 0,70).

Os pigmentos utilizados no experimento foram um pigmento de coloração vermelha à base de óxido de ferro (Fe_2O_3) e outro pigmento de coloração verde à base de óxido de cromo (Cr_2O_3). As características físicas e químicas dos pigmentos estão exibidas na tabela 8.

Tabela 8 - Características químicas e físicas dos pigmentos empregados.

Características químicas			
Principais compostos	Resultado (%)		
		Pigmento Vermelho	Pigmento Verde
Fe_2O_3		97,622	0,050
Cr_2O_3		0,038	78,494
SO_3		0,706	0,131
F		-	19,574
SiO_2		0,193	0,125
ZnO		0,129	-
CaO		0,091	0,044
Al_2O_3		0,081	1,092
MnO		0,059	-
P_2O_5		0,295	-
CO_2		1,05	0,490
Características físicas			
Finura # 325 (%)	max.	0,3	-
Forma da partícula	-	acicular	esférica
Diâmetro médio (μm)	-	0,53	0,83
Superfície específica (m^2/g)	-	10,71	8,08
pH	min.	3,0	5,0
	máx.	6,0	7,0
Absorção de óleo ($\text{g}/100\text{g}$)	-	23	11
Umidade (%)	max.	0,5	0,3
Sais solúveis (%)	max.	0,5	0,005
Densidade específica (g/cm^3)	aprox.	4,7	5,2
Densidade aparente (g/cm^3)	min.	0,7	-
	max.	1,1	1,1

Fonte: Piovesan, 2009

Os dois pigmentos em pó empregados no estudo apresentam diâmetros médios inferiores aos dos grãos de cimento, contribuindo para o efeito fíler, com consequente fechamento dos poros e ganho de resistência.

Devido ao maior consumo de cimento utilizado em concretos aparentes como é o caso do concreto colorido, e também a um maior percentual de teor de finos em sua composição, garantindo assim um melhor acabamento superficial, a quantidade de água na mistura deve ser elevada a fim de proporcionar homogeneização dos materiais e uniformidade de cor. É necessário, portanto, a adição de um aditivo superplastificante para compensar esta maior demanda de água.

Piovesan (2009) empregou em seu experimento um aditivo superplastificante de 3ª geração, de base química composta por policarboxilatos, aspecto viscoso e de cor bege.

As tabelas 9 e 10 sintetizam os resultados de resistência à compressão obtidos e os resultados calculados pelas equações obtidas através da regressão múltipla linear para os pigmentos vermelho e verde.

Tabela 10 - Valores médios de resistência à compressão (Mpa) obtidos e calculados para o pigmento Vermelho.

7 dias		fc Obtido (MPa)				fc Calculado (MPa)			
		0%	3%	6%	10%	0%	3%	6%	10%
a/c	0,40	51,13	50,98	50,84	49,91	50,35	51,16	51,93	50,20
	0,55	32,01	34,88	36,40	35,06	33,11	33,92	34,69	32,10
	0,70	20,28	24,11	24,01	22,12	23,10	23,91	24,68	22,95
14 dias		fc Obtido (MPa)				fc Calculado (MPa)			
		0%	3%	6%	10%	0%	3%	6%	10%
a/c	0,40	54,70	55,92	51,63	51,74	52,55	53,37	54,16	53,84
	0,55	36,55	36,07	38,78	37,67	34,95	35,76	36,55	36,23
	0,70	23,19	24,48	26,48	24,03	24,57	25,38	26,17	25,85
28 dias		fc Obtido (MPa)				fc Calculado (MPa)			
		0%	3%	6%	10%	0%	3%	6%	10%
a/c	0,40	56,64	55,25	56,24	59,02	56,96	57,78	58,58	58,96
	0,55	39,17	42,03	41,22	43,52	38,61	39,43	40,23	40,61
	0,70	26,10	28,71	29,53	27,64	27,50	28,31	29,11	29,50

Fonte: Piovesan, 2009

Tabela 9 - Valores médios de resistência à compressão (Mpa) obtidos e calculados para o pigmento Verde.

7 dias		fc Obtido (MPa)				fc Calculado (MPa)			
		0%	3%	6%	10%	0%	3%	6%	10%
a/c	0,40	51,13	50,82	48,26	52,02	50,90	50,84	50,78	50,70
	0,55	32,01	34,35	33,59	34,97	32,39	32,76	33,12	33,61
	0,70	20,28	22,31	22,97	23,43	21,82	22,37	22,92	23,65
14 dias		fc Obtido (MPa)				fc Calculado (MPa)			
		0%	3%	6%	10%	0%	3%	6%	10%
a/c	0,40	54,70	52,90	52,87	53,80	54,00	53,94	53,88	53,80
	0,55	36,55	37,38	37,28	36,31	35,09	35,46	35,82	36,31
	0,70	23,19	24,12	25,16	23,77	24,29	24,84	25,39	26,12
28 dias		fc Obtido (MPa)				fc Calculado (MPa)			
		0%	3%	6%	10%	0%	3%	6%	10%
a/c	0,40	56,64	57,10	56,05	58,00	57,75	57,69	57,64	57,56
	0,55	39,17	41,78	39,95	39,99	38,61	39,43	40,23	40,61
	0,70	26,10	26,26	27,39	27,93	26,78	27,33	27,88	28,61

Fonte: Piovesan, 2009

Para melhor visualização dos resultados, a figura 19 mostra os gráficos plotados das interações significativas entre a relação a/c, idade e teor de adição de pigmento na resistência à compressão do concreto.

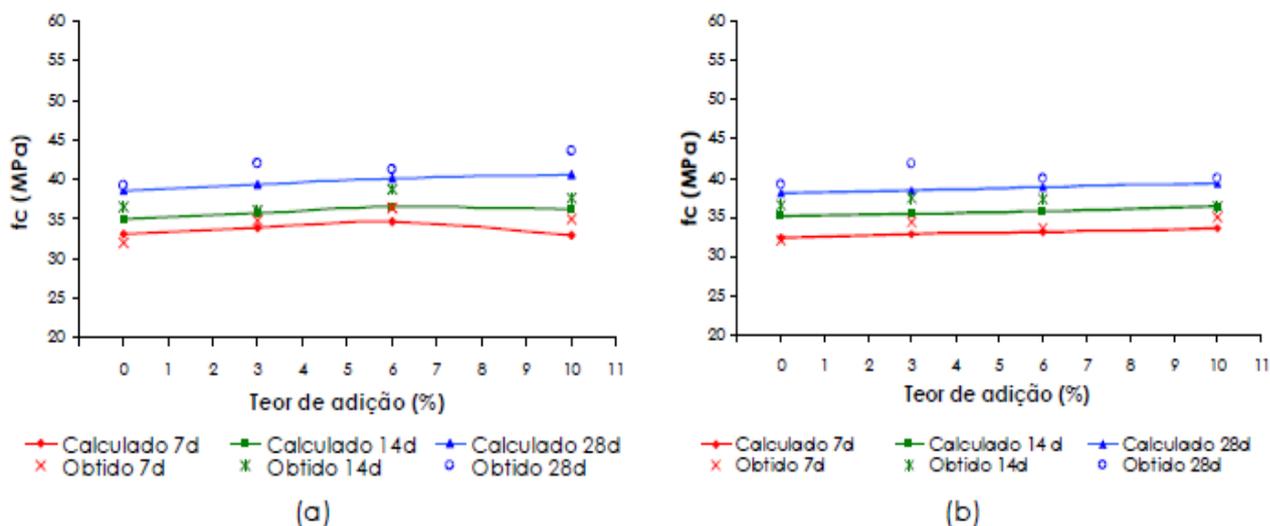


Figura 19 - Valores da resistência à compressão associados às interações entre o teor de adição e a idade, fixando-se a relação a/c em 0,55; (a) pigmento vermelho; (b) pigmento verde.

Fonte: Piovesan, 2009

A partir dos resultados observamos que a resistência à compressão dos dois pigmentos aumenta com o aumento da idade. Especialmente com o pigmento vermelho há um ganho maior de resistência do que o pigmento verde, sendo um acréscimo da ordem de 13% logo aos 7 dias com adição de 6% em relação ao concreto referência. Entretanto, apresenta uma redução no teor de 10% para os primeiros 7 dias. Já em relação ao pigmento verde, quanto maior foi adição de pigmento, maiores os valores de resistência alcançados. O motivo certamente se deve à combinação da forma esférica e ao diâmetro médio $< 1\mu\text{m}$ das partículas deste pigmento.

O ganho de resistência com aumento da idade já deveria ser esperado, uma vez que quanto maior o tempo de cura, melhores são as condições para que se atinjam as propriedades do concreto a partir das reações de hidratação do cimento.

Analisando os resultados isolados da relação a/c, idade e teor de adição, Piovesan (2009) observou que com o aumento da idade a resistência à compressão aumentava, com o aumento do teor de adição do pigmento, a resistência pouco sofreu alteração, aumentando cerca de 5% para o pigmento vermelho e 2% para o pigmento verde em relação ao concreto referência. Já, com a elevação da relação a/c, a resistência à compressão diminuiu significativamente, estando de acordo com a lei de Abrams, que diz que a resistência à compressão é inversamente proporcional à relação a/c.

Aguiar (2006) também estudou a influência da adição de pigmentos sobre a resistência à compressão do concreto. Em sua pesquisa, os teores de adição dos pigmentos foram de 3%, 6% e 9% em relação à massa de cimento. Foram empregados 2 tipos de pigmentos. O pigmento "A" na forma de um pó fino, insolúvel em água, de composição química à base de hidróxido de ferro, inorgânico, de forma acicular e nas tonalidades vermelha e amarela. O pigmento "B" consistiu de um subproduto com as mesmas características físico-químicas do pigmento "A", também nas tonalidades vermelha e amarela. Porém, a terceira tonalidade, a verde, possuía base orgânica. No gráfico da figura 20 temos uma comparação nos valores de resistência obtidos conforme o tipo e os teores dos pigmentos utilizados.

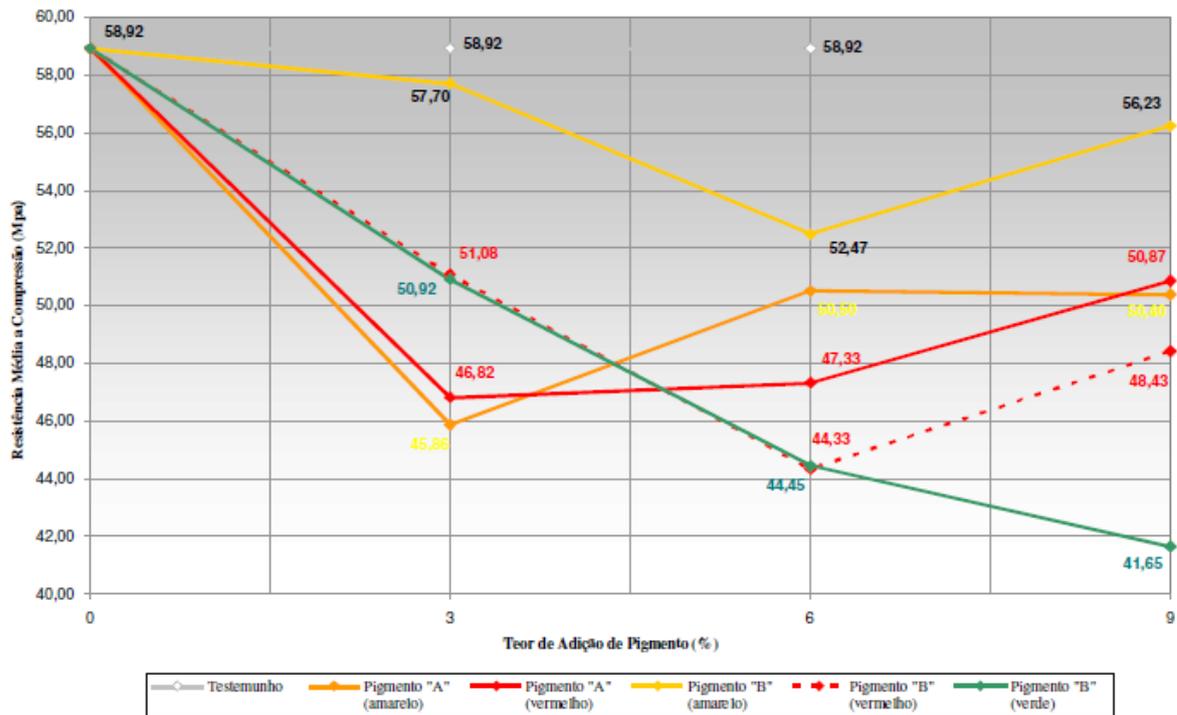


Figura 20 - Resultado dos valores da resistência à compressão entre os diferentes tipos de pigmento.
Fonte: Aguiar, 2006

De uma forma geral, o estudo de Aguiar (2006) mostra um cenário de queda de resistência à compressão com a adição de pigmentos. Logo com 3% de adição de pigmento que mais diminuiu a resistência do concreto foi o pigmento "A" amarelo, sendo 22% menor que o concreto referência. Com 6% de adição, o pigmento "B" em todas as cores, amarelo, vermelho e verde causou diminuição de resistência em relação ao teor anterior de 3%, acontecendo exatamente o oposto com o pigmento "A". E, por fim, com 9% de adição, a resistência de todos os concretos pigmentados foi inferior a do testemunho.

Uma possível explicação para os resultados encontrados por Aguiar (2006) pode ser a significativa perda de trabalhabilidade da mistura de concreto com adição dos pigmentos, prejudicando a interação de seus grãos com os grãos de cimento e agregados, de maneira tal que o efeito fíler não tenha ocorrido, sem preenchimento dos poros vazios da mistura. A consequência final é o decréscimo de resistência.

Verifica-se, portanto, que Piovesan (2009) obteve conclusões diferentes de Aguiar (2006). Enquanto Piovesan (2009) obteve resistências finais dos concretos com adição de pigmento todas superiores a do concreto referência, apesar de um aumento não muito expressivo, da ordem de 2% a 5%, Aguiar (2006) obteve o contrário. Todas as resistências finais foram inferiores ao concreto referência.

Outros autores como Costa et al. (2004), Hendges (2004) e Alencar (2005) avaliaram a resistência à compressão de concretos com adição de pigmentos e concluíram que de uma forma geral, a adição de pigmento nas proporções de 1,1 a 8% sobre a massa de cimento praticamente não alterou a resistência à compressão.

Em contrapartida, Rojas (2003) cita que independentemente do tipo e da cor, o emprego de pigmentos causa a queda da resistência. Este efeito começa a ser sentido com adições superiores a 5% sobre a massa total de cimento utilizada na mistura.

4. PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO CONCRETO COLORIDO

Como uma prática importada de países europeus e dos Estados Unidos o emprego do concreto colorido aparente no Brasil ainda é muito pequeno. Os motivos para a baixa utilização se concentram no alto valor do cimento Portland branco quando comparado ao cimento cinza convencional, o gasto com mais um tipo de adição, os pigmentos, o emprego de um sistema de fôrmas de alta qualidade e a necessidade de um controle tecnológico maior, que encarecem o processo.

De acordo com a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) divulgada no mês de Janeiro de 2015 pelo site da Caixa, o preço do cimento Portland pozolânico, CP IV-32 é de R\$ 0,48/Kg, enquanto o preço do cimento Portland estrutural branco, CPB-32 é de R\$ 1,67/Kg, ou seja, 28,7% mais caro.

Entretanto, como em toda tecnologia emergente e que começa a ter suas primeiras utilizações, os custos acabam sendo superiores às correntes já plenamente dominadas pelo mercado. À medida que ocorra a consolidação e perenização no mercado é natural que todos os custos envolvidos diminuam.

A adição de pigmentos ao concreto é uma forma de agregar valor estético a uma estrutura aparente de edificações ou a elementos de pavimentação inseridos no entorno de um ambiente urbano, além de eliminar etapas do processo de revestimento, dispensando a aplicação de chapisco, emboço, reboco e pintura da superfície.

Diante dos benefícios trazidos por esta tecnologia do concreto são apresentadas nos itens a seguir algumas das principais aplicações do concreto colorido no Brasil, como os pisos de concreto intertravados, os chamados “*pavers*”, os pavimentos estampados em concreto colorido e as telhas de concreto.

4.1. BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO COLORIDO

4.1.1. DEFINIÇÃO

Os blocos de concreto intertravados, muito conhecidos como “*pavers*” são peças pré-moldadas, que em conjunto formam um pavimento sem a necessidade de rejunte, a não ser pela própria areia, os quais são aplicados diretamente sobre um colchão de areia. Além da cor cinza tradicional, estes blocos podem assumir outras colorações através da adição de pigmentos durante sua fabricação.

4.1.2. CARACTERÍSTICAS

Este pavimento possui propriedade drenante permitindo a infiltração da água da chuva através da camada de assentamento dos blocos. Tal característica ajuda a combater alagamentos, porque o solo absorve grande parte da água, sendo, portanto, uma boa opção na redução dos impactos das chuvas, além de colaborar para a diminuição de superfícies impermeabilizantes (DINIZ, 2013).

Em situações de intervenção no pavimento, como no caso de reparos e manutenção, este sistema apresenta a vantagem de se poder retirar os blocos, consertar tubulações enterradas e recolocar as peças sem a geração de resíduos sólidos (SILVA, 2013).

Em relação ao tráfego de pedestres, ciclovias ou ruas internas de condomínio, é recomendável a utilização de blocos de 40 mm e resistência mínima de 35 MPa. Ao passo que em vias com tráfego mais intenso e veículos pesados, os blocos devem ter resistência a partir de 50 MPa (DINIZ, 2013).

4.1.3. NORMATIZAÇÃO

Há várias normas brasileiras emitidas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas para padronizar as atividades executivas e de controle da qualidade

dos serviços e materiais relacionados aos pavimentos em piso intertravado. Destas, merece destaque especial a NBR 15.953, que aborda a padronização da execução dos pisos intertravados em peças de concreto e a NBR 9.780 que define diretrizes para a determinação da resistência à compressão das peças de concreto para pavimentação.

4.1.4. PROCESSO DE CONFECÇÃO

O processo de produção de blocos de concreto colorido consiste em se misturar 3 partes de areia grossa e média para 1 parte de cimento, preferencialmente o ARI, pois provoca menos eflorescência. Para cada saco de cimento de 50Kg adiciona-se de 1 a 1,5Kg de pigmento, ou seja, aproximadamente 3% sobre o peso do cimento. A adição ou não de pedrisco depende da quantidade de pó do mesmo, pois quanto maior o volume de pó mais apagada ficará a cor. À mistura adiciona-se quantidade de água suficiente para permitir boa trabalhabilidade, sendo então lançada numa fôrma (MICROXCOLOR, 2013).

4.1.5. CUIDADOS ESPECIAIS

Alguns cuidados importantes a serem tomados quando se trata de pavimentos intertravados são quanto à execução das contenções laterais, as quais evitam o deslizamento dos blocos, e quanto à utilização de máquinas de jateamento que podem acabar retirando a areia que serve de rejunte, comprometendo assim a fixação das peças (DINIZ, 2013).

Silva (2013) cita a importância em seguir a NBR 15.953 - Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução (ABNT, 2011), quanto à verificação da base e sua espessura, que deve estar compactada, execução da camada de assentamento, alinhamento das peças e execução das contenções para travamento das peças.

4.1.6. EXEMPLOS DE APLIÇÃO

Foi desenvolvido um projeto de pavimentação em uma escola do Paraná no qual o pavimento de uma área do pátio externo se transformou numa representação do mapa-múndi. O objetivo do projeto tinha fins pedagógicos e acabou se tornando numa atração para as crianças do 1º grau da escola.

A área dotada de 145 m², exibida na figura 21, é formada por blocos com dupla camada e de alta resistência, com valor superior a 35 Mpa e 6 cm de espessura. Cada continente recebeu uma cor característica assim como os oceanos, totalizando oito diferentes cores. A fim de reforçar os tons e deixá-los mais vivos e definidos, foi empregado o cimento branco (NAKAMURA, 2003).



Figura 21 - Pavimento em blocos de concreto coloridos formando mosaicos.

Fonte: Revista Técnica, ed. 81, 2003

Os mosaicos foram montados por peças inteiras e meias-peças sem utilização de cortes dos blocos no local para facilitar e agilizar a montagem (NAKAMURA, 2003). O projeto teve excelente aceitação por parte dos alunos e professores, além de grande repercussão. A boa durabilidade e resistência ao desgaste superficial dos blocos garantem longa vida útil do pavimento.

4.2. PAVIMENTOS EM CONCRETO ESTAMPADO

4.2.1. DEFINIÇÃO

O concreto estampado é um pavimento de concreto monolítico executado *in loco*, o qual recebe tratamento na superfície simultaneamente à concretagem. Constitui-se num sistema de impressão que reproduz um desenho a partir de fôrmas, conforme pode ser visto na figura 22. A superfície adquire resistência à abrasão e ao atrito. Possui como uma das principais finalidades agregar valor estético ao pavimento (VIERA e SILVA, 2010).



Figura 22 - Concreto estampado representando pedras, peças de concreto e cerâmicas.
Fonte: Viera e Silva, 2010

4.2.2. CARACTERÍSTICAS

A versatilidade e possibilidades diversas com o emprego do concreto estampado têm sido um dos motivos da escolha deste tipo de concreto para a pavimentação de calçadas, praças, parques temáticos e tantos outros ambientes externos nos projetos das prefeituras de algumas cidades brasileiras.

Majerowicz (2006) explica que é imprescindível a correta especificação dos pavimentos quanto ao seu dimensionamento. Deve-se primeiramente determinar qual será a carga a qual o piso estará submetido, para que se definam o traço do concreto, as juntas e o emprego de tela soldada. Nos locais onde predominam o tráfego de pedestres são indicados pisos com espessura de 5 cm. Em áreas onde o tráfego é leve ou médio, a espessura aumenta para 7 cm e para o tráfego pesado de caminhões e ônibus os valores devem variar de 10 a 15 cm.

As cores variadas do concreto advêm do pigmento endurecedor, que pode ter coloração gelo, cinza, grafite, bege, amarelo, marfim, verde, marrom, dentre outras, assim como do desmoldante, que pode ter a mesma cor do endurecedor ou não. Apesar de similar ao piso estrutural de concreto, a superfície do piso estampado apresenta elevada resistência à abrasão e a manchas de óleo devido ao seu processo de acabamento, descrito no subitem 5.2.4 (MAJEROWICZ, 2006).

Majerowicz (2006) também ressalta as vantagens deste concreto ao permitir alta produtividade, rápida execução e possibilidades de se reproduzir pedras, madeiras, tijolos e cerâmicas a um custo relativamente baixo. Os dados de custo referentes apenas ao processo de tratamento da superfície, incluindo aplicação do pigmento endurecedor, desmoldante e imprimação dos moldes são os seguintes:

- Obras menores que 50 m² - taxa de deslocamento de R\$ 300,00 para cada fundição + 20,00/m²
- Obra >50 e <100 m² - R\$ 23,00/m²
- Obra >100 e <500m² - R\$ 21,50/m²
- Obra >500 e <1000 m² - R\$ 20,00/m²
- Acima de 1.000 m² - R\$ 19,00/m²

A durabilidade deste tipo de pavimento é potencializada pela ação dos selantes e endurecedores de superfície, os quais minimizam o processo de manchas e inibem o

crescimento de fungos. Alguns dos efeitos na cor do piso proporcionados pelos selantes são descritos por Viera e Silva (2010) e mostrados na figura 23.

a.) Semibrilhante: para um brilho suave, este é o selante mais comumente usado.

b.) Fosco: para causar impressão de ação do tempo; usado em casas de campo, por exemplo.

c.) Antiderrapante: para maior segurança, um granulado antiderrapante pode ser aplicado nos selantes semibrilhantes ou foscos, em locais que exigem especialmente um cuidado maior com o tráfego.

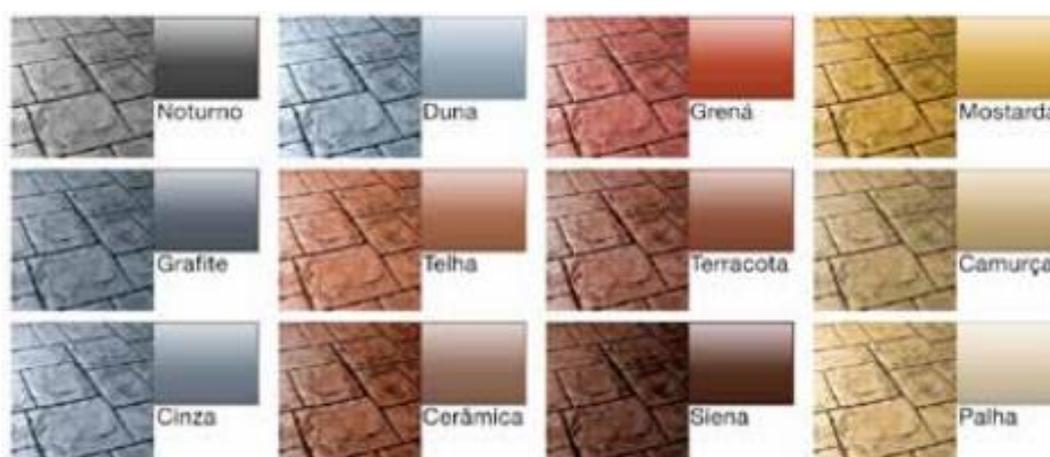


Figura 23 - Efeitos na cor do piso pelo uso do desmoldante e selador.
Fonte: Viera e Silva, 2010

Já o efeito de envelhecimento é obtido pelo desmoldante, que possui a função de isolar a superfície do concreto e não deixar a fôrma grudar sobre sua superfície (VIERA e SILVA, 2010).

4.2.3. NORMATIZAÇÃO

Atualmente não existem normas nacionais específicas nem selo de qualidade para uso do concreto estampado. Entretanto, podem ser tomadas como parâmetros as normas de execução de pisos convencionais de concreto, extraídas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.

- **NBR 7583:1986** – Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico.

- **NBR 12260:1990** – Execução de piso com argamassa de alta resistência mecânica.

Apesar da inexistência de normas específicas para execução do concreto estampado, a ABRACE tem adotado medidas paliativas para incorporar alguns requisitos mínimos de desempenho e qualidade durante a execução destes pavimentos. Dentre elas, estão a divulgação de boas práticas junto aos profissionais da construção e treinamentos regulares com as empresas admitidas na associação (MAJEROWICZ, 2006).

4.2.4. PROCESSO DE CONFECÇÃO

O processo de execução do piso de concreto estampado é similar ao do concreto convencional, exceto na fase de acabamento. Estando o terreno já compactado com a camada drenante separadora de brita, as fôrmas de concretagem e as armações posicionadas, lança-se o concreto, preferencialmente usinado com resistência mínima de 18 Mpa, contendo pedrisco ou brita zero em substituição aos agregados maiores, pois estes dificultam a estampagem (MAJEROWICZ, 2006).

Arvelos (2006) explica que antes do início da pega, o pigmento endurecedor composto por óxidos de ferro, polímeros, cristais de quartzo e cimento é aspergido manualmente formando uma película superficial colorida, a qual é incorporada ao concreto pelo processo de queima com auxílio de uma desempenadeira. A figura 24 ilustra o processo de aplicação e queima do pigmento endurecedor.



(a)



(b)

Figura 24 - (a) Etapa de aplicação do endurecedor colorido; (b) Etapa de queima da superfície do piso com utilização de desempenadeira.

Fonte: <http://www.etka.com.br/divisao-obras.asp>, 2014. Acesso em Junho/2014.

Na etapa seguinte, como ilustrado na figura 25, é aplicado um desmoldante na forma de pó, também sendo aspergido manualmente sobre a superfície concretada. Conforme já mencionado, o uso do desmoldante é importante, pois impede a aderência das fôrmas das estampas ao concreto e confere um aspecto envelhecido à cor do pavimento. Posteriormente, as estampas são pressionadas à superfície, a qual deve permanecer isolada por 48 horas antes de se executar as juntas de controle (ARVELOS, 2006).



(a)



(b)

Figura 25 - (a) Processo de aplicação do desmoldante sobre a superfície; (b) Processo de imprimação das estampas no piso.

Fonte: <http://www.etka.com.br/divisao-obras.asp>, 2014. Acesso em Junho/2014.

Em seguida, parte-se para execução das juntas de retração com o objetivo de evitar o aparecimento de fissuras. Sua profundidade é da ordem de $\frac{1}{4}$ da espessura do lastro, e, em função do tipo de utilização, paginação, solo e variações higrotérmicas são determinadas a espessura da junta e a armação do concreto. Já no caso das juntas de dilatação ou expansão são utilizados elastômeros e placas de isopor com largura de 1,5 cm (ARVELOS, 2006).



Figura 26 - Corte no piso para execução das juntas de retração.

Fonte: Revista Técnica, ed. 107, 2006.



(a)



(b)

Figura 27 - (a) Lavagem do piso; (b) Aplicação da resina seladora.

Fonte: <http://www.etka.com.br/divisao-obras.asp>, 2014. Acesso em Junho/2014.

Finalizando o processo, é realizada uma lavagem com água a fim de retirar todo o desmoldante da superfície para que, em seguida, inicie-se a aplicação da camada seladora, a qual impedirá a absorção de possíveis infiltrações na superfície, como mostra a figura 27. Reforçando a selagem aplica-se uma resina sobre o piso selado para proteger ainda mais a área contra agentes agressivos (ARVELOS, 2006).

4.2.5. CUIDADOS ESPECIAIS

A manutenção deste tipo de pavimento é de fundamental importância para prolongar sua vida útil. Mônaco (2006) adverte que devem ser feitas lavagens periódicas utilizando água e sabão neutro, assim como ácidos e solventes para remoção de manchas ou marcas de pneus para manter uma boa aparência do piso. Para manter o realce das camadas do pavimento é recomendável a aplicação de resina acrílica ou poliuretânica no intervalo de dois ou três anos.

Majerowicz (2013) relata que a mão-de-obra para execução deste tipo de concreto necessita ser especializada e deve receber treinamentos específicos, pela precisão da qualidade do acabamento.

4.2.6. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

O emprego da tecnologia do concreto estampado tem origem nos EUA, onde é utilizado há mais de 50 anos. Seu emprego no Brasil se deu inicialmente, em 1992, com empresas norte-americanas importando todos os produtos do país de origem. Somente em 1999 uma empresa inglesa passou a fabricá-lo com todos os insumos necessários produzidos no Brasil (VIERA e SILVA, 2010).

Em São Paulo, temos como exemplo de utilização do concreto estampado a calçada do Shopping Silvio Romero, no município de Tatuapé e no Hospital Oncológico Infantil de São Vicente. Em ambos os casos foram empregados tons cinza

e vermelho claro para realçar a estética no entorno da região, conforme mostrado na figura 28.

Muitas prefeituras de cidades litorâneas pelo Brasil também têm demonstrado interesse no concreto estampado como forma de revitalizar o calçamento público e a mobilidade urbana de suas cidades.



(a)



(b)

Figura 28 - Utilização do concreto estampado em São Paulo. (a) Calçada do Shopping Silvio Romero, Tatuapé; (b) Hospital Oncológico Infantil, São Vicente.

Fonte: Revista Técnica, ed. 107, 2006

Nos dois casos mostrados na figura 28, as prefeituras mantêm a boa aparência dos pavimentos com a aplicação de resinas seladoras a cada dois anos para dar durabilidade e reavivar a tonalidade do piso.

4.3. TELHAS EM CONCRETO COLORIDO

4.3.1. DEFINIÇÃO

A NBR 13858-2 - Telhas de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2009) define telha de concreto como o componente para cobertura com forma retangular e perfil geralmente ondulado, composto de cimento, agregado e água, aditivos ou adições, fornecido na cor natural ou colorido pela adição de pigmento à massa ou pela aplicação de uma camada superficial.

4.3.2. CARACTERÍSTICAS

As telhas de concreto surgiram em 1844, na fábrica de cimento Kroher, na cidade de Staudach, na Bavária, vinte anos após o registro de patente do cimento Portland, por Joseph Aspin, na Inglaterra. No Brasil, sua produção começou apenas em 1976, com a implantação da fábrica da Eternit, em São Paulo. Hoje, já existem cerca de 40 fabricantes espalhados pelo país (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE TELHAS CERTIFICADAS DE CONCRETO, 2014).

As telhas em concreto colorido são uma ótima opção para agregar valor estético ao desenho arquitetônico de uma obra, conferindo um aspecto bem diferenciado à cobertura, além de proporcionar diversos outros benefícios. Existe hoje, no mercado, uma grande variedade de cores e modelos de forma que se encaixam em quaisquer opções em termos de design de projeto. A figura 29 exibe uma foto ilustrativa mostrando alguns dos modelos encontrados no mercado.



Figura 29 - Exemplos de modelos e cores de telhas em concreto colorido.
Fonte: <http://www.brasiltelhas.com.br/3490.html>, 2014. Acesso em Outubro/2014.

As peças de concreto, mais resistentes do que as similares cerâmicas, garantem maior resistência e proteção contra agentes agressivos do ambiente, como a maresia e abrasividade do mar, características típicas de regiões litorâneas brasileiras, eliminando despesas com manutenção regular. Outra vantagem, é que este tipo de telha não absorve água da chuva, devido ao seu moderno processo de fabricação. A norma de telha de concreto supracitada especifica absorção máxima de 10%. Portanto, a estrutura do telhado não sofre sobrecarga de peso em dias chuvosos (BALASSA, 2010).

A NBR 13858-2 - Telhas de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2009) especifica a resistência mínima das telhas de concreto em 250 Kgf. Comparativamente, a NBR15310 - Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2009) para telhas cerâmicas especifica o valor mínimo de 130 Kgf.

As telhas devem obedecer a características geométricas indicadas nas tabelas 1 e 2 da NBR 13858-2 (ABNT, 2009) exibidas nas tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Características gerais do perfil.

Características	Valores e limites (mm)
Projeção horizontal	420 x 330
Comprimento útil	320 (+1 ou -2 mm)
Comprimento total	420 (+1 ou -2 mm)
Espessura ¹	≥ 10 ²
¹ Medida na onda central da telha.	
² Admitem-se nas partes do encaixe espessuras de no mínimo 6,0 mm.	

Fonte: NBR 13858-2, ABNT, 2009. Elaborada pelo autor.

Tabela 12 - Características geométricas do perfil.

Características transversais	Valores e limites (mm)
Altura	Em função do tipo de perfil
Largura total	330 (+2 ou -2 mm)
Largura útil	300 (+2 ou -1 mm)
Sobreposição lateral mínima	28
Sobreposição longitudinal mínima	100

Fonte: NBR 13858-2, ABNT, 2009. Elaborada pelo autor.

As telhas em concreto possuem maiores dimensões do que as telhas cerâmicas, e com isso torna-se mais fácil e rápida a instalação numa maior área e em menos tempo, trazendo economia. Em 1m² de área é possível a colocação de 10,4 telhas de concreto, contra 18,9 telhas cerâmicas, conforme mostra a figura 30. O preço por unidade ou milheiro da telha de concreto é obviamente mais caro, porém pelos motivos citados acima, ela se torna mais vantajosa se fizermos a comparação por área.

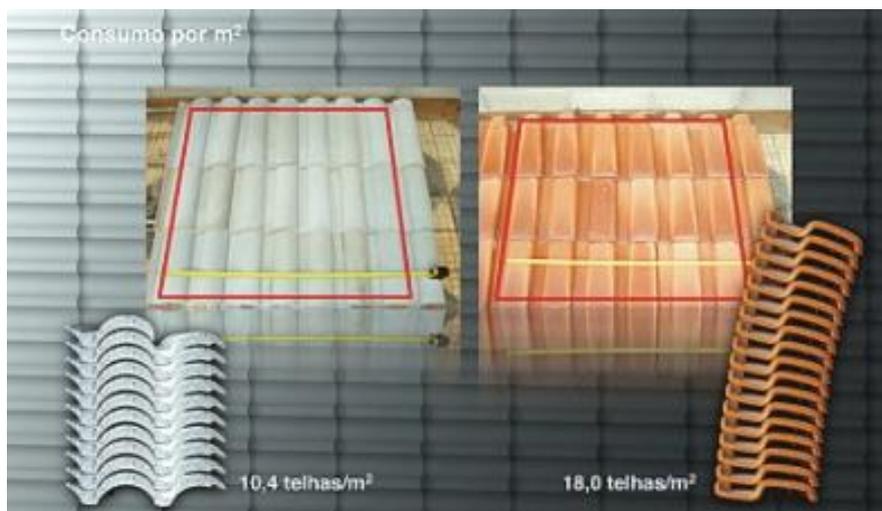


Figura 30 - Ilustração do consumo por m² entre telhas de concreto e telhas cerâmicas.
Fonte: <http://www.decorlit.com.br/telhas-concreto-vantagens.html>. Acesso em Julho/2014.

A norma NBR 13858-2 (ABNT, 2009) não trata do desempenho térmico das telhas de concreto, entretanto, a Associação Nacional de Fabricantes de Telhas Certificadas de Concreto (2014) prescreve que as peças com coloração mais clara podem atingir até 5°C a menos que uma telha cerâmica.

4.3.3. NORMATIZAÇÃO

As normas brasileiras que tratam de telhas de concreto são as atuais NBR 13858-1 – Telhas de concreto – Parte 1: Projeto e execução de telhados (ABNT, 1997), que fixa as condições exigíveis para o projeto e a execução de telhados com telhas de concreto. E a NBR 13858-2 – Telhas de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2009), que por sua vez tem como objetivo o estabelecimento dos requisitos e a prescrição dos métodos de ensaio para telhas de concreto destinadas à execução de coberturas.

Para utilização de telhas coloridas são adotadas as normas vigentes supracitadas, em termos de características e requisitos mínimos, resistência mecânica e impermeabilidade, em função de não existirem normas específicas para telhas de concreto coloridas.

4.3.4. PROCESSO DE CONFECÇÃO

Segundo Balassa (2010) as telhas de concreto coloridas são produzidas a partir da adição de pigmentos coloridos diretamente à mistura planetária com utilização de cimento Portland de alta resistência inicial (ARI), areias e agregados selecionados, sendo finos, médios e grossos, com adição de água na quantidade suficiente para cada traço de mistura desejada. Estas são as condições ideais para se obter uma mistura homogênea. O material bruto é então levado a uma estufa de vapor para secagem utilizando-se fôrmas plásticas ou de alumínio. Ao final, as telhas saem moldadas e devem ser extraídas do cabeçote do molde.

4.3.5. CUIDADOS ESPECIAIS

Balassa (2010) adverte que as telhas assim que adquiridas não devem apresentar fissuras na superfície exposta às intempéries, bolhas, esfoliações, desagregações e quebras. De acordo com a norma NBR 13858-2 (ABNT, 2009) não é

considerado prejudicial o aparecimento de eflorescência em telhas ou peças complementares desde que a alteração na aparência não comprometa sua qualidade sob ação das intempéries, assim como a ocorrência de erosão superficial ou desprendimento do agregado.

As eventuais fissuras decorrentes do processo de produção, que podem aparecer na face inferior da telha ou nas peças complementares, assim como os riscos de abrasões provocados pela embalagem, carga, desgaste e transporte são aceitáveis desde que não comprometam os requisitos ou desempenhos técnicos das telhas de concreto (DINIZ, 2010).

4.3.6. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

A casa exibida na figura 31, localizada no litoral catarinense, recebeu um telhado composto por telhas de concreto na cor bege mesclado. O projeto da casa procura harmonizar os acabamentos da casa com a paisagem da natureza através das cores empregadas nos materiais. A fachada verde recebeu tinta acrílica fosca aplicada sobre uma leve textura, conferindo um toque rústico às paredes, enquanto que as colunas da varanda são de pínus autoclavado e impermeabilizado, combinando com o tom as telhas de concreto (KOLLER, 2008).



Figura 31 - Casarão com telhas em concreto colorido no litoral catarinense.

Fonte: <http://casa.abril.com.br/materia/21-fachadas-com-telhado-em-evidencia#12>. Acesso em Agosto/2014.

Do litoral ao interior, as telhas em concreto colorido estão por todas as regiões do país. O realce que este tipo de cobertura produz à edificação motiva sua escolha por projetistas, arquitetos e engenheiros. Na figura 32, é ilustrada uma casa de campo em Itu, SP, na qual as cores, tanto das paredes quanto do telhado e das colunas procuram refletir a luz do sol. O telhado, em especial, é de concreto na cor areia e com pequenas inclinações para não prejudicar a vista (KOLLER, 2008).



Figura 32 - Casa de campo em Itu, São Paulo. Destaque para as telhas de concreto colorido na cor do sol.

Fonte: <http://casa.abril.com.br/materia/21-fachadas-com-telhado-em-evidencia#9>. Acesso em Agosto/2014.

Em ambos os casos o emprego das telhas de concreto tiveram finalidade estética, buscando harmonizar o entorno das edificações aos seus sistemas construtivos. Devido à alta resistência às intempéries e baixa permeabilidade destas telhas, a manutenção é praticamente nula, garantindo longa durabilidade.

4.4. PAREDES DE CONCRETO COLORIDO

Em relação à aplicação do concreto colorido nas paredes de concreto, dois dos principais empregos no Brasil são o Complexo Praça das Artes, localizado na região central da cidade de São Paulo e o Museu Cais do Sertão Luiz Gonzaga, na capital pernambucana. O primeiro inaugurado em 2012 e o segundo em 2014 são dois exemplos recentes de obras que cumprem com função cultural e artística e que se utilizaram da tecnologia do concreto colorido para fazerem parte do projeto de revitalização dessas metrópoles. Estas obras foram descritas na parte final do capítulo 2.

A definição, as normas relativas às paredes de concreto e as características das paredes de concreto, como um sistema construtivo serão tratados no próximo capítulo.

5. ESTUDO DA APLICAÇÃO DO CONCRETO COLORIDO EM HABITAÇÕES DE BAIXA RENDA

5.1. O SETOR HABITACIONAL DE BAIXA RENDA NO BRASIL

5.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Um dos maiores problemas sociais hoje no Brasil é a habitação, como o reflexo de um passado de políticas que desconsideravam o segmento mais pobre da população. Ao longo da história, vários foram os meios buscados para tentar solucionar a questão do déficit habitacional no país (PEDROSO, 2012).

O desenvolvimento das iniciativas oficiais no provimento de habitações para a população de baixa renda no Brasil pode ser dividido em três fases, de acordo com Sanvitto (2010). A primeira delas, o período pré-BNH, marcou o início da intervenção estatal através da experiência dos Institutos de Aposentadoria e Pensões, que através de suas carteiras prediais atuavam de forma fragmentária atendendo apenas aos associados; a Fundação da Casa Popular, instituída pelo Decreto Lei nº 9.218, em 1º de maio de 1946, a primeira iniciativa de âmbito nacional voltada unicamente à população de baixa renda e o Departamento de Habitação Popular, órgão da Prefeitura do então Distrito Federal. A segunda fase se definiu com a implantação do Banco Nacional de Habitação, uma das primeiras ações do regime militar recém instalado em 1964; e a terceira, o período pós-BNH, teve início com a extinção do banco em 1986, desarticulando o programa habitacional no país, restando aos estados e municípios a busca de alternativas para tratar de sua carência de habitações.

Segundo Sanvitto (2010), durante seu período de atuação, entre 1964 e 1986, o BNH foi um grande e único órgão criado responsável por uma política nacional de habitação, concedendo financiamentos habitacionais em escala sem precedentes no Brasil. Estima-se que 25% das unidades habitacionais existentes em 1986 no país,

tenham sido construídas a partir deste órgão. Com a extinção do BNH a política habitacional brasileira fica com um vazio. As atribuições do órgão foram pulverizadas para diversos órgãos, como a Caixa Econômica Federal, secretarias e ministérios, que ficaram responsáveis pela elaboração das políticas.

Mais recentemente, em 2005, através da Lei Federal 11.124 (BRASIL, 2005), foi instituído o SNHIS que criou o FNHIS, com os objetivos de:

I – viabilizar para a população de menor renda o acesso à terra urbanizada e à habitação digna e sustentável;

II – implementar políticas e programas de investimentos e subsídios, promovendo e viabilizando o acesso à habitação voltada à população de menor renda;

III – articular, compatibilizar, acompanhar e apoiar a atuação das instituições e órgãos que desempenham funções no setor da habitação;

Hoek-Smit e Diamond (2003) argumentam que a questão habitacional tem grande importância social e política nas sociedades, pois é um fator relevante na criação de estabilidade, saúde pública, justiça social e estímulo ao crescimento econômico. Assim sendo, as sociedades intervêm nos mercados habitacionais através de políticas e subsídios, a fim de estimular a criação de moradias e ampliar seus acessos por diversos segmentos da população.

Os principais motivos geradores da forte demanda por habitações no Brasil são a migração acentuada para áreas urbanas e o rápido crescimento da população verificadas nas últimas décadas, trazendo como consequência o surgimento de graves problemas urbanos, em função do aumento das necessidades habitacionais da população, predominantemente no segmento de baixa renda (MEDEIROS, 2007).

O modelo atual de produção urbana das metrópoles brasileiras se caracteriza por estimular a expansão horizontal e o esvaziamento dos centros tradicionais, sob uma perspectiva voltada sempre para a construção de imóveis novos através da

disponibilidade de crédito a juros subsidiados. Como forma de aumentar a oferta de moradias aos segmentos de menor renda e com acesso ao crédito habitacional limitado, a lógica do governo é traduzida na forma de loteamento ou conjunto habitacional periférico (BRASIL, 2004).

Dentro de um cenário de fortes investimentos no setor habitacional voltado para a população de baixa renda para combater o déficit habitacional urbano, no qual 95,9% deste déficit são constituídos por famílias com renda de 0 a 5 salários mínimos, o governo aumentou cerca de seis vezes os recursos anuais para habitação, que eram de 7,01 bilhões em 2003, passando para 43,20 bilhões em 2008, com a consolidação do SNHIS. De 2003 a 2009, cerca de 4,6 milhões de famílias foram beneficiadas pelo sistema, e ainda em 2009 através do Programa Minha Casa Minha Vida, foram destinados 34 bilhões em subsídios para a construção de mais 1 milhão de moradias (ANCONA, 2009).

5.1.2. O DÉFICIT HABITACIONAL NO BRASIL

A Caixa econômica Federal (2012) define déficit habitacional como a falta de moradias para as pessoas ou famílias que necessitam de habitação. Já a Fundação João Pinheiro (2013) cita que o conceito de déficit habitacional está ligado diretamente às deficiências do estoque de moradias e à necessidade de incremento de estoque.

O déficit habitacional pode ser entendido, portanto, como déficit por reposição de estoque e déficit por incremento de estoque. O primeiro conceito refere-se às moradias sem condições de serem habitadas em razão da precariedade das construções, que, logo, devem ser repostas. O segundo refere-se à necessidade de novas construções, em função da coabitação familiar forçada, na qual famílias pretendem construir um domicílio unifamiliar, dos moradores de baixa renda com dificuldades para pagar aluguel, dos que vivem em casas e apartamentos alugados

com alta densidade, e ainda, dos imóveis e locais habitados, porém sem fins residenciais (FJP, 2014).

O cálculo do déficit habitacional no Brasil é feito a partir de quatro elementos básicos, são eles: os domicílios precários; a coabitação familiar; o ônus excessivo com aluguel urbano; e o adensamento excessivo de domicílios alugados. Tais componentes são calculados de forma sequencial, de maneira tal que a verificação de um critério está condicionada a não ocorrência dos critérios anteriores. Assim, fica garantido que não há dupla contagem de domicílios (FJP, 2014). A tabela 13 descreve a metodologia de cálculo.

Tabela 13 - Metodologia de cálculo do déficit habitacional.

Especificação	Componentes
Déficit habitacional	Habitações precárias
	- Domicílios rústicos
	- Domicílios improvisados
	Coabitação familiar
	- Cômodos alugados, cedidos e próprios
	- Famílias conviventes secundárias com intenção de constituir domicílio exclusivo
	Ônus excessivo com aluguel
	Adensamento excessivo de moradores em domicílios alugados

Fonte: Nota Técnica 1 – Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012, FJP, 2014. Elaborado pelo autor.

Segundo a mais recente atualização do estudo da FJP (2014), os primeiros resultados do déficit habitacional no Brasil nos anos de 2011 e 2012 mostram que no primeiro ano o déficit correspondia a 5,889 milhões de domicílios, ou seja, 9,5% dos domicílios particulares permanentes e improvisados. Já no segundo ano este total decresceu em 97 mil domicílios, totalizando 5,792 milhões, o equivalente a 9,1%. Estes resultados estão exibidos nas tabelas 14 e 15, discriminados segundo regiões geográficas, unidades da federação e regiões metropolitanas (RM).

Em relação às regiões geográficas, os maiores déficits habitacionais absolutos se encontram no Sudeste e Nordeste com, respectivamente, 2,184 e 1,961 milhões de moradias em 2011 e 2,356 e 1,791 milhões em 2012, vindo na sequência a região Sul (604 mil), o Norte (575 mil) e o Centro-Oeste (464 mil) domicílios em 2012. Já entre as unidades da federação, o déficit absoluto em ordem decrescente é representado por: São Paulo (1,320 milhões), Minas Gerais (510 mil), Rio de Janeiro (444 mil) e Maranhão (404 mil) (FJP, 2014).

As três principais capitais econômicas do país, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, juntamente com outras seis capitais tiveram a maior elevação no déficit habitacional verificado no período 2011-2012, tanto em termos absolutos quanto em termos relativos. Segundo a FJP (2014) o motivo pode ser o aumento no componente ônus excessivo com aluguel, agravado devido aos altos preços dos imóveis nestas regiões. As tabelas 14 e 15 descrevem o déficit habitacional por componentes segundo regiões geográficas, unidades da federação e regiões metropolitanas no Brasil, em 2011 e 2012, respectivamente.

Tabela 14 - Déficit habitacional por componentes segundo regiões geográficas, unidades da federação e regiões metropolitanas (RM) – Brasil 2011.

Especificação	Déficit Habitacional					
	Total		Habitação precária	Coabitação Familiar	Ônus excessivo aluguel	Adensamento excessivo
	Absoluto	Relativo				
Norte	624.119	14,0	215.815	252.954	113.768	41.582
Rondônia	47.811	9,1	14.619	13.129	15.110	4.953
Acre	22.306	11,1	6.088	9.211	5.348	1.659
Amazonas	149.723	16,5	41.422	64.585	29.690	14.026
Roraima	21.637	16,4	6.011	9.269	4.467	1.890
Pará	297.659	14,4	126.036	122.116	36.716	12.791
<i>RM Belém</i>	<i>73.655</i>	<i>12,6</i>	<i>9.091</i>	<i>43.227</i>	<i>15.587</i>	<i>5.750</i>
Amapá	26.424	14,9	2.529	17.002	5.285	1.608

Tocantins	58.559	13,6	19.110	17.642	17.152	4.655
Nordeste	1.961.532	12,1	712.800	641.669	512.489	94.574
Maranhão	465.617	26,1	341.737	78.698	35.710	9.472
Piauí	112.521	12,8	38.816	56.264	12.942	4.499
Ceará	246.584	9,6	73.599	82.163	74.207	16.615
<i>RM Fortaleza</i>	<i>108.959</i>	<i>9,9</i>	<i>8.555</i>	<i>46.560</i>	<i>43.391</i>	<i>10.453</i>
Rio Grande do Norte	126.876	12,8	13.420	55.508	48.188	9.760
Paraíba	126.937	10,7	25.634	52.526	43.776	5.001
Pernambuco	248.378	9,1	62.176	60.889	105.688	19.625
<i>RM Recife</i>	<i>111.555</i>	<i>9,4</i>	<i>23.081</i>	<i>36.274</i>	<i>45.605</i>	<i>6.595</i>
Alagoas	103.131	11,3	31.235	37.126	26.522	8.248
Sergipe	68.264	10,3	6.938	29.567	28.473	3.286
Bahia	463.224	10,3	119.245	188.928	136.983	18.068
<i>RM Salvador</i>	<i>135.430</i>	<i>10,8</i>	<i>4.058</i>	<i>60.223</i>	<i>63.035</i>	<i>8.114</i>
Sudeste	2.184.611	8,0	103.631	641.059	1.227.245	212.676
Minas Gerais	454.080	7,0	17.913	179.831	234.115	22.221
<i>RM Belo Horizonte</i>	<i>115.045</i>	<i>7,2</i>	<i>2.538</i>	<i>41.450</i>	<i>63.443</i>	<i>7.614</i>
Espírito Santo	90.533	7,6	5.263	22.110	56.843	6.317
Rio de Janeiro	409.544	7,3	13.964	121.958	229.539	44.083
<i>RM Rio de Janeiro</i>	<i>299.649</i>	<i>7,1</i>	<i>8.757</i>	<i>85.523</i>	<i>171.699</i>	<i>33.670</i>
São Paulo	1.230.454	8,8	66.491	317.160	706.748	140.055
<i>RM São Paulo</i>	<i>592.405</i>	<i>9,0</i>	<i>29.995</i>	<i>161.765</i>	<i>328.867</i>	<i>71.778</i>
Sul	623.722	6,6	111.935	202.803	289.656	19.328
Paraná	232.783	6,6	35.442	77.438	110.186	9.717
<i>RM Curitiba</i>	<i>68.835</i>	<i>6,4</i>	<i>5.692</i>	<i>25.876</i>	<i>34.160</i>	<i>3.107</i>
Santa Catarina	150.978	7,1	31.922	37.248	77.817	3.991
Rio Grande do Sul	239.961	6,3	44.571	88.117	101.653	5.620
<i>RM Porto Alegre</i>	<i>95.504</i>	<i>6,7</i>	<i>17.892</i>	<i>30.206</i>	<i>44.387</i>	<i>3.019</i>
Centro-Oeste	495.373	10,5	43.722	178.231	245.158	28.262
Mato Grosso do Sul	84.366	10,3	10.252	36.659	33.119	4.336
Mato Grosso	73.210	7,5	5.470	28.605	33.242	5.893

Goiás	197.960	9,6	24.320	57.456	106.121	10.063
Distrito Federal	139.837	16,1	3.680	55.511	72.676	7.970

Brasil	5.889.357	9,5	1.187.903	1.916.716	2.388.316	396.422
<i>Total das RM's</i>	<i>1.601.037</i>	<i>8,4</i>	<i>109.659</i>	<i>531.104</i>	<i>810.174</i>	<i>150.100</i>
Demais áreas	4.288.320	10,0	1.078.244	1.385.612	1.578.142	246.322

Fonte: Nota Técnica 1 – Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012, FJP, 2014

Tabela 15 - Déficit habitacional por componentes segundo regiões geográficas, unidades da federação e regiões metropolitanas (RM) – Brasil 2012.

Especificação	Déficit Habitacional					
	Total		Habitação precária	Coabitação Familiar	Ônus excessivo aluguel	Adensamento excessivo
	Absoluto	Relativo				
Norte	575.569	12,5	120.766	266.646	140.002	48.155
Rondônia	38.898	7,4	4.923	10.583	21.176	2.216
Acre	28.882	14,1	4.471	14.910	6.896	2.605
Amazonas	160.071	16,9	17.032	84.124	39.504	19.411
Roraima	16.611	12,4	2.076	7.961	5.017	1.557
Pará	262.300	12,2	76.959	120.846	47.246	17.249
<i>RM Belém</i>	<i>65.712</i>	<i>10,6</i>	<i>1.537</i>	<i>39.579</i>	<i>19.023</i>	<i>5.573</i>
Amapá	17.172	9,0	2.701	8.586	3.680	2.205
Tocantins	51.635	11,6	12.604	19.636	16.483	2.912
Nordeste	1.791.437	10,7	536.662	627.700	547.093	79.982
Maranhão	404.641	21,9	272.502	86.591	35.091	10.457
Piauí	100.105	10,8	30.368	57.925	10.126	1.686
Ceará	248.296	9,6	54.503	90.605	84.936	18.252
<i>RM Fortaleza</i>	<i>124.701</i>	<i>11,0</i>	<i>6.704</i>	<i>48.268</i>	<i>59.671</i>	<i>10.058</i>
Rio Grande do Norte	123.354	12,3	7.400	62.909	47.493	5.552
Paraíba	114.534	9,6	16.626	49.262	43.105	5.541
Pernambuco	244.396	8,6	36.583	66.498	123.436	17.879

<i>RM Recife</i>	108.835	8,9	7.324	32.967	62.789	5.755
Alagoas	91.609	9,7	24.709	35.562	25.312	6.026
Sergipe	77.756	11,7	6.880	37.847	30.277	2.752
Bahia	386.746	8,2	87.091	140.501	147.317	11.837
<i>RM Salvador</i>	112.952	8,7	3.432	40.875	63.653	4.992
Sudeste	2.356.075	8,5	89.785	656.714	1.404.993	204.583
Minas Gerais	510.894	7,7	17.958	179.791	291.557	21.588
<i>RM Belo Horizonte</i>	148.163	8,9	794	60.374	81.830	5.165
Espírito Santo	80.856	6,6	1.092	26.227	51.897	1.640
Rio de Janeiro	444.142	8,0	14.492	139.608	252.881	37.161
<i>RM Rio de Janeiro</i>	331.260	8,0	11.490	106.588	183.824	29.358
São Paulo	1.320.183	9,2	56.243	311.088	808.658	144.194
<i>RM São Paulo</i>	700.259	10,1	44.699	129.839	442.710	83.011
Sul	604.974	6,2	99.515	177.294	305.812	22.353
Paraná	248.955	6,8	49.338	58.895	129.463	11.259
<i>RM Curitiba</i>	86.820	7,9	19.542	14.549	49.093	3.636
Santa Catarina	147.769	6,7	20.120	44.398	77.009	6.242
Rio Grande do Sul	208.250	5,4	30.057	74.001	99.340	4.852
<i>RM Porto Alegre</i>	86.263	5,9	10.286	30.390	42.780	2.807
Centro-Oeste	464.453	9,6	37.049	137.103	262.448	27.853
Mato Grosso do Sul	67.541	7,7	7.133	22.231	34.821	3.356
Mato Grosso	82.660	8,3	6.991	29.606	39.481	6.582
Goiás	176.274	8,3	10.347	45.516	107.173	13.238
Distrito Federal	137.978	16,2	12.578	39.750	80.973	4.677

Brasil	5.792.508	9,1	883.777	1.865.457	2.660.348	382.926
<i>Total das RM's</i>	1.764.965	9,0	105.808	503.429	1.005.373	150.355
Demais áreas	4.027.543	9,1	777.969	1.362.028	1.654.975	232.571

Fonte: Nota Técnica 1 – Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012. FJP. 2014

Em resumo, o componente com maior peso na composição do déficit habitacional em 2012 foi o ônus excessivo com aluguel, representado por 2,660 milhões de unidades ou 45,9% do déficit, em seguida vem a coabitação (1,865 milhões ou 32,2%), a habitação precária (883 mil ou 15,3%) e o adensamento excessivo em domicílios alugados (382 mi ou 6,6%) (FJP, 2014). A figura 33 ilustra o déficit habitacional absoluto por unidades da federação.

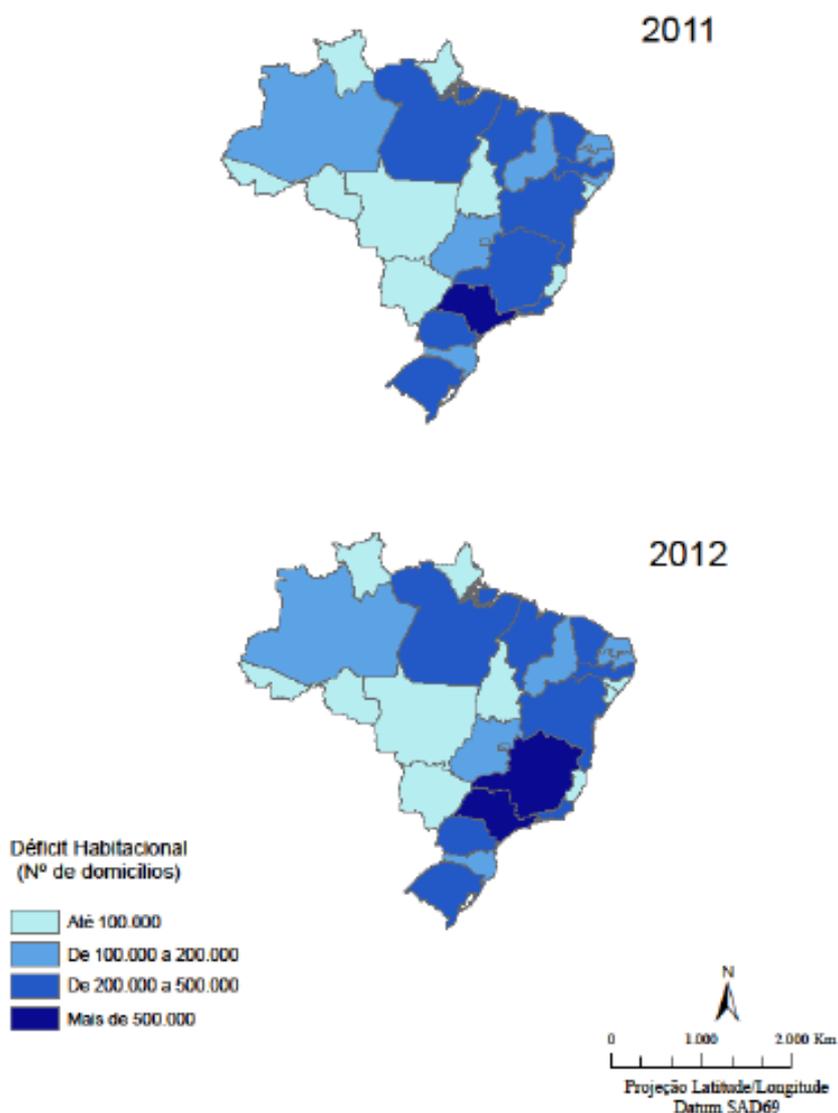


Figura 33 - Déficit habitacional absoluto segundo unidades da federação – Brasil 2011 – 2012.

5.1.3. O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA - PMCMV

O Programa Minha Casa, Minha Vida foi criado pela Medida Provisória n.º 459, a 25 de Março de 2009, consolidado pela Lei n.º 11.977, a 07 de julho de 2009, com a finalidade de criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de um milhão de novas unidades para famílias com renda de até 10 salários mínimos. Outro objetivo do programa foi o de estimular a economia, aumentando os níveis de investimento no setor da indústria da construção civil, diante da crise financeira mundial de 2008.

Em sua primeira fase, a meta do governo foi viabilizar o acesso a um milhão de moradias destinadas às famílias com renda mensal de até 10 SM, o que representavam 97,7% do déficit habitacional em 2005, de maneira tal que a distribuição das habitações foi determinada a partir da composição do déficit por unidades da federação, segundo o estudo da FJP (2006) realizado com base nos dados do Censo Demográfico de 2000 (BARANDIER, 2012).

Entretanto, devido à promoção e execução dos empreendimentos do programa por parte do mercado, mais especificamente, das grandes construtoras, as quais procuram garantir maior taxa de lucro possível, e para isso, buscam a todo o preço a redução do custo da construção e do preço da terra, ocorreu uma controvérsia no campo da política habitacional. Segundo Barandier (2012), uma parte significativa dos recursos é destinada a “setores menos pobres”, com renda entre 3 e 10 SM, para garantir lucro das entidades privadas, visto que neste segmento não há demanda garantida, e assim, o empreendedor pode realizar a comercialização direta das unidades, como em uma incorporação convencional.

A controvérsia foi gerada uma vez que a meta de atendimento do déficit habitacional foi de apenas 6% para as famílias com renda de até 3 SM, entretanto, este segmento representou 91% do déficit total, no ano de 2005, conforme pode ser visto na tabela 16.

Tabela 16 - Déficit habitacional atendido pela primeira fase do PMCMV, segundo faixas de renda.

Faixa de Renda	Déficit Habitacional 2005	Metas do PMCMV 1	Déficit habitacional (x1.000)	Metas do PMCMV (x1.000)	Percentual de atendimento do déficit habitacional
Até 3 SM	91%	40%	6.550	400	6%
de 3 até 6 SM	6%	40%	430	400	93%
de 6 até 10 SM	3%	20%	210	200	95%
Total	100%	100%	7.200	1.000	14%

Fonte: Cardoso e Leal, 2010 *apud* Barandier, 2012. Elaborado pelo autor.

Na segunda fase do programa lançada em 2012, a previsão era de investir mais R\$ 125 bilhões, o que significaria financiar mais dois milhões de moradias, sendo também distribuídas de acordo com a atualização do déficit habitacional, com base nos dados de 2007 da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BARANDIER, 2012).

A divisão desproporcional dos recursos destinados a financiar a construção das moradias é ainda maior nesta segunda fase. A tabela 17 nos mostra que o percentual de atendimento do déficit habitacional no segmento de interesse social (renda de até 3 SM) é de 19%, enquanto que este percentual no segmento econômico (renda de 3 até 10 SM) é de 220%. Isto significa uma sobre oferta de recursos destinados a este último segmento (BARANDIER, 2012).

Tabela 17 - Déficit habitacional atendido pela segunda fase do PMCMV, segundo faixas de renda.

Faixa de Renda	Déficit Habitacional 2007	Metas do PMCMV 2	Déficit habitacional (x1.000)	Metas do PMCMV (x1.000)	Percentual de atendimento do déficit habitacional
Até 3 SM	89%	43%	4.610	860	19%
de 3 até 6 SM	10%	57%	518	1.140	220%
de 6 até 10 SM	1%	-	52	-	-

Total	100%	100%	5.180	2.000	39%
--------------	-------------	-------------	--------------	--------------	------------

Fonte: Barandier, 2012. Elaborado pelo autor.

Diante dos resultados, o principal mecanismo do governo para atacar o déficit habitacional no Brasil, o PMCMV, mostra-se ineficiente em diminuir o déficit no segmento que mais carece de moradias, que é o de interesse social (renda de até 3 SM), com atendimento de apenas 19%. Por outro lado, o “setor menos pobre”, com renda de 3 até 6 SM apresentou um superávit de 120%, segundo Barandier (2012).

Este cenário é fruto do deslocamento de responsabilidade, em relação à construção dos empreendimentos, para o setor privado através de fortes subsídios, no qual as construtoras buscam maximizar seus lucros atendendo aos segmentos de maior renda, que podem pagar mais caro pelas unidades.

5.2. SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO COLORIDO: UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

5.2.1. DEFINIÇÃO

As paredes de concreto podem ser pré-moldadas ou moldadas no local. No primeiro caso, ocorre a fabricação em uma unidade de produção no canteiro de obras ou em uma usina. No segundo, as paredes são moldadas no local definitivo de utilização (COSTA, 2013).

Neste trabalho são tratadas as paredes de concreto moldadas no local de utilização. Para a obtenção da parede colorida é acrescentado o pigmento à mistura de concreto, obedecendo a algumas recomendações nesta mistura, que serão detalhadas mais a frente neste subitem.

A NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos (ABNT, 2012) define parede de concreto

moldada in loco como: “Elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”.

Lordsleem (1998) a define como o elemento do subsistema vedação vertical de formato laminar, obtido por moldagem no seu local definitivo de aplicação. Também caracterizada pela possibilidade de, ao ser solicitado, distribuir os esforços por toda a parede.

5.2.2. CARACTERÍSTICAS

O sistema parede de concreto se caracteriza como uma ótima opção tecnológica no atual contexto do sistema brasileiro de habitações, principalmente no âmbito das habitações de baixa renda, pois oferece as inúmeras vantagens de uma metodologia construtiva com foco na produção de edificações em larga escala, obras duráveis e com segurança estrutural.

A Coletânea de Ativos 2007-2008 (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008, p. 10) ressalta que o sistema é compatível a empreendimentos que possuem alta repetitividade, como condomínios e edifícios residenciais, e em obras que, nos grandes centros urbanos exigem prazos de entrega em tempo reduzido, economia e otimização da mão de obra. Mostra-se, portanto, como uma excelente opção para construção de habitações de interesse social.

No Brasil, o sistema começou a ser utilizado entre as décadas de 70 e 80, sendo impulsionado pelos programas criados pelo BNH, empregado em diversas obras com painéis de fôrmas deslizantes ou trepantes, e muito bem sucedido na construção industrializada em concreto celular e em concreto convencional. Entretanto, com a extinção do BNH, na década de 80, o redirecionamento da política habitacional e a falta de escala e continuidade das obras devido às restrições do

sistema financeiro de habitação, impediram que essa tecnologia se consolidasse no mercado, atrasando a própria evolução da construção civil brasileira (ABCP, 2008, p. 12).

A Coletânea de Ativos 2007-2008 (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008, p. 176) indica o uso do sistema paredes de concreto nas seguintes tipologias de edificações:

- a.) Casas térreas
- b.) Casas assobradadas
- c.) Edifícios com pavimento térreo + 5 pavimentos-tipo
- d.) Edifícios com pavimento térreo + 8 pavimentos-tipo – limite para ter apenas esforços de compressão
- e.) Edifícios de até 30 pavimentos
- f.) Edifícios com mais de 30 pavimentos – considerados casos especiais e específicos

Para a ABCP (2008, p. 11) o sistema também é classificado como sendo muito seguro aos operários, pois sendo racionalizado, utiliza equipamentos que privilegiam a segurança, podendo os andaimes e guarda-corpos ficar incorporados aos painéis de fôrmas, como ilustra a figura 34.

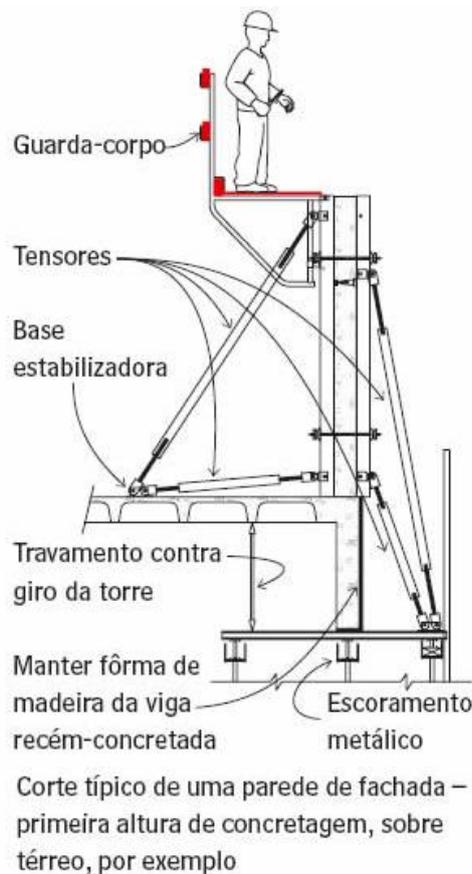


Figura 34 - Processo de montagem e fixação dos andaimes e guarda-corpos para execução das paredes de concreto.

Fonte: Pandolfo, 2007

Além disso, neste sistema ocorre a racionalização dos serviços, na qual a produtividade da mão de obra é potencializada pelo treinamento direcionado ao sistema. Os operários são multifuncionais e atuam como montadores especializados, exercendo todas as tarefas construtivas, como, armação, instalações elétricas, hidráulicas e de esgoto, montagem das fôrmas, concretagem e desforma (ABESC, 2012).

As paredes feitas de concreto podem ter sua espessura bastante reduzida. A NBR 16055 (ABNT, 2012) cita que a espessura mínima das paredes com altura de até 3 m deve ser de 10 cm. Permite-se espessura de 8 cm apenas nas paredes internas de edificações com até dois pavimentos. Isto se traduz em ganho de área útil para a

área total da edificação. Entretanto, Pandolfo (2013) sinaliza que o conforto termoacústico pode ficar prejudicado, com baixos gradientes de temperatura nas interfaces interna e externa do ambiente.

Existe, todavia, uma solução para contornar tal efeito. Podem ser instaladas na face interna das paredes de fachada painéis de gesso acartonado, do tipo drywall, criando uma espessura de maior resistência (PANDOLFO, 2007).

O seguinte comentário é feito pela ABCP (2008) sobre o desempenho térmico das casas construídas com o sistema paredes de concreto:

“Como o desempenho térmico das construções depende de uma série de fatores além das paredes, principalmente do tipo de cobertura e abertura para ventilação, é possível afirmar, de forma conclusiva, que o desempenho térmico exigido na Norma pode ser alcançado com construções em paredes de concreto em todas as zonas climáticas brasileiras, desde que o projeto atenda a esses requisitos. Nos casos mais desfavoráveis, para as zonas muito frias, no inverno, pode ser recomendável considerar a insolação e, às vezes, aquecimento interno. Para as zonas mais quentes, no verão, é fundamental a proteção térmica da cobertura e a ventilação dos ambientes, bem como o sombreamento.”

A durabilidade do sistema paredes de concreto baseia-se no constante uso de construções à base de concreto, com técnicas já consagradas para sua durabilidade, tanto no Brasil quanto em outros países (COSTA, 2013). O sistema deve seguir às exigências da Associação Brasileira de Cimento Portland (2008), relativas ao concreto. Por outro lado, com relação à durabilidade, a NBR 15575-1 - Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais (ABNT, 2013) cita a umidade como fator relevante a ser considerado, e faz a seguinte assertiva:

“A exposição à água de chuva, à umidade proveniente do solo e àquela proveniente do uso da edificação habitacional devem ser consideradas em projeto, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído.”

Outra característica marcante deste sistema construtivo é a necessidade da atividade de coordenação de projetos, uma vez que todas as paredes de cada ciclo construtivo são moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a desforma, as paredes já contenham em seu interior, os vãos das portas e janelas, tubulações e eletrodutos de pequeno porte. Ou seja, a sobreposição dos subsistemas de estruturas e vedação obriga a uma análise multidisciplinar da edificação (PANDOLFO, 2007). As eventuais operações de manutenção corretiva são dispendiosas e de resultados não satisfatórios em sua grande maioria.

Segundo Pacheco (2013) a sequência de execução das paredes de concreto segue à seguinte ordem: (1) Fundação com embutimento das tubulações de água e esgoto; (2) Marcação das paredes; (3) Armação das paredes; (4) Instalações elétricas das paredes e gabarito das esquadrias; (5) Montagem das fôrmas das paredes; (6) Montagem das fôrmas da laje; (7) Armação da laje; (8) Instalações na laje; (9) Serviços de pré-concretagem; (10) Concretagem; (11) Desforma e Cura; (12) Acabamento.

Misurelli e Massuda (2009) recomendam que o concreto deve ser aplicado nas fôrmas começando por uma das extremidades, depois preencher a outra ponta e só então finalizar a concretagem. Descartam, ainda, a necessidade de vibração da mistura, quando utilizado o concreto autoadensável. A figura 35 mostra uma etapa de concretagem, na qual se empregou o conceito dos autores.



Figura 35 - Etapa de concretagem das fôrmas das paredes de concreto utilizando-se o concreto autoadensável.
Fonte: Fiabani, 2010

Para execução da cura, Misurelli e Massuda (2009) afirmam que esta etapa deve ser realizada tomando cuidado para evitar mudanças bruscas de temperatura, secagem, vento, chuva forte, agentes químicos, choques e vibrações de grande intensidade para impedir o surgimento de fissuras e trincas.

Em relação à escolha do tipo de fundação empregada no sistema paredes de concreto, Misurelli e Massuda (2009) descrevem que esta deve obedecer a requisitos básicos como segurança, estabilidade e durabilidade, além de alinhamento e nivelamento corretos para produção das paredes.

A ABCP et al. (2008) recomenda que deve ser prevista a execução de uma laje na cota do terreno construída excedendo a dimensão igual à espessura dos painéis externos das fôrmas, para permitir apoio e fácil montagem dos moldes, afim de que não se trabalhe no terreno bruto. As tubulações hidráulicas e de esgoto, além dos pontos de conexão também devem ser embutidos na fundação, conforme ilustrado na figura 36.

Os tipos de fundações usadas dependem de especificações de projeto, sendo comum o emprego de sapata corrida, radier ou blocos de travamento para estacas ou tubulões. Esta escolha também depende da resistência mecânica do solo do local de implantação do empreendimento (ABCP, 2008).



Figura 36 - Fundação em laje de apoio, radier, com as tubulações embutidas.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland et al., 2008

O sistema paredes de concreto apresenta vantagens em relação ao sistema convencional de alvenaria em dois pontos principais, que são a redução da espessura das camadas de revestimento e o consequente ganho na velocidade de execução devido à redução de etapas. De Sordi e Carbone (2012) salientam que, com o ganho na velocidade de execução é importante que as outras etapas construtivas do sistema também sejam otimizadas, de forma a usufruir ao máximo de um sistema que é rápido, econômico e tecnicamente avançado.

A ABCP (2008) afirma que:

“Uma das características importantes deste sistema construtivo é a grande redução da espessura das camadas de revestimento. Não existem restrições quanto ao uso de qualquer tipo de revestimento, sendo exigido apenas o cumprimento das

especificações do fornecedor do material e, normalmente, são aplicados diretamente sobre a parede de concreto. É recomendável apenas que o acabamento seja iniciado após 28 dias da cura úmida da parede.”

A figura 37 mostra a diminuição das etapas de aplicação de revestimento no sistema paredes de concreto. No sistema convencional existe a necessidade de aplicar sobre a alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, o chapisco, o emboço e o acabamento, que pode ser a massa corrida PVA ou acrílica seguida de pintura, argamassas industrializadas, revestimentos cerâmicos, texturas do tipo grafiato ou rolada, dentre outras. Já no sistema paredes de concreto o acabamento é aplicado diretamente sobre a base.

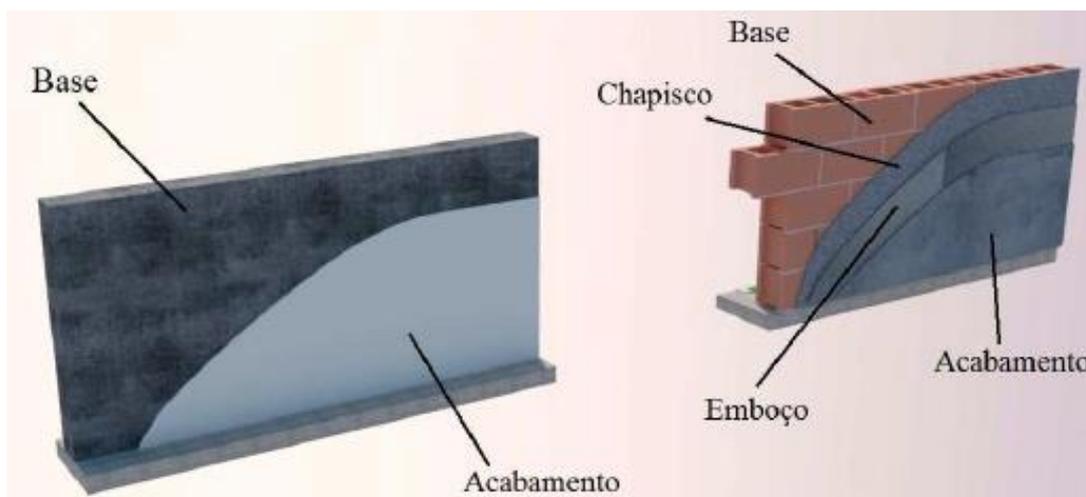


Figura 37 - Comparação nas etapas de acabamento entre o sistema paredes de concreto o sistema convencional de alvenaria.

Fonte: Costa, 2013

Entretanto, quando se emprega o concreto autoadensável colorido, até a camada de acabamento visualizada na figura 37 pode ser suprimida, tornando a própria parede colorida aparente no acabamento final. Helene et al. (2008) ressaltam que a qualidade superficial das peças se torna muito superior quando se emprega

concreto autoadensável, minimizando o aparecimento de bolhas superficiais abertas e demais macrodefeitos resultantes da concretagem.

Na parte interna das paredes de concreto o acabamento em algumas áreas pode se dar pela selagem da superfície, regularização com massa PVA ou acrílica e pintura. O revestimento cerâmico também é muito empregado em cozinhas e banheiros, sendo as peças fixadas diretamente sobre a superfície do concreto com argamassa colante (ABCP, 2009).

Ponzoni (2013) cita que esta técnica construtiva gera um gasto inicial elevado, mas que o investimento é compensado quando as vantagens são analisadas. Dentre elas, está a adoção da coordenação modular que torna o sistema de fôrmas racionalizado, podendo ser aplicado nos mais diversos projetos e permitindo a padronização e a produção em larga escala. O resultado é o ganho de produtividade com a eliminação das improvisações no canteiro que ocasionam erros, desperdícios e retrabalhos.

5.2.3. NORMATIZAÇÃO

Todas as referências normativas que tratam da execução das paredes de concreto podem ser consultadas na ABCP (2008, p. 37), com destaque para a norma NBR 16055 (ABNT, 2012), que contempla os requisitos e procedimentos para a concretagem *in loco* das paredes de concreto. Lançada recentemente, esta norma leva em consideração um edifício construído com até cinco pavimentos, com lajes de vão livre máximo de 4 m e sobrecarga máxima de 300 kgf/cm², que não sejam pré-moldadas, pé direito de no máximo 3 m e dimensões em planta de no mínimo 8 m.

5.2.4. CONCRETO

Na confecção das paredes de concreto é necessário que o concreto a ser aplicado tenha trabalhabilidade adequada para que ocorra o preenchimento completo

das formas, sem segregações e com bom acabamento da superfície (ABCP, 2008, P. 137).

Na tabela 18 são descritos quatro tipos de concreto recomendados para aplicação no sistema paredes de concreto e suas respectivas características.

Tabela 18 - Tipos e características dos concretos empregados no sistema Paredes de Concreto.

Tipos de Concreto	Características
Concreto Celular (Tipo L1)	Apresenta baixa massa específica e bom desempenho térmico e acústico, devido à incorporação de uma espuma que gera grande quantidade de bolhas. Usualmente utilizado para estruturas de até 2 pavimentos com resistência mínima de 4 Mpa.
Concreto com alto teor de ar incorporado. Até 9% (Tipo M)	Possui características mecânicas e termoacústicas similares às do concreto celular. Também recomendado para paredes de casas de até 2 pavimentos, com resistência mínima de 6 Mpa.
Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (Tipo L2)	Produzido com agregados leves e com bom desempenho térmico e acústico, porém inferior aos concretos tipos L1 e M. Utilizado em estruturas com resistência de até 25 MPa.
Concreto convencional ou concreto autoadensável (Tipo N)	O concreto autoadensável possui rápida aplicação, por bombeamento. Como a mistura é extremamente plástica, não necessita de vibração. Ótima opção para o sistema paredes de concreto. Já o concreto convencional necessita ter boa trabalhabilidade para evitar segregações nas partes inferiores das fôrmas verticais.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008

Visando facilitar a aplicação do concreto nas paredes de concreto e melhorar o desempenho em termos de acabamento e durabilidade, é recomendada a utilização autoadensável. Trata-se de um concreto muito fluido cuja principal característica é permitir o preenchimento de todos os vazios na peça a ser concretada independentemente da espessura da mesma e da densidade da armadura existente.

O concreto autoadensável, também chamado autocompactável, autonivelante ou reoplástico, foi desenvolvido pela primeira vez em 1988, no Japão, sendo inicialmente chamado de concreto de alto desempenho, com o propósito de resolver o

problema de baixa disponibilidade de mão de obra qualificada nos canteiros de obras japoneses (OKAMURA, 2003).

O concreto autoadensável é capaz de produzir misturas de concreto de alta trabalhabilidade, ou seja, dotadas de alta fluidez e coesão simultaneamente, as quais são características indispensáveis ao concreto empregado neste modelo construtivo. Tutikian (2007) explica que ele é identificado como uma categoria de material cimentício que pode ser moldado nas fôrmas e preencher cada espaço exclusivamente através de seu peso próprio, sem a necessidade de qualquer forma de compactação ou vibração externa.

A composição típica de um concreto autoadensável consiste em areia, agregados graúdos com dimensão máxima de 19 ou 25 mm, cimento Portland comum ou composto, aditivos superplastificantes, aditivos modificadores de viscosidade e adições minerais finas. É comum acontecer em estruturas moldadas com este tipo de concreto alta retração por secagem e alta retração térmica, devido à alta concentração da pasta de cimento-agregado para se alcançar coesão (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Entretanto, é possível elaborar diversos traços para os constituintes do concreto autoadensável. Bouzubaa e Lachemi (2001) produziram um concreto autoadensável fluido, coeso e bastante resistente à segregação e à fissuração térmica através da incorporação de um alto teor de cinza volante Classe F. A composição consistiu num fator a/c variando entre 0,35 a 0,45, cimento Portland comum Tipo I, substituindo de 40 a 60% de sua massa pela cinza volante, areia, agregado de calcário britado de dimensão máxima de 19 mm, aditivo incorporador de ar e pequena dosagem de superplastificante de naftaleno-formaldeído.

Almeida et al. (2008) também sugerem a aplicação do concreto autoadensável no sistema paredes de concreto pela redução no tempo total de concretagem,

melhoria da qualidade do concreto, diminuição de mão de obra durante a concretagem e melhoria da tecnologia do processo construtivo. Repette (2008) reforça que se bem definido o traço, o concreto autoadensável tem a capacidade de se mover por conta própria e preencher os espaços da fôrma sem necessitar de nenhuma intervenção, sem segregar, sem aprisionar ar em excesso e sem deixar ninhos de concretagem.

Tutikian (2004) afirma que o concreto autoadensável é ideal para sistemas industrializados, nos quais o objetivo principal é a redução do número de etapas que requerem o manuseio humano e resume as principais vantagens de sua utilização como:

- a) Acelera a construção;
- b) Reduz a mão de obra no canteiro;
- c) Melhora o acabamento final da superfície;
- d) Aumenta a durabilidade por ser mais fácil de adensar;
- e) Permite grande liberdade de formas e dimensões;
- f) Permite concretagens em peças de seções reduzidas;
- g) Elimina o barulho das vibrações;
- h) Torna o local de trabalho mais seguro, devido à diminuição do número de trabalhadores;
- i) Pode proporcionar um ganho ecológico;
- j) Pode reduzir o custo final do concreto e/ou da estrutura;

O concreto autoadensável colorido também pode ser empregado nas paredes de concreto das habitações de interesse social. Curti (2014) explica que a adição de pigmentos na proporção de 3% a 5% sobre a massa de cimento não altera as propriedades do concreto. Os pigmentos são adicionados ao concreto no estado fresco e a mistura deve ser bem homogeneizada no mínimo cinco minutos dentro do caminhão-betoneira ou nas betoneiras de obra, antes de ser lançada nas fôrmas.

Curti (2014) destaca ainda que os raios ultravioletas podem desbotar o concreto com o tempo, sendo importante escolher corretamente o tipo de pigmento e a sua cor. Para maior durabilidade, Curti recomenda que se faça uma pintura transparente protetora, depois que a parede estiver pronta, como um hidrofugante à base de silicone, por exemplo.

O emprego do concreto colorido nas paredes de concreto das habitações de interesse social dispensam os gastos com revestimentos como, chapisco, emboço e reboco, além de dispensar manutenções com pintura.

É recomendável que o concreto seja dosado em centrais e fornecido para a obra através de caminhões betoneira, visto que nas centrais existe um maior grau de controle sobre a qualidade dos agregados, precisão de volumes e medidas de peso, fatores tais que impactam na qualidade final do concreto.

5.2.5. FÔRMAS

Misurelli e Massuda (2009) definem as fôrmas utilizadas para as paredes de concreto como estruturas provisórias cujo objetivo é moldar o concreto fresco, compondo-se assim as paredes estruturais, sendo a resistência a pressões de lançamento do concreto até a sua solidificação, um fator decisivo.

Segundo a ABCP (2008, p. 77) as fôrmas devem ser estanques e capazes de manter rigorosamente a geometria das peças que estão sendo moldadas. Os tipos mais comuns de fôrmas utilizadas no sistema paredes de concreto são as seguintes:

a.) Fôrmas Metálicas

São fôrmas que utilizam quadros metálicos para a estruturação de seus painéis e chapas metálicas para dar acabamento à peça concretada. Os quadros e as chapas são geralmente de aço ou alumínio.



Figura 38 - Exemplo de fôrma metálica utilizada para concretagem de paredes de concreto.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland et al., 2008, p. 78

b.) Fôrmas Metálicas + Compensado

São compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) as quais utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento à peça concretada.



Figura 39 - Exemplo de fôrma composta por quadros metálicos e chapas de madeira compensada utilizada para concretagem de paredes de concreto.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland et al., 2008, p. 78

c.) Fôrmas Plásticas

São fôrmas que utilizam quadros e chapas confeccionadas em plástico reciclável, para a estruturação de seus painéis e para o acabamento da peça concretada, respectivamente. O contraventamento é feito por estruturas metálicas.



Figura 40 - Exemplo de fôrma plástica utilizada para concretagem de paredes de concreto.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland et al., 2008, p. 78

Para a ABESC et al. (2012) os critérios fundamentais para escolha do tipo de fôrma mais adequado de acordo com a especificidade de cada obra são:

- a.) Produtividade da mão de obra;
- b.) Peso dos painéis por m²;
- c.) Número de peças dos painéis;
- d.) Durabilidade das chapas;
- e.) Durabilidade das estruturas;
- f.) Compatibilização entre modulação das fôrmas e dimensões do projeto;
- g.) Facilidade na inserção das instalações, esquadrias, etc.;
- h.) Formas de fornecimento e tipo de contratação;
- i.) Custos envolvidos;

Nárlir (2010, p. 14) destaca que a leveza e a flexibilidade das fôrmas de alumínio proporcionam ganhos de produtividade além de possibilitar diferentes combinações geométricas. Com estas características e pelo fato de permitir inúmeras reutilizações, este tipo de fôrma consiste numa excelente opção para empreendimentos de alta repetitividade e que precisam ser executados em um curto espaço de tempo. É, portanto, ideal para o uso em habitações de interesse social.

A fôrma metálica feita de alumínio por ser mais leve e facilitar o manuseio permite um ciclo de aproximadamente três a cinco mil aplicações. Este expressivo número de reutilizações ajuda a amortizar o investimento feito neste tipo de fôrma, que possui alto custo (NÁRLIR, 2010, p. 14). Além disso, o grande número de reutilizações das fôrmas contribui para sustentabilidade, consumindo menos materiais e gerando menos resíduos.

A desforma deve ser realizada somente após o concreto atingir a resistência mínima prevista. Antes da próxima utilização é importante aplicar o desmoldante, a fim de evitar que o concreto fique aderido à fôrma e não deixe resíduos na superfície das paredes (ABCP, 2008, P. 82). Este cuidado é extremamente importante, principalmente em se tratando de concreto colorido aparente, o qual exige acabamento sem imperfeições.

5.2.6. ARMAÇÃO

A armadura do sistema paredes de concreto a partir das barras de aço é dimensionada de acordo com a norma NBR 16055 (ABNT, 2012) em seu item 17.3. Mas também pode ser composta apenas por uma tela soldada, disposta longitudinalmente e próxima ao centro geométrico da seção horizontal da parede. Quando a espessura da parede for superior a 15 cm, localizada no andar térreo sujeita a choque de veículos ou engastada em marquises e terrações em balanço, devem ser previstas tela soldada para as suas duas faces.

Todas as bordas, vãos de portas e janelas devem receber reforços de telas ou barras de armadura convencional. Visando facilitar e agilizar a montagem das armaduras, é aconselhado que seja previsto o corte nos locais onde estarão posicionadas as esquadrias de portas e janelas.

A colocação dos espaçadores plásticos também é um aspecto importante a considerar para que o posicionamento das telas e a geometria dos painéis não sofram nenhuma alteração, além de garantir o cobrimento adequado (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

A ABCP (2008, p. 83) preleciona que as armaduras no sistema parede de concreto devem apresentar três requisitos básicos: resistir a esforços de flexo-tração nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações elétricas, hidráulicas e de gás.

5.3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA PAREDES DE CONCRETO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

O histórico de construções das habitações de interesse social no Brasil não tem um passado de boas recordações. Na maioria dos casos ele foi marcado por edificações apresentando vários problemas construtivos e baixa durabilidade.

A criação da norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2008) em sua primeira versão, a qual foi elaborada com base na tipologia das habitações populares de até 5 pavimentos foi um avanço em direção às reivindicações e exigências dos usuários em relação ao edifício habitacional e seus sistemas. Ela define desempenho como comportamento em uso de um edifício e seus sistemas. Sua última versão, mais abrangente, entrou em vigor em Julho de 2013, abordando conceitos como durabilidade e manutenibilidade das edificações. A norma auxilia a balizar e a elevar a qualidade de desempenho das habitações.

Costa (2013) realizou uma pesquisa em dois condomínios de casas de baixa renda nas cidades de Alvorada e Santa Cruz do Sul no estado do Rio Grande do Sul, através de uma Avaliação Pós-Ocupação, com o objetivo de avaliar o desempenho do sistema construtivo paredes de concreto a partir da opinião dos moradores. O tipo de concreto utilizado nas paredes foi o cinza convencional.

No quesito conforto térmico foram avaliadas as opiniões dos entrevistados com relação à temperatura no interior do imóvel nas estações mais severas do ano, o verão e o inverno. No verão, 20% responderam que o sistema apresenta excelentes condições frente ao calor, 35% avaliaram como bom e outros 45% ruim ou péssimo. Já no inverno, o resultado se inverteu, com 45% reagindo positivamente, com desempenho excelente ou bom e 55% como ruim ou péssimo (COSTA 2013).

O desempenho acústico do sistema, ao contrário do que se esperava obteve excelentes resultados. Como as paredes de concreto possuem espessuras bem menores do que as dos tijolos cerâmicos, da ordem de 8, 10 ou no máximo 15 cm, as respostas provavelmente seriam negativas. Entretanto, com relação ao ruído entre casas vizinhas, 61% consideram o sistema excelente, 20% bom e 19% ruim ou péssimo. Para o ruído entre ambientes internos, 65% responderam excelente, 19% bom e apenas 16% ruim ou péssimo. E finalmente, para ruídos externos, 63% avaliaram como excelente, 17% como bom e 20% como ruim ou péssimo (COSTA 2013).

A impermeabilização foi outro fator avaliado pelos moradores. A pesquisa apontou que apenas 25% dos moradores tiveram problemas com a presença de umidade nas paredes de suas casas. Dos 19 moradores que compõem estes 25%, 17 verificaram o problema nas salas e nos quartos, curiosamente em área secas. O fator se deve, provavelmente, pela entrada de água no contato entre a fundação e as paredes das casas, uma vez que não foi realizada impermeabilização nestas áreas

pela construtora. Em uma das casas, o proprietário fez a impermeabilização na junta entre as paredes e a fundação, o que cessou o problema da umidade (COSTA, 2013).

A necessidade de reparos foi um item muito reclamado pelos moradores. Um terço deles teve que fazer algum tipo de intervenção no sistema. Desses 30%, 55% tiveram problemas de origem elétrica, 27% de origem hidráulica, 14% de origem tanto elétrica quanto hidráulica e 4% outros reparos. Os problemas elétricos foram devidos, em grande parte, a tubulações entupidas que só foram descobertas quando se necessitou utilizar alguma espera elétrica, como para a ligação da antena de televisão e ar condicionado, por exemplo. O entupimento foi provocado muito provavelmente pelo deslocamento do concreto, que pode ter penetrado numa tubulação que estivesse desprotegida. Além disso, 30% consideraram o acesso às instalações bom, contra a maioria 70% classificando como ruim ou péssimo (COSTA, 2013).

O acabamento das paredes de concreto se mostrou como o principal ponto negativo do sistema, segundo a pesquisa realizada por Costa (2013). Os questionamentos foram tanto com relação à qualidade dos revestimentos, como pintura e acabamentos cerâmicos, quanto aos desníveis das paredes devidos à falta de nivelamento da fundação tipo radier ou falta de conferência no posicionamento das fôrmas. A presença de fissuras e rachaduras nas paredes também foi apontada, de tal maneira que apenas 4% consideraram excelente o acabamento, 33% bom e 63% ruim ou péssimo.

Um outro ponto de avaliação foi quanto à possibilidade de alterar o projeto das casas através da modificação no posicionamento das paredes dos compartimentos. De fato, as paredes de concreto perdem neste quesito se comparadas a um sistema que vem crescendo bastante atualmente, que são as paredes em gesso acartonado, as quais permitem uma flexibilidade muito maior. Entretanto, Costa (2013) mostra que 64% das pessoas ficaram satisfeitas com a disposição dos cômodos de suas

residências. Caso pudessem fazer alterações, as pessoas optariam por aumentar mais a sala ou o quarto, diminuindo um pouco outro compartimento, mas muito mais por uma questão de luxo do que por necessidade.

Por fim, Costa (2013) avaliou a satisfação dos moradores em relação às suas habitações em paredes de concreto. Os resultados foram muito bons, com um índice de 92% dos entrevistados respondendo que estão satisfeitos, sendo 17% destes classificando como excelente. Apenas 8% avaliaram o sistema como ruim. A aceitação pelo sistema foi tão positiva que 81% do total dos entrevistados indicariam a compra de uma destas casas para conhecidos.

O sucesso no emprego do sistema paredes de concreto em dois condomínios residenciais nas cidades de Alvorada e Santa Cruz do Sul, ambas no estado do Rio Grande do Sul, é uma prova de que o sistema se consiste numa boa alternativa para a construção de habitações de interesse social. Com a perenização da norma NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local (ABNT, 2012) para a construção de edificações e com o aumento no emprego deste sistema construtivo, o custo com o sistema de fôrmas e as patologias evidenciadas tenderão a diminuir significativamente.

5.4. PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS INCIDENTES NAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Conforme descrito no subitem anterior Costa (2013) em sua pesquisa de Pós-Ocupação estudando o desempenho de paredes de concreto em habitações de interesse social em duas cidades do Rio Grande do Sul verificou que o aspecto mais reclamado pelos moradores e que apresentou baixa durabilidade foi o acabamento das casas em geral, proporcionado pela baixa qualidade dos revestimentos internos e externos, como a pintura e as peças cerâmicas. Aproximadamente 65% dos entrevistados condenaram o acabamento.

Oliveira et al. (2009) avaliando as patologias incidentes sobre as habitações de interesse social que não eram de paredes de concreto também verificaram um alto índice de danos referentes a revestimentos e/ou pintura. Com apenas quatro anos de utilização cerca de 34% das unidades apresentaram problemas neste subsistema. A ocorrência de umidade em diversos pontos provocou o aparecimento de manchas, fungos, emboloramento nas paredes e descolamentos de revestimentos, provocados por erros de execução e utilização de materiais de baixa qualidade.

Da mesma forma Silveira (2005) detectou patologias semelhantes em condomínios de casas populares construídas em alvenaria de blocos cerâmicos. No elemento construtivo revestimento foram registradas 10,41% das 1230 ocorrências, das quais, 56 das 87 unidades apresentaram problemas com o subsistema. As manifestações mais comuns foram o esfarelamento do reboco, revestimento solto por falta de aderência ao substrato, manchamento de paredes internas e de fachadas pela incidência de umidade e fissuração do reboco com desenho do tipo mapeamento (gretado). Os motivos para as patologias segundo Silveira (2005) são a utilização de argamassas com propriedades físicas e químicas insuficientes, com baixo desempenho, ou seja, de qualidade ruim. A figura 41 ilustra os casos de esfarelamento de reboco e fissuração do revestimento externo, em (a) e (b), respectivamente.



Figura 41 - (a) Desplacamento de pintura e esfarelamento de reboco; (b) Fissuração do revestimento externo.

Fonte: Silveira (2005)

Patologias na pintura também foi outro aspecto verificado por Silveira (2005), em que 47 das 87 unidades habitacionais apresentaram ou presença de bolhas, deslocamento de pintura ou perda da cor original, principalmente nas faces externas das paredes. As causas de devem ao número insuficiente de demãos de tinta PVA, uma vez que a quantidade de demãos não era referenciada nas especificações para pintura dos empreendimentos, o que acabava agravando problemas com a umidade, e também a não realização de repinturas nas paredes. Não obstante, o maior número de ocorrências aconteceu nos empreendimentos com mais idade.

Segat (2005) também verificou a presença de manifestações patológicas em revestimentos externos de argamassa de edificações para habitação de interesse social com dez anos de idade em Caxias do Sul, RS. Do total de 1788 anomalias registradas, 65,32% apresentaram fissuras disseminadas, 9,56% fissuras mapeadas, 2,13% manchas de umidade provenientes de infiltração e 3,08% descolamento de revestimento.

5.5. CONTRIBUIÇÕES DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO COLORIDO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

A tecnologia de aplicação do concreto colorido nas diversas tipologias de edificações no Brasil ainda é muito pouco explorada, principalmente em se tratando de edificações residenciais. Em algumas casas de campo e condomínios de médio e alto padrão, praças públicas, escolas, e *shoppings centers*, o concreto colorido já vem sendo empregado através de passeios ou calçadas estampadas, blocos intertravados de concreto colorido compondo ruas e vielas, ciclovias no interior de condomínios e telhados a partir das telhas de concreto colorido.

Todos estes usos poderiam ser expandidos também para o emprego nas habitações de interesse social a fim de oferecer um produto de melhor qualidade e acabamento para a população de baixa renda. Entretanto, a melhor oportunidade de exploração das propriedades do concreto colorido seria no sistema construtivo das

habitações, através das paredes de concreto colorido, que possui um uso ainda mais restrito no Brasil, uma vez que são nas estruturas das casas as principais ocorrências de patologias encontradas neste tipo de habitação.

Apesar de não ter sido encontrado na literatura estudada nenhum estudo de caso tratando especificamente do emprego do concreto colorido nas paredes, mas somente do concreto cinza convencional, este item descreve como a sua utilização poderia trazer benefícios para as habitações populares.

Com a substituição das alvenarias de blocos cerâmicos ou de concreto pelo sistema paredes de concreto colorido todas as camadas de revestimentos deixam de existir, pois as paredes pigmentadas passam a ser o próprio acabamento. Logo, as anomalias verificadas nos estudos de Costa (2013), Oliveira (2009) e Silveira (2005) e que ocorrem na maioria das habitações populares são combatidas.

A ocorrência de trincas e fissuras no reboco das alvenarias de blocos são muito correntes, pois o processo de produção de revestimentos à base de argamassa possui alta variabilidade, devido à falta de procedimentos sistemáticos de produção de argamassa. Cincotto et al. (1995) afirmam que a alta variabilidade na resistência de aderência à tração dos revestimentos deve-se principalmente à aplicação manual, a qual é fortemente dependente do operador.

Já a inserção de pigmentos na mistura de um concreto, requer um aumento no controle tecnológico do mesmo, e com a utilização autoadensável, o concreto torna-se mais fluido e coeso, preenchendo melhor todos os espaços nas fôrmas. Além disso, com um traço bem especificado, o concreto autoadensável poderá também impedir o aparecimento de fissuras e trincas nas paredes, devido ao alto teor de material pozolânico, como cinza volante ou escória de alto forno, substituindo parte da massa de cimento Portland. Esta substituição diminui o calor de hidratação gerado e minimiza a retração de origem térmica e retração por secagem. O resultado é a obtenção de

uma estrutura muito mais resistente e menos propensa ao aparecimento de trincas e fissuras.

Além disso, uma parede de concreto colorida é capaz de ser muito mais impermeável do que uma alvenaria de blocos porque possui um número menor de vazios e é mais resistente, sendo com isso menos vulnerável às patologias provocadas pela umidade, como presença de mofo, emboloramento de pintura e fungos, além de não ser necessária a aplicação de tintas PVA.

O desbotamento na pintura das casas citadas por Silveira (2005) provocado pela falta de uma programação na manutenção do acabamento é outro aspecto que a tecnologia do concreto colorido poderia ser mais eficiente. Muito provavelmente a condição financeira dos moradores impede a execução de repinturas de forma periódica. Em contrapartida, a aplicação de um selante para reavivar a cor das paredes em concreto colorido proporcionaria um prazo muito superior para a manutenção, conforme cita Curti (2014).

Apesar de amplamente empregado no Brasil, o sistema de revestimento com uso de argamassa é caracterizado por uma falta de gestão efetiva nos procedimentos, produção com altos índices de perdas, alta variabilidade de suas propriedades, baixa produtividade, racionalização e industrialização, além dos problemas de qualidade do produto. Desta forma, esta etapa construtiva torna-se um gargalo na produção de edificações. Este cenário sinaliza para uma mudança de conceito no setor da construção, no qual o sistema construtivo paredes de concreto colorido representa uma boa alternativa, vistas todas as suas características e propriedades descritas neste trabalho.

5.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO COLORIDO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Na literatura estudada não foram encontrados dados suficientes que permitissem realizar uma viabilidade técnica e financeira do emprego do sistema paredes de concreto colorido voltado para as habitações de interesse social. Entretanto, como síntese do que foi estudado, são identificadas algumas das vantagens e desvantagens do sistema nos itens a seguir.

5.6.1. VANTAGENS

- a.) A utilização do concreto para a construção total de uma residência é mais cara que a tradicional alvenaria, mas em escala, ela passa a se tornar competitiva e, principalmente, muito mais rápida (PONZONI et al., 2013).
- b.) O emprego do concreto colorido no sistema paredes de concreto reduz o número de etapas de acabamento, dispensando o uso de revestimentos, como chapisco, emboço, reboco, pintura e pastilhas cerâmicas.
- c.) Com um controle tecnológico maior, casas edificadas em concreto colorido apresentam menores possibilidades de defeitos na fachada e reduzem a necessidade de manutenção com pinturas, o que reduz o gasto nas habitações de interesse social ao longo do tempo.
- d.) O aspecto estético e arquitetônico das habitações de interesse social, muitas vezes negligenciado nos processos convencionais é valorizado com a utilização do concreto colorido.
- e.) Processos que utilizam fôrmas preenchidas de concreto, como se fossem casas de montar, têm uma economia média de tempo de 50%. Ainda, o número de empregados por m² também diminui (PONZONI et al., 2013).
- f.) Sistema baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualificação da mão de obra (ABCP et al., 2008, p.175).
- g.) Solução adequada para empreendimentos que possuem alta repetitividade, necessidade de padronização e rapidez na construção (ABCP et al., 2008, p.21).

- h.) São eliminadas cerca de dez etapas em comparação com a alvenaria estrutural, como o arremate de vãos de janelas, vergas e contravergas, colocação e acabamento de partes elétricas, grauteamento, produção de argamassa para assentar blocos, transporte de blocos, dentre outras (PONZONI et al., 2012).
- i.) Sob o ponto de vista da construtora o sistema permite um grande número de reutilizações das fôrmas, que quando adquiridas e não locadas, permitem um ciclo da ordem de três a cinco mil utilizações, no caso das fôrmas metálicas feitas em alumínio (NÁRLIR, 2010, p. 14).
- j.) Velocidade de execução encurtando os prazos, que antecipam o retorno do capital investido, além da redução dos desperdícios de materiais e do quadro de mão de obra.

5.6.2. DESVANTAGENS

- a.) Como o sistema ainda é recente requer mobilização maior de tempo e recursos por parte dos calculistas. Deste modo, inicialmente os projetos tendem a ficar de 20% a 30% mais caros do que de estruturas convencionais (FARIA, 2009).
- b.) Geralmente ocorre condicionamento do projeto arquitetônico e dificuldades de reformas que modifiquem a disposição das paredes estruturais (NUNES, 2011).
- c.) Elevado investimento inicial para a construtora (NUNES, 2011).
- d.) Requer cuidados especiais na desforma para evitar que o acabamento do concreto aparente seja comprometido e aplicação de desmoldante nas fôrmas antes da concretagem.

6. CONCLUSÃO

6.1. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO ESTUDO

O emprego dos artefatos de concreto colorido, como as telhas e os *pavers* ou até mesmo o próprio pavimento todo em concreto se constitui num diferencial em relação ao concreto convencional, não obstante observamos seu crescente uso em diversas estruturas. Não somente pelo valor estético, mas também pelos demais benefícios, principalmente de durabilidade e bom funcionamento às funções a que se destinam, e que, como verificado, vêm despertando o interesse de diversos profissionais da construção civil.

Obviamente, no momento, estes produtos ainda possuem um preço mais elevado que os assemelhados tradicionais, entretanto, quando comparamos o custo-benefício o resultado se torna atraente. O controle tecnológico para fabricação destes produtos é mais rigoroso, devido à incorporação do pigmento. Logo, a qualidade também se torna melhor. Desta forma, à medida que estes produtos venham ganhando mais mercado e as tecnologias de produção venham sendo padronizadas, a tendência é ocorrer a diminuição no preço final.

A verificação do sucesso através da satisfação dos moradores com relação ao emprego das paredes de concreto em dois condomínios residenciais de habitações de interesse social no Rio Grande do Sul se apresenta como um resultado positivo e animador em direção à introdução de sistemas inovadores nesta tipologia de empreendimentos no país. O emprego de pigmentos com o fim de conferir acabamento e substituir toda a camada de revestimentos, como chapisco, emboço, reboco, pintura ou pastilhas cerâmicas se constituiria num novo diferencial deste sistema construtivo.

Como estudado, a introdução de pigmentos não minora resistência à compressão. Por outro lado, a trabalhabilidade, propriedade fundamental dos concretos utilizados para este fim é reduzida. Para tanto, é mais adequado o emprego do concreto autoadensável, o qual é capaz de produzir misturas de concreto de alta trabalhabilidade, ou seja, dotados de alta fluidez e coesão simultaneamente, sem a necessidade de ser vibrado e adensado, de maneira que permite o preenchimento completo das fôrmas, sem segregações e com bom acabamento da superfície.

A adoção de um sistema construtivo, como o sistema parede de concreto colorido, dotado de características como a produção em larga escala e em curto espaço de tempo, com alta produtividade, padronizado e projetado para empreendimentos com alta repetitividade, além de produzir uma estrutura sem a necessidade de revestimento constitui-se num excelente modelo para a construção de moradias de interesse social. Através dele, a população de menor renda poderá economizar na manutenção do acabamento das fachadas de suas casas, obtendo um produto com maior qualidade, durabilidade e esteticamente mais agradável. Além disso, o sistema se torna numa ferramenta em potencial na busca pela erradicação do déficit habitacional do país.

O maior empecilho ao desenvolvimento deste sistema construtivo no Brasil é por enquanto o alto custo. Este custo é composto pelo controle tecnológico necessário para a produção do concreto, que por ser colorido requer o emprego do cimento Portland branco, que é mais caro, além da introdução do pigmento, elemento que custa em torno de R\$ 25,00/Kg e é inserido sobre 3 a 5% da massa de cimento da mistura, e por se utilizar o concreto autoadensável, requer gastos com aditivos superplastificantes, aditivos modificadores de viscosidade e adições pozolânicas, como sílica ativa ou escórias de alto forno. Outra parcela importante deste custo são os gastos com a compra ou locação dos sistemas de fôrmas metálicas, de alumínio ou

mistas, com o emprego de peças metálicas e compensados de madeira, que devem ser de boa qualidade para que o acabamento superficial não seja comprometido.

É importante também citar que não serão mais necessários gastos iniciais e com manutenção de revestimentos internos e de fachada, que no longo prazo, trazem gastos significativos para a edificação no sistema convencional de alvenaria.

Conclui-se, portanto, que a proposta deste trabalho foi atendida e que existem muitos fatores positivos que sinalizam um potencial emprego do concreto colorido nas habitações de interesse social. Entretanto, como todo sistema inovador e emergente, surge sempre alguma parcela resistente, seja por parte da população não acostumada ao “novo”, seja por parte do mercado da construção civil, que se acomoda com a utilização dos materiais e dos sistemas convencionais. Para a consolidação deste sistema, todavia, é importante que neste primeiro momento haja subsídios do governo para as construtoras utilizarem este novo conceito de construção em seus processos, incentivando a utilização deste modelo construtivo, de tal forma que gradativamente todas as parcelas do custo envolvidas citadas acima possam também ser barateadas.

6.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se a realização de estudos sobre a avaliação da durabilidade do concreto colorido, como por exemplo, através de ensaios de carbonatação e absorção de água por capilaridade, para se estimar o momento necessário para a primeira intervenção na superfície do concreto aparente, a fim de reavivar a cor do concreto e evitar seu desbotamento.

Como critério de comparação, recomenda-se também a realização de estudos que analisem de maneira mais precisa a diferença de custo entre a construção de moradias de interesse social com o sistema paredes de concreto colorido e o sistema convencional de alvenaria de blocos cerâmicos, desde a etapa de estrutura, até o acabamento final. Desta forma, poderá ter-se uma visão sistêmica do custo envolvido entre os dois processos, e verificar onde o primeiro processo precisa ser melhorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, C., 2006, *Concreto de Cimento Portland Branco Estrutural: Análise da adição de pigmentos quanto à resistência à compressão*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

ALENCAR, R., 2005, “A influência da adição de pigmentos na resistência à compressão e durabilidade de concretos com cimento branco e cinza”. In: *Congresso Brasileiro do Concreto, 47º*, Recife. Anais... São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (CD-ROM).

ALMEIDA F., BARRAGÁN, B., CASAS, J., DEBS, A., 2008, “Variabilidade da aderência e das propriedades mecânicas do concreto autoadensável”. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, v. 1, n. 1, pp. 31-57, mar.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 1996, *Manual of Concrete Practice. Use of Fly Ash in Concrete*, ACI 232.2R, Farmington Hills, USA.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM C125-07: standard terminology relating to concrete and concrete aggregates*. Pennsylvania, USA.

ANCONA, A., 2009, *Como delimitar e regulamentar Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS de Vazios Urbanos*. Guia para regulamentação e implementação de ZEIS em Vazios Urbanos, Brasília, 55 p.

ARVELOS, A., 2006, “Concreto Estampado: Técnica para execução de piso alia rapidez e padrões decorativos variados”. *Revista Técnica*, ed. 107, fev. Não paginado. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/107/artigo285012-1.aspx>>. Acesso em: Outubro/2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM, 2012, “Paredes de concreto”. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/tecnologias/tec-paredes-de-concreto.html>>. Acesso em Novembro/2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2008, “Parede de concreto: coletânea de ativos 2007/2008”. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2010/01/Parede_de_concreto_coletanea_ativos.pdf>. Acesso em Novembro/2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009, “Parede de concreto: coletânea de ativos 2008/2009”. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2010/06/Coletanea_Ativos_Parede_Concreto_2008-2009.pdf>. Acesso em Novembro/2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986, *Execução de Pavimentos de Concreto Simples por Meio Mecânico*. NBR 7583. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987, *Peças de Concreto para Pavimentação – Determinação da Resistência à Compressão*. NBR 9780. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, *Execução de Piso com Argamassa de Alta Resistência Mecânica*. NBR 12260. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991, *Materiais para Base ou Sub-Base de Brita Graduada - Especificação*. NBR 11806. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993, *Cimento Portland branco*. NBR 12989. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, *Telhas de Concreto – Parte 1: Projeto e Execução de Telhados*. NBR 13858-1. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009, *Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio*. NBR 15310. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009, *Telhas de Concreto – Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio*. NBR 13858-2. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, *Aditivos para concreto de cimento Portland*. NBR 11768. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, *Pavimento Intertravado com Peças de Concreto - Execução*. NBR 15953. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, *Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos*. NBR 16055. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, *Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais*. NBR 15575-1. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE TELHAS CERTIFICADAS DE CONCRETO, 2014, “História das telhas de concreto”. Disponível em: <<http://www.anfatecco.com.br/historia.php>>. Acesso em: Outubro/2014.

BALASSA, D., 2010, “Telhas de concreto”. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/telhas-de-concreto/>>. Acesso em: Outubro/2014.

BARANDIER, J., 2012, *Acessibilidade da população alvo do programa habitacional para baixa renda na cidade do Rio de Janeiro*. Dissertação de M.Sc., COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

BARONI, H., 2003, *Avaliação do comportamento dos deslocamentos transversais ao longo do tempo em vigas de concreto armado não convencional*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

BOUZUBAA, M., LACHEMI, M., 2001, *Cem. Concr. Res.*, v. 31, pp. 413-420.

BRASIL, 2004, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Plano Nacional de Habitação. Brasília. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/>>. Acesso em: Novembro/2014.

BRASIL, 2005, Lei Nº 11.124 de 16 de Junho. Disponível em: <<http://www.leidireto.com.br/lei-11124.html>>. Acesso em Junho/2014.

BRASIL, 2009, Lei Nº 11.977 de 7 de Julho. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em Novembro/2014.

BRITISH CEMENT ASSOCIATION. BS EM 206-1/BS 8500, 2000, *coloured concrete*. British Cement Association (BCA), 2000. Disponível em: <<http://www.bca.org.uk>>. Acesso em: Maio/2014.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012. “Minha Casa Minha Vida”. Brasília. Disponível em:<http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/habita/mcmv/CARTILHACOMPLETA.PDF>. Acesso em Novembro/2014.

CAMPOS, C., 2005, “White Concrete in Brazil”. In: *IV International ACI/CANMET conference on quality of concrete structures and recent advances in concrete materials and testing*. Olinda, PE, Brasil. Anais... ACI – American Concrete Institute (CD-ROM).

CARDOSO, A., LEAL, J., 2010, “Housing Markets in Brazil: Recent Trends and Governmental Responses to the 2008 Crisis”. In: *International Journal of Housing Policy, Issue 2*, Routledge, USA, pp. 191-208.

CARVALHO, F., CALAVERA, J., 2002, “Estabilidade colorimétrica e influência da incorporação de pigmentos em concretos submetidos a diferentes estados de exposição ambiental”. In: *Congresso Brasileiro do Concreto, 44º*, Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte: Instituto Brasileiro do Concreto (CD-ROM).

CEZAR, D., 2011, *Características de durabilidade de concretos com cinza volante e cinza de casca de arroz com e sem beneficiamento*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Cidade de Brusque – Ponte Estaiada Irineu Bornhausen. Disponível em: <<http://malhasbrusque.com/cidade-de-brusque>>. Acesso em Novembro/2014.

CINCOTTO, M., SILVA, M., CARASEK, H., 1995. "Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio". São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 118 p.

COELHO, F., 2001, *Variación del color y textura de hormigones vistos con adición de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposición ambiental*. Tese de D.Sc., Universidad Politécnica de Madrid, U. P. Madrid, Espanha.

COELHO, M., SILVA, M., SOUZA, F., ZANDONADE, E., 2002, "Estudo da carbonatação e retração em concretos de alto desempenho com elevados teores de escória de alto forno". In: *Congresso Brasileiro do Concreto, 44º*, Belo Horizonte, Anais... São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (CD-ROM).

Concrete in Architecture: a material both stigmatised and celebrated. Disponível em: <<http://www.architonic.com/ntsht/concrete-in-architecture-1-a-material-both-stigmatised-and-celebrated/7000525>>. Acesso em Março/2014.

COSTA, A., et al. 2004, "Propriedades mecânicas do concreto colorido de alta resistência". In: *Congresso Brasileiro do Concreto, 46º*, Florianópolis, Anais... São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (CD-ROM).

COSTA, C., 2011, "Edifício e-TOWER: mais uma vez à frente nas pesquisas de CAD no país". *Associação Brasileira de Cimento Portland*. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/edificio-e-tower-mais-uma-vez-a-frente-nas-esquisas-de-cad-no-pais#.VKherCvF9Gs>>. Acesso em: Dezembro/2014.

COSTA, L., 2013, *Paredes de concreto moldadas in loco em condomínios horizontais: avaliação de desempenho pelos usuários*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

CURTI, R., 2014, "Tingindo o concreto". *Construsul - 18ª Feira Internacional da Construção*, Porto Alegre, mai. Disponível em: <<http://construsul.tjw.com.br/conteudo/?p=4405#>>. Acesso em Dezembro/2014.

DE SORDI, A., CARBONE, C., 2012, "Os revestimentos e as paredes de concreto: uma interação competitiva". *Núcleo de Referência Parede de Concreto*. Não paginado. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/artigos/os-revestimentos-e-as-paredes-de-concreto-uma-interacao-competitiva>>. Acesso em Dezembro/2014.

DINIZ, I., 2013, "Veja os cuidados na instalação de pisos intertravados de concreto". *Revista Equipe de Obra*, ed. 66. Não paginado. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/66/artigo301527-1.aspx>>. Acesso em Setembro/2014.

EFFTING, C., 2013, "Concretos Especiais – Aula 7 (parte 2)". *Notas de aula da disciplina de Materiais de Construção II*, Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), Joinville, SC, Brasil.

Engenharia de pisos e pavimentos. Disponível em: <<http://www.etka.com.br/divisao-obras.asp>>. Acesso em Junho/2014.

FARIA, R., 2009, "Paredes maciças". *Revista Técnica*, São Paulo, Pini, ano 17, n. 143, fev.

FERRAZ, M., "Museu Cais do Sertão Luiz Gonzaga, em Recife, utiliza Bayferrox e transforma o concreto em pedras do sertão". *Revista Brasil Engenharia*, abril. Não paginado. Disponível em < <http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/8618>>. Acesso em: Fevereiro/2015.

FIABANI, V., 2010, *Edificações com paredes de concreto: Fatores que influenciam no surgimento de defeitos na superfície das placas*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

FONSECA, A., NUNES, A., 1995, "Betão Branco: fabrico, características e utilização estrutural". In: *Jornadas de Betão*. Anais... Portugal, FEUP.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES, 2013, *Déficit Habitacional Municipal no Brasil 2010*.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES, 2014, *Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012*.

GONÇALVES, J., 2000, *Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

HAMAD, B., 1995, "Investigations of chemical e physical properties of White cement concrete". In: *Elsevier Science Inc.* Nova York, Elsevier Science Inc., pp. 161-167.

HARTMANN, C., HELENE, P., 2003, "Recorde mundial em concreto de alto desempenho colorido". In: *Congresso Brasileiro de Concreto, 45º*, Vitória, ES, Anais... São Paulo, Instituto Brasileiro de Concreto (CD-ROM).

HELENE, P., ALENCAR, R., FOLCH, A., 2008, "Aplicação de concreto autoadensável na fabricação de pré-moldados". *Revista Técnica*, n. 137, pp. 60-64, ago.

HENAO CELEDÓN, M., AVENDAÑO VELÁSQUES., C., 1999, *Concreto arquitectónico: Como realizar un buen acabado*. 2 ed. Santa Fé de Bogotá, ASOCRETO-Asociación Colombiana de Productores.

HENDGES, 2004, "Resistência à compressão, custo e coloração de concretos produzidos com pigmentos e cimentos Portland cinza e branco". In: *Congresso Brasileiro do Concreto, 46º*, Florianópolis. Anais... São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (CD-ROM).

HOEK-SMIT, M., DIAMOND, D., 2003, "Subsidies for housing finance". In: *Housing Finance International*, v. 17, n. 3, pp. 3-13, March.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000, *Censo Demográfico 2000 – Características gerais da população*.

KIRCHHEIM et al., 2005, “Concreto Branco”. In: *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo, IBRACON, v. 2, 1600 p.

KIRCHHEIM, A., 2003, *Concreto de cimento Portland branco estrutural: Avaliação da carbonatação e absorção capilar*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

KOLLER, H., 2008, “21 fachadas com telhado em evidência”. *Casa.com*. Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/21-fachadas-com-telhado-em-evidencia#12>>. Acesso em Agosto/2014.

KRASOWSKY, J., 1997, “Concreto arquitetônico: cuidados especiais em su fabricación”, In: *Construcción y Tecnología*, n. 12, pp. 6-12.

LEE, H., LEE, J., YU, M., 2005, “Influence of inorganic pigments on the fluidity of cement mortars”. In: *Cement and Concrete Research*, v. 35, pp. 703-710.

LORDSLEEM, J., 1998, “O processo de produção das paredes maciças”. In: *Seminário de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais*, São Paulo. Anais... São Paulo, Escola Politécnica da USP, pp. 49-66.

LOTURCO, B., 2005, “Desempenho elevado”. *Revista Técnica*, ed. 100, jul. Não paginado. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/100/artigo287031-2.aspx>>. Acesso em: Fevereiro/2015.

MAJEROWICZ, F., 2006, “Concreto Estampado: Técnica para execução de piso alia rapidez e padrões decorativos variados”. *Revista Técnica*, ed. 107, fev. Não paginado. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/107/artigo285012-1.aspx>>. Acesso em: Outubro/2014.

MAJEROWICZ, F., 2013, “Concreto estampado vira moda na praia e sobe a serra”. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/concreto-estampado-vira-modanas-praias-e-sobe-a-serra/>>. Acesso em : Agosto/2014.

MAWAKDIYE, A., 1998, “Traço cromático”, *Construção São Paulo*, São Paulo, SP, n. 2617, pp. 11-14.

MAYOR, A., 2008, “Parede de concreto: uma alternativa competitiva”. In: *Concrete Show South America*, São Paulo, UBM Sienna. Não paginado. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/sala_de_imprensa/noticias/5_parede_concreto_competitiva_Arcindo.pdf>. Acesso em: Dezembro/2014.

MEDEIROS, F., 2007, *Análise da adequação dos programas de financiamento habitacional para atender às necessidades de aquisição de moradias adequadas da*

população de baixa renda no Brasil, Dissertação de M.Sc., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

MEHTA, P., MONTEIRO, P., 1996, *Concreto: Estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo, Pini.

MEHTA, P., MONTEIRO, P., 2008, *Concreto: Estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo, Pini.

MENADI, B., KENAI, S., KHATIB, J., AIT-MOKHTAR, A., 2008, "Strenght and durability of concrete incorporating crushed limestone sand". *Construction and Building Materials*. V. 23, pp. 625-633.

MICROXCOLOR, 2013, "Pigmentos para *paver* de concreto colorido e artefatos de cimento colorido". Disponível em: <<http://www.microxcolor.com.br/pigmentos-concreto-colorido.php>>. Acesso em: Setembro/2014.

MISURELLI, H., MASSUDA, C., 2009, "Paredes de concreto". *Revista Técnica*, n. 147, pp. 74-80, jun.

MÔNACO, J., 2006, "Concreto Estampado: Técnica para execução de piso alia rapidez e padrões decorativos variados". *Revista Técnica*, ed. 107, fev. Não paginado. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/107/artigo285012-1.aspx>>. Acesso em: Outubro/2014.

MOURA, W., 2001, *Estabilização das escórias de aciaria elétrica com vistas a sua utilização como substituição do cimento*. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

NAKAMURA, J., 2003, "Todas as cores do concreto". *Revista Técnica*, ed. 81. Não paginado. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/81/artigo287289-1.aspx>> . Acesso em: Abril/2014.

NÁRLIR, G., 2010, "Fôrma de alumínio para parede de concreto". *Revista Guia da Construção*, São Paulo, n. 106, pp. 14-15, mai.

NERO, J., NUNES, A., 1999, *Fundamentos para a prescrição e utilização do betão branco*. Secil Cimentos, Portugal.

NEVILLE, A., 1997, *Propriedades do Concreto*. 2 ed. São Paulo, Pini. Traduzido por Salvador E. Giammusso.

NUNES, V., 2011, *Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado*. Dissertação de M. Sc., Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil.

OKAMURA, H., 2003, "Self-compacting concrete". *Journal of Advanced Concrete Technology*, v. 1, n. 1, pp. 5-15, April. Disponível em: <http://www.jsatge.jst.go.jp/article/jact/1/1/5/_pdf>. Acesso em Dezembro/2014.

OLIVEIRA, C., 2009, "Avaliação de Desempenho de Habitações Sociais: Patologias Internas". *VI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção*, João Pessoa, PB, Brasil, 21-23 Outubro.

PACHECO, F., 2012, *Sistema parede de concreto: Elaboração de listas de verificação para aprimorar a execução dos serviços*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

PALLÁS, O., 2002, "La fabricación del cemento blanco". In: *Cemento-Hormigón*. Madrid, Ediciones Cemento S. L., n. 843, pp. 10-20.

PANDOLFO, A., 2007, "Edificações com paredes de concreto". *Revista Técnica*, ed. 118, jan. Não paginado. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/118/artigo285675-1.aspx>>. Acesso em: Novembro/2014.

PASSUELO, A., 2004, *Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

PEDROSO, F., 2012, *Programa Fundo Nacional de Habitação Social no Município de Júlio de Castilhos: Implementação e Resultados*. Monografia de conclusão do Curso de Especialização em Gestão Pública Municipal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

PETRUCCI, E., 1987, *Concreto de cimento Portland*. ed. 11, Rio de Janeiro, Globo.

PIOVESAN, A., 2009, *Estudo sobre a influência da adição de pigmentos em propriedades de durabilidade e na cromaticidade do concreto de cimento Portland branco*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

PONZONI, J., 2013, *Paredes de concreto moldadas in loco: Verificação do atendimento às recomendações da norma NBR 16055/2012 nos procedimentos executivos em obra de edifício residencial*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 1999, "What is white cement?". In: *Concrete Technology Today*. Illinois, Portland Cement Association, v. 20, n. 1. Disponível em: <<http://www.cement.org>>. Acesso em Maio/2014.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 1999b, "White cement concrete and colored concrete construction". In: *Concrete Technology Today*. Illinois, Portland Cement Association, v. 20, n. 3. Disponível em: <<http://www.cement.org>>. Acesso em Maio/2014.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 2002, "White concrete: new avenues of safety". In: *Concrete Information*. Illinois, Portland Cement Association. Disponível em: <<http://www.cement.org>>. Acesso em Maio/2014.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, 2003, "White surfaces reflect light better than darker surfaces". In: *Concrete Report*. Illinois, Portland Cement Association. Disponível em: <<http://www.cement.org>>. Acesso em Maio/2014.

REPETTE, W., 2008, "Concreto autoadensável: características e aplicação". *Revista Técnica*, São Paulo, ano 16, n. 135, pp. 56-60, jun.

Revista pisos industriais. "Pigmentos para concreto – matéria prima, 5ª ed". Disponível em: <<http://www.pisosindustriais.com.br/materiais/noticia.asp?ID=106>>. Acesso em Junho/2014.

RIVERA, A., 2007, *Estruturas de concreto arquitetônico: projeto, execução e recebimento*. Disponível em: <<http://www.ipt.br/externo.php?url=http://aleph.ipt.br/F>>. Acesso em: Maio/2014.

RIZZON, A., 2006, *Determinação do coeficiente de difusão de cloretos e da vida útil de projeto de concretos moldados com cimento Portland branco*. Dissertação de M.Sc., Universidade Luterana do Brasil, Porto Alegre, RS, Brasil.

ROJAS, D., 2001, "Durabilidade do concreto colorido". In: *Technical Service*, Bayer do Brasil, São Paulo, SP, Brasil.

ROJAS, D., 2003, "O Fenômeno da Eflorescência". In: *Soluções Construtivas*, Bayer do Brasil, São Paulo, SP, Brasil.

SANVITTO, M., 2010, *Habitação Coletiva Econômica na Arquitetura Moderna Brasileira entre 1964 e 1986*. Tese de D.Sc., Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

SEGAT, G., 2005, *Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: Estudo de caso em conjunto habitacional popular na Cidade de Caxias do Sul, RS*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Sidônio Porto Arquitetos Associados: Flextronics e Ipel – Categoria edifícios industriais. Disponível em: <<http://arcoweb.com.br/projetodesign/especiais/premio-asbea-2002-edificios-industriais-sidonio-porto-01-12-2002>>. Acesso em: Abril/2014.

SILVA, O., 2013, "Pavimento intertravado de concreto". *Revista Construção Mercado*, ed. 144. Não paginado. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/144/pavimento-intertravado-de-concreto-298818-1.aspx>>. Acesso e Setembro/2014.

SILVEIRA, O., 2005, *Manifestações patológicas em condomínios habitacionais de interesse social do município de Porto Alegre: Levantamento e estudo sobre a recorrência*. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

SOUZA, P., DAL MOLIN, D., 2002, “Verificação da influência do uso de metacaulim de alta reatividade, proveniente de rejeito industrial na resistência à compressão de concretos”. In: *Congresso Brasileiro do Concreto, 44º*, Belo Horizonte, MG, Anais... Belo Horizonte: Instituto Brasileiro do Concreto.

SUGAMOSTO, J., 2007, *Comparativo entre concretos produzidos com sílica ativa em pó e sílica ativa em forma de lama*. Monografia de Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

TABBAL, L., NALIN, N., 2012, “A estética e as manifestações que legitimam o sentimento de pertencimento na habitação de interesse social”. *2º Congresso Internacional de Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social, 53-D*, Porto Alegre, RS, Brasil, 28-31 Maio.

TEIXEIRA, A., 2012, “As Políticas Públicas de Habitação Social no Brasil: Avaliação Recente da Previsão do Instrumento de ZEIS nos Municípios Brasileiros”. *2º Congresso Internacional de Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social, 103-A*, Porto Alegre, RS, Brasil, 28-31 Maio.

Telhas de concreto – vantagens. Disponível em: <<http://www.decorlit.com.br/telhas-concreto-vantagens.html>>. Acesso em: Julho/2014.

Telhas de concreto. Disponível em: <<http://www.brasiltelhas.com.br/3490.html>>. Acesso em: Outubro/2014.

The Carreras Black Cat Factory. Disponível em: <http://www.jannaludlow.co.uk/Art_Deco/Black_Cat_Factory.html>. Acesso em: Março/2014.

TUTIKIAN, B., 2007, *Proposição de um método de dosagem experimental para concretos autoadensáveis*. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

TUTIKIAN, B., DAL MOLIN, D., CREMONINI, R., LAMARCA, R., VIECILI, F., 2005, “A comparison of production coast using conventional concrete and self-compacting concrete in Brazilian precast”. In: *International Rilem Symposium on Self-Compacting Concrete*, Chicago, USA.

VIEIRA, G., SILVA, C., 2010, “Manual de Concreto Estampado e Concreto Convencional Moldados *in loco*: Passeio Público”. *Associação Brasileira de Cimento Portland*, São Paulo, ABCP, ed. 1, 36 p., fev.

WENDLER, F., 2012, "Paredes de concreto em habitações: velocidade com qualidade". In: *Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural*, São Paulo. Anais... São Paulo, Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural.