



Universidade Federal da Bahia



PRÊMIO OAS/EP-UFBA

INOVAÇÃO, PRODUTIVIDADE  
E EMPREENDEDORISMO  
NA ENGENHARIA CIVIL

INOVAÇÃO, PRODUTIVIDADE E  
EMPREENDEDORISMO NA ENGENHARIA CIVIL  
**MELHORES DE 2012**



Universidade Federal da Bahia





PRÊMIO OAS/EP-UFBA  
INOVAÇÃO, PRODUTIVIDADE  
E EMPREENDEDORISMO  
NA ENGENHARIA CIVIL

INOVAÇÃO, PRODUTIVIDADE E  
EMPREENDEDORISMO NA ENGENHARIA CIVIL  
**MELHORES DE 2012**



PRÊMIO OAS/EP-UFBA  
INOVAÇÃO, PRODUTIVIDADE  
E EMPREENDEDORISMO  
NA ENGENHARIA CIVIL

INOVAÇÃO, PRODUTIVIDADE E  
EMPREENDEDORISMO NA ENGENHARIA CIVIL  
**MELHORES DE 2012**

1ª Edição • Rio de Janeiro • 2013  
Kohav Comunicação



Universidade Federal da Bahia



## COMISSÃO JULGADORA

Eng. Antonio Carlos Passos (OAS)  
Eng. Henrique Martinez Andion (OAS)  
Prof. Tatiana Bittencourt Dumêt (EP-UFBA)

## PRODUÇÃO EDITORIAL

Dayana Bastos Costa  
Tatiana Bittencourt Dumêt

## CAPA

Paulo Vinicius Scocuglia Martines

## PROJETO GRÁFICO

Kohav Comunicação

## DIREÇÃO DE ARTE

Ana Felix (Kohav Comunicação)

## REVISÃO

Fátima Regina Chaves da Silva

## PRODUÇÃO GRÁFICA

Alexandre Melo (Kohav Comunicação)

## IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Gráfica Colorset  
21 3483.9100 | 21 2589.3676 (fax)  
comercial@graficacolorset.com.br | www.graficacolorset.com.br

## IMPRESSO NO BRASIL

2013

## DADOS INTERNACIONAIS PARA CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Guimarães, Caroline Duarte.

Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil: melhores de 2012 / Caroline Duarte Guimarães; Thiago Silva de Sena; Manoel Rodrigo Nicodemos Candido; Diego Alves de Matos; Jaime de Jesus Kalil; Beatriz Salles Messeder; André Luiz Andrade Cardoso; Ana Paula Araujo; Vanessa Ribeiro Peixoto da Matta; Mariana Lima Correia; Dayana Bastos Costa; Emerson de Andrade Marques Ferreira; Antonio Sérgio Ramos da Silva; Jardel Pereira Gonçalves; Daniel Vêras Ribeiro. – Bahia, 2013.

184 p.; 150cm x230 cm.

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-85-67064-00-0.

1. Inovação. 2. Produtividade. 3. Empreendedorismo. 4. Engenharia Civil. I. Universidade Federal da Bahia. II. Escola Politécnica. III. OAS. IV. Título.

<i>Mensagem da OAS</i>	7
.....	
<i>Análise de indicadores de produtividade e perdas na fase de estrutura de obras de edificações</i>	9
.....	
<i>A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos</i>	29
.....	
<i>A tecnologia BIM como ferramenta para levantamentos de quantitativos</i>	47
.....	
<i>Implantação de melhorias de qualidade nos processos construtivos em empreendimentos de habitação de interesse social</i>	63
.....	
<i>Uso do BIM no planejamento e controle da produção</i>	83
.....	
<i>Estudo de viabilidade entre revestimentos cerâmico e poliuretânico de alto desempenho</i>	101
.....	
<i>Uso de textura acrílica em revestimento de fachadas</i>	117
.....	
<i>Viabilidade econômica da execução de revestimento com argamassa projetada</i>	133
.....	
<i>Efeitos da adição do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) no desempenho das argamassas</i>	147
.....	
<i>Estudo de práticas sustentáveis aplicáveis em empreendimento habitacional de interesse social</i>	165

### *Caro leitor,*

O Prêmio OAS/EP-UFBA foi instituído em 2012 com o propósito de incentivar, nos futuros engenheiros, a postura empreendedora e a criação de soluções inovadoras para os desafios da engenharia, propiciando ganhos de produtividade e qualidade e assegurando a rentabilidade dos projetos.

Essa postura se torna cada vez mais necessária na atuação profissional e, seguramente, o será ao longo do tempo, uma vez que os desafios são crescentemente complexos, de maior porte e risco.

Estes desafios são, de fato, oportunidades que devem ser aproveitadas e enfrentadas com obstinação, vontade, motivação e, sobretudo, comprometimento e paixão. Também requerem do engenheiro uma formação ampla e de competências plurais, que deverá ser continuamente complementada.

Este prêmio também aprofunda a relação da OAS com a universidade, com base na convicção de que a busca pela evolução e melhoria constantes se torna muito mais eficaz quando universidade e empresa somam esforços.

Os 10 melhores trabalhos apresentados no prêmio compõem este livro e materializam esta parceria. Autores e seus orientadores compartilham aqui as suas contribuições, que, como facilmente constatará o leitor, têm relevância e aplicabilidade.

A OAS, empresa regida por valores como Garra, Confiança, Competência Profissional e Orientação para Resultados, e que busca em seus colaboradores este perfil de inovação, produtividade e empreendedorismo, entende que o incentivo à formação de profissionais cada vez mais comprometidos com a busca pela excelência é sua contribuição para a profissão e para a sociedade.

***Boa leitura!*** ●

# ANÁLISE DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE E PERDAS NA FASE DE ESTRUTURA DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES

Caroline Duarte Guimarães <sup>1</sup>

Dayana Bastos Costa <sup>2</sup>

## Resumo

“Atualmente, o setor da Construção Civil brasileira vem passando por um crescimento significativo. Empreendimentos de maior porte, com prazos de construção reduzidos, encontram-se desprovidos de mão de obra qualificada, principalmente nos serviços menos tradicionais – o que impacta diretamente na sua produtividade. Diante disso, surge a necessidade da mensuração e comparação dos indicadores de produtividade e perdas relacionados a processos construtivos entre diferentes empreendimentos. Por isso, o objetivo principal deste trabalho é implementar um sistema de indicadores para os processos construtivos de estrutura, por meio da mobilização do setor e comparação de seus desempenhos. Por sua vez, o método de pesquisa deste trabalho envolve as seguintes etapas: (a) *workshop* de sensibilização das empresas construtoras; (b) capacitação das pessoas no sistema de indicadores; (c) acompanhamento da implementação; (d) reunião de troca de resultados; e (e) formação de banco de dados. Esta pesquisa, por conseguinte, contribui para a criação de um banco de dados com informações sobre perdas e produtividade, que retratará o desempenho das obras de Salvador e fornecerá subsídios para planejamentos, orçamentos, avaliação de produtividade e desperdícios dentro da obra.”

**Palavras-chave** » medição de desempenho; produtividade; perdas.

<sup>1</sup> Engenheira civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [carol.duarte@gmail.com](mailto:carol.duarte@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Civil e professora do Departamento de Construção e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [dayanabcosta@ufba.br](mailto:dayanabcosta@ufba.br).

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o setor da Construção Civil brasileira vem passando por transformações, que vieram acompanhadas de uma mudança de característica no setor de edificações. O aumento da escala levou à concepção de empreendimentos de maior porte, aliada à necessidade de reduzir os prazos de construção para viabilizar os custos dos segmentos econômicos. Isso resultou em mudanças nas tecnologias construtivas. Assim, as empresas estão sendo induzidas ao desenvolvimento ou à incorporação de inovações para manter a competitividade.

Por outro lado, vem sendo observada uma escassez de mão de obra qualificada que vem impactando sobremaneira a produtividade dos serviços, principalmente aqueles processos menos tradicionais, como execução de fôrmas metálicas, paredes de concreto e argamassa projetada.

Observa-se, ainda, uma desatualização das composições de custos de orçamento em grande parte das obras, em razão de dados de produtividade que não refletem a realidade atual. Esta desatualização também tem forte impacto no planejamento da produção. Nesse sentido, observa-se grande variação entre custo real e custo orçado, assim como entre prazo previsto e prazo real.

Diante disso, surge a necessidade de mensuração e comparação de indicadores de processos construtivos voltados à produção, como produtividade e consumo de materiais, que possam ser comparáveis entre diferentes empreendimentos. Esses indicadores fornecem informações essenciais para o planejamento e controle dos processos gerenciais, possibilitando, ainda, o monitoramento e o controle dos objetivos e metas estratégicas (NEELY *et al.*, 1994).

O objetivo principal deste trabalho é implantar um sistema de indicadores de produtividade e perdas para processos construtivos relacionados à estrutura (fôrma, armadura e concreto), por meio da mobilização das empresas construtoras e comparação de seus desempenhos. O presente projeto foi financiado pela Comunidade da Construção da Bahia e pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

O sistema de indicadores foi concebido por um Grupo de Trabalho com base em discussões de estudos sobre o tema (OLIVEIRA *et al.*, 1995; ARAÚJO, 2000; SOUZA, 2005), em reuniões realizadas em São Paulo na Associação Brasileira de Cimento Portland, entre julho e setembro de 2011. Esses encontros tiveram a coordenação da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia e o envolvimento de representantes da Comunidade da Construção de Recife, Salvador, Belo Horizonte e Goiânia, além da Universidade de Pernambuco (UPE) e da GMO Engenharia. Como resultado, este grupo gerou uma versão inicial da publicação Sistema de indicadores de produtividade e perdas para processos à base de cimento: manual de utilização (Costa *et al.*, 2011).

## 2 MEDIÇÃO DE PERDAS E PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO

Nas últimas duas décadas, diversos trabalhos focados na medição de produtividade e perdas de processos construtivos, utilizando diferentes metodologias, já foram realizados para a Construção Civil do Brasil: Soibeman (1993); Oliveira *et al.* (1995); Santos *et al.* (1996); Agopyan *et al.* (1998); Araújo (2000); Souza (2005); e Souza (2006).

No presente trabalho, entende-se produtividade como a eficiência na transformação das entradas e saídas de um processo de produção (SOUZA, 2006), representada na Figura 1. De acordo com o referido autor, os materiais, equipamentos ou mão de obra são considerados itens de entrada. A produtividade da mão de obra pode ser definida, simplificada, como a eficiência na transformação do esforço humano em produtos de construção.



FIGURA 1 • Representação genérica de um sistema produtivo (ARAÚJO, 2000)

Araújo (2000) propõe que investir na melhoria da gestão da mão de obra, visando principalmente a melhoria da produtividade, é poder reverter ganhos aos trabalhadores e à própria empresa, como motivação dos funcionários, qualificação dos profissionais e rentabilidade para empresa.

Para a mensuração da produtividade, Souza (2005) propõe um indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP), que é igual ao número de homens-hora por quantidade de serviço, expressa na Figura 2. Logo, quanto menor a RUP, maior a produtividade (SOUZA, 2005).

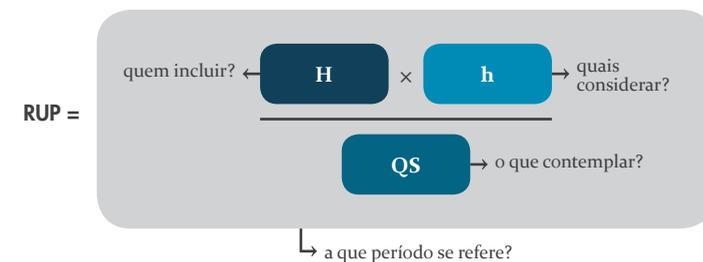


FIGURA 2 • Aspectos a padronizar quanto à mensuração da RUP (SOUZA, 2006)

Na Figura 2, “H” são os funcionários ligados somente ao serviço para o qual se quer descobrir a produtividade, “h” representa a hora normal efetivamente trabalhada e “QS” é a quantidade de serviço para o qual se está calculando a RUP. Essa razão pode ser medida com base diária, relativa ao dia trabalhado, ou cumulativa, que é relativa ao período que vai do primeiro dia em que se estudou a produtividade até o dia requerido e pode ser útil para obter previsões quanto ao andamento da obra em questão (ARAÚJO, 2000).

Araújo (2000) mostra em seu trabalho a produtividade de sete obras de São Paulo quanto à execução de estrutura: fôrma, armadura e concretagem, evidenciando os fatores que potencialmente influenciam na produtividade e no andamento do serviço. A Tabela 1 apresenta os resultados dos indicadores coletados por Araújo (2000) em seu estudo.

FÔRMA • Hh/m <sup>2</sup> DE FÔRMA					
Estatística	RUP ref. pilar	RUP ref. viga	RUP ref. laje	RUP ref. escada	RUP ref. global
<b>MEDIANA</b>	0,84	1,5	0,6	2,1	0,81
ARMAÇÃO • Hh/kg DE AÇO					
Tipo de fornecim. do aço	Estatística	RUP ref. pilar	RUP ref. viga	RUP ref. laje	RUP ref. global
<b>PRÉ-CORTADO/ DOBRADO</b>	Mediana	0,03	0,1	0,03	0,05
<b>EM BARRAS</b>	Mediana	0,06	0,09	0,05	0,06
CONCRETAGEM • Hh/m <sup>3</sup> DE CONCRETO					
Tipo	Estatística	RUP caminhão	RUP descarregamento	RUP ref. global sem supervisor	RUP ref. global com supervisor
<b>BOMBEADO</b>	Mediana	0,83	1,24	2,38	2,5

TABELA 1 • Indicadores de produtividade contemplados no estudo entre sete obras da cidade de São Paulo – Fonte: Araújo (2000)

Neste trabalho, foram analisadas a Razão Unitária de Produção por Pavimento (RUP<sub>pav</sub>), que corresponde à quantidade de homem-hora da equipe direta trabalhada em relação à quantidade de serviço do ciclo de coleta, ou seja, o pavimento tipo e a Razão Unitária de Produção Cumulativa (RUP<sub>cum</sub>) – que leva em conta o somatório das quantidades de homem-hora da equipe direta e o somatório da quantidade de serviço realizado durante o período de estudo.

Nos processos de fôrma e armadura usou-se a RUP global, que corresponde ao somatório das quantidades de homem-hora da equipe direta de todos os elementos estudados (pilar + viga + laje) em relação ao somatório da quantidade de serviço realizado durante o período de estudo para esses três elementos.

Já no processo de concretagem, o entendimento das variações na produtividade passa pela análise dos seus três componentes: velocidade de concretagem, tamanho da equipe e os tempos de concretagem (ARAÚJO, 2000), e, por isso, além da medição da RUP<sub>pav</sub> e RUP<sub>cum</sub>, foram medidos os “tempos de concretagem”, que permitem avaliar a produtividade.

As definições dos “tempos de concretagem”, de acordo com Araújo (2000), são:

- **TEMPO DE CAMINHÃO:** é o tempo que se leva para descarregar um caminhão;
- **TEMPO DE DESCARGA:** é o tempo compreendido entre o início da descarga do primeiro caminhão e o final da descarga do último caminhão;
- **TEMPO DE INÍCIO:** é o tempo que abrange o horário de início da disponibilização de pessoal e o início efetivo da concretagem (momento em que se inicia a descarga do concreto). Engloba eventuais alocações de pessoal antes da hora prevista para real início da concretagem, atraso e tempo para posicionamento do caminhão de concreto inicial;
- **TEMPO DE FINALIZAÇÃO:** é o tempo entre a finalização da descarga do último caminhão e o horário em que se encerra o turno de trabalho (quando nenhuma outra atividade se desenvolve na obra).

Esses tempos são importantes para a obtenção das RUPs da concretagem e estão evidenciados no Quadro 1.

NOMENCLATURA DAS RUPS	TEMPOS CONSIDERADOS (HORAS)	EQUIPE CONSIDERADA (HOMENS)	EQUAÇÃO
<b>RUP CAMINHÃO</b>	Caminhão (c)	Direta (di)	$\frac{H^{(di)} \times h^{(c)}}{VOLUME^{(caminhão)}}$
<b>RUP DESCARREGAMENTO</b>	Descarregamento (d)	Direta (di)	$\frac{H^{(di)} \times h^{(d)}}{VOLUME^{(total)}}$
<b>RUP GLOBAL SEM ENCARREGADO</b>	Início (i) Descarregamento (d) Finalização (f)	Direta (di)	$\frac{H^{(di)} \times h^{(i+d+f)}}{VOLUME^{(total)}}$
<b>RUP GLOBAL COM ENCARREGADO</b>	Início (i) Descarregamento (d) Finalização (f)	Direta (di) Supervisor (su)	$\frac{H^{(di+su)} \times h^{(i+d+f)}}{VOLUME^{(total)}}$

QUADRO 1 • RUPs de concretagens – Fonte: Araújo (2000)

Além dos dados de Araújo (2000), é possível ter, como referência, dados de outras comunidades da construção, como a de Belo Horizonte ou da TCPO (Tabela de Composições de Preços Orçamentários) (Tabela 3).

A medição da produtividade não deve ser restrita apenas a dados quantitativos, é preciso identificar e reconhecer os fatores que aumentam ou diminuem essa produtividade, tais como características do processo, projeto, motivação da mão de obra, horas-extras, rotatividade, absenteísmo, segurança e clima (OLIVEIRA *et al.*, 1995). O estudo de produtividade pode gerar os seguintes benefícios: (a) previsão da mão de obra para um dado serviço; (b) estimativa da duração dos serviços; (c) desenvolvimento e aperfeiçoamento dos métodos construtivos; (d) redução de custos; (e) aumento do nível de competitividade da empresa no mercado; (f) identificação de pontos críticos; e (g) adequação de seus projetos e orçamentos à sua realidade (CARRARO, 1998).

Em relação às perdas, estas devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação (FORMOSO *et al.*, 1998). Nesse caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor.

No presente trabalho, as perdas serão tratadas apenas do ponto de vista de consumo de materiais. Tais perdas são consequências de um processo de baixa qualidade, que traz como resultados uma elevação de custos e uma qualidade final deficiente (SANTOS *et al.*, 1996). O indicador utilizado para se calcular as perdas está exemplificado na Figura 3.

$$P (\%) = \frac{(C_{real} - C_{teórico}) \times 100}{C_{teórico}}$$

FIGURA 3 • Fórmula do indicador de perdas

Na fórmula do indicador de perdas, “ $C_{real}$ ” é o consumo real, que corresponde à quantidade realmente gasta para se executar o serviço, e “ $C_{teórico}$ ” é a quantidade de material – obtida do projeto – que é teoricamente necessária para execução dos serviços.

A Tabela 2 apresenta valores de referência para perdas de concreto, de acordo com diversos trabalhos.

ESTUDO	MATERIAL	ÍNDICE DE PERDAS (%)		
		Real	Usual	
SKOYLES (1976)	Concreto em infraestrutura	8	2,5	
	Concreto em superestrutura	2	2,5	

ESTUDO	MATERIAIS	PERDA DETECTADA (%)	EXPECTATIVA USUAL DE PERDA (%)	
PINTO (1989)	Concreto usinado	1,5	5	

ESTUDO	MATERIAL	OBRAS			MÉDIA
		A	B	C	
SOIBELMAN (1993)	Concreto	5,7	17,2	15,9	12,9

ESTUDO	MATERIAL	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA
LANTELME <i>et al.</i> (2001)	Concreto	100	0,5	17,7

ESTUDO	MATERIAL	VALOR DA PERDA (%)		
		Mediana (%)	Mínima (%)	Máxima (%)
FINEP/SENAI	Concreto usinado	9	2	23

TABELA 2 • Estudos referentes às perdas de materiais, especificamente de concreto, dentro da Construção Civil

Muito se discute sobre as perdas de materiais na Construção Civil. Além dos trabalhos exemplificados acima, uma referência bastante usada como parâmetro é a TCPO, que evidencia uma perda máxima de 5% no concreto usinado, por exemplo.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

O presente projeto envolve a realização das seguintes etapas: (a) sensibilização das empresas construtoras; (b) ciclos de implantação dos indicadores por processo construtivo (este trabalho aborda apenas o processo de estruturas), incluindo capacitação, acompanhamento da implantação nas obras e troca de resultados; e (c) formação do banco de dados.

O evento de sensibilização foi realizado no dia 28 de outubro de 2011, sendo que 15 empresas construtoras da região de Salvador interessaram-se em participar do trabalho. Nessa ocasião, as empresas participantes selecionaram os indicadores que tinham interesse em coletar, a partir do conjunto daqueles previamente desenvolvido pelo Grupo de Trabalho

(Costa *et al.*, 2011), conforme mencionado inicialmente. Os indicadores selecionados estão destacados no Quadro 2.

PROCESSO	PRODUTIVIDADE	PERDA DE MATERIAL (%)
ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO (PILAR, VIGA E LAJE)	Fôrma ( $Hh/m^2$ ), armadura ( $Hh/kg$ ) e concretagem ( $Hh/m^3$ )	Concreto usinado
ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM BLOCO DE CONCRETO	Elevação ( $Hh/m^2$ )	Bloco de concreto
ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCO DE CONCRETO	Marcação ( $Hh/m$ )	Bloco de concreto
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO	Aplicação de argamassa ( $Hh/m^2$ )	Argamassa industrializada

QUADRO 2 • Sistema de indicadores selecionados para se calcular produtividade e perdas de processos construtivos – Fonte: Costa *et al.* (2011)

Em relação aos ciclos de implantação dos indicadores, houve inicialmente uma capacitação, para os representantes das empresas e obras participantes, sobre a coleta e análise desses parâmetros, seguida de acompanhamento da implantação realizada, por meio de visitas semanais ou quinzenais às obras, para apoio na coleta. Essas visitas foram realizadas pelos bolsistas do projeto. Por fim, na última etapa, foram realizadas as reuniões de troca de resultados dos indicadores. Esses encontros envolveram uma apresentação dos dados coletados nas obras participantes, na qual os pontos positivos e oportunidades de melhorias do processo em análise foram destacados. Este artigo irá discutir, apenas, dados relativos ao processo de estrutura de três empresas participantes do grupo.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir, serão descritos os resultados de produtividade e perdas obtidos no processo de estrutura em três obras. Este estudo envolveu a coleta e a análise de dados no processo de estrutura de 11 ciclos na obra A, sete ciclos na obra B e seis ciclos na obra C, incluindo fôrma, armação e concretagem. Cada ciclo refere-se à execução de um pavimento tipo completo. Nas obras A e C, cada ciclo teve uma média de cinco dias, enquanto na obra B foram seis dias. O Quadro 3 apresenta uma caracterização geral das obras estudadas.

	Características gerais das obras	Características do processo de fôrma	Características do processo de armadura	Características do processo de concretagem
OBRA A	Em empreendimento residencial, com estrutura reticulada vigada e 13 pavimentos tipo.	Fôrmas pré-fabricadas, com peças constituídas por chapas de compensado plastificado. O sistema de escoramento e reescoramento era formado por torres metálicas. A equipe responsável pelo serviço era terceirizada e formada por dez carpinteiros e três ajudantes.	O aço utilizado era recebido já cortado e dobrado. Não havia pré-montagem dos pilares, mas isso era feito nas vigas e lajes. O transporte da armadura era feito por uma minigrua até o pavimento requerido. A mão de obra era terceirizada e formada por oito armadores e oito ajudantes.	O concreto utilizado era usinado e transportado por bomba estacionária apoiada em cavaletes. A equipe variava conforme o elemento concretado: para pilares, um pedreiro e sete ajudantes; para vigas e lajes, de três a cinco pedreiros e de sete a dez ajudantes.
OBRA B	Em empreendimento residencial, com estrutura reticulada vigada e 21 pavimentos tipo.	Fôrmas pré-fabricadas, com peças constituídas por madeira serrada e chapas de compensado resinado. O sistema de escoramento e reescoramento era formado por torres metálicas. A equipe responsável pelo serviço era terceirizada e formada por oito carpinteiros e nove ajudantes.	O aço utilizado na obra era recebido já cortado e dobrado. Era feita a pré-montagem dos pilares, das vigas e lajes. O transporte da armadura era feito por uma minigrua até o pavimento requerido. A mão de obra era terceirizada e formada por quatro armadores e três ajudantes.	O concreto utilizado era usinado e transportado pela bomba estacionária e, sempre que preciso, pela minigrua. A equipe era formada por uma média de quatro pedreiros e dez ajudantes, independentemente do local a ser concretado.
OBRA C	Em empreendimento residencial, com estrutura reticulada vigada e duas torres com 22 pavimentos tipo cada.	Fôrmas pré-fabricadas, com peças constituídas por chapas de compensado plastificado. O sistema de escoramento e reescoramento era formado por torres metálicas. A equipe responsável pelo serviço era terceirizada e formada por seis carpinteiros e sete ajudantes.	O aço utilizado na obra era recebido já cortado e dobrado. Era feita a pré-montagem dos pilares, das vigas e lajes. O transporte da armadura era feito por uma grua até o pavimento requerido. A mão de obra era terceirizada e formada por sete armadores e dois ajudantes.	O concreto utilizado era usinado e transportado pela bomba estacionária ou pela grua (conforme o elemento concretado). A equipe era formada por uma média de quatro a cinco pedreiros e 15 ajudantes, independentemente do local a ser concretado.

QUADRO 3 • Características gerais dos processos das obras estudadas

### 4.1 Análises dos resultados de produtividade na estrutura das obras estudadas

A Tabela 3 apresenta o resumo de dados coletados nas obras A, B e C, assim como dados de referência da TCPO 14 (2011) e da Comunidade da Construção de Belo Horizonte (BH).

Comparando os dados das obras A, B e C, observa-se que as medianas das duas primeiras para a produtividade do carpinteiro na execução de fôrmas de pilares são bastante similares, porém bem inferiores às da obra C. O mesmo se aplica à produtividade das vigas e lajes. Isso pode ser devido à realocação da mão de obra por parte da empreiteira das obras A e B, o que não acontece na C, na qual todos os operários estão constantemente trabalhando em sua execução.

FUNÇÃO	OBRA A			OBRA B			OBRA C			REFERÊNCIAS		
	Min.	Máx.	Mediana	Min.	Máx.	Mediana	Min.	Máx.	Mediana	TCPO	BH	
<b>FÔRMA (Hh/m<sup>2</sup>)</b>												
RUP PILAR	carpinteiro	0,36	0,83	0,63	0,45	0,72	0,61	0,15	0,25	0,20	0,56	1,96
	servente	0,04	0,24	0,13	0,19	0,56	0,42	0,13	0,30	0,24	0,14	1,96
RUP VIGA	carpinteiro	0,21	0,76	0,50	0,27	1,16	0,68	0,10	0,42	0,23	0,79	1,48
	servente	0,02	0,12	0,08	0,34	1,37	0,58	0,05	0,37	0,20	0,20	1,48
RUP LAJE	carpinteiro	0,19	0,52	0,36	0,12	1,11	1,03	0,26	0,41	0,35	0,42	1,48
	servente	0,03	0,12	0,07	0,09	1,11	0,77	0,35	0,47	0,41	0,11	1,48
<b>ARMAÇÃO (Hh/kg)</b>												
RUP PILAR	armador	0,01	0,08	0,03	0,03	0,08	0,07	0,04	0,09	0,07	0,03	5,25
	servente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	5,25
RUP VIGA	armador	0,02	0,07	0,04	0,01	0,10	0,08	0,05	0,10	0,06	0,10	5,25
	servente	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	5,25
RUP LAJE	armador	0,20	0,50	0,32	0,03	0,11	0,09	0,03	0,04	0,03	0,03	5,25
	servente	0,03	0,15	0,06	0,01	0,05	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	5,25
<b>CONCRETAGEM (Hh/m<sup>3</sup>)</b>												
RUP PILAR	pedreiro	0,15	0,88	0,24	0,44	2,46	1,58	0,62	1,35	0,94	1,62	1,96
	servente	1,01	2,49	1,51	2,22	3,08	2,64	0,94	2,03	1,40	1,62	1,96
RUP VIGA + LAJE	pedreiro	0,44	0,94	0,53	0,03	1,17	0,85	0,91	1,60	1,12	1,62	1,96
	servente	0,48	1,72	1,12	0,34	1,49	1,00	1,82	3,08	2,14	1,62	1,96

TABELA 3 • Valores das RUPs encontradas nas obras avaliadas e valores de referências da TCPO e da Comunidade da Construção de Belo Horizonte

Com relação à mediana da produtividade dos serventes para o processo de fôrma nas três obras, observa-se uma maior eficiência na obra A, se destacando pela sua alta produtividade e pelo baixo número de serventes – a obra A utiliza um terço da quantidade de serventes usados na B e metade dos utilizados na C. É possível observar, também, que a obra B apresenta uma alta variabilidade de valores de produtividade de carpinteiros e serventes. Isso pode ser

atribuído ao fato da equipe ser formada por um número maior de serventes que o de profissionais, pela realocação constante da equipe para outras obras, ou ainda pelo não acompanhamento da execução do serviço pela equipe responsável. Isso mostra, ainda, que a obra C precisa desenvolver ações para minimizar atividades de fluxo, e, portanto, é a que possui um processo mais ineficiente.

Com base nos dados da TCPO 14 (2011) (Tabela 3), pode-se observar que a mediana da produtividade dos carpinteiros está acima do previsto pela TCPO, enquanto que a de serventes, em geral, está abaixo. Isso mostra uma inversão à estratégia das obras estudadas, principalmente na obra A, de maior uso de carpinteiros e menor uso de serventes. Quando comparamos os dados das obras A, B e C com os dados da Comunidade da Construção de Belo Horizonte (2010/2011) (Tabela 3), observa-se um desempenho superior nas obras analisadas em todas as etapas estudadas.

Quanto à armadura e analisando os dados das obras A, B e C, observa-se que a mediana da produtividade dos armadores da obra A na execução da armação dos pilares e vigas é superior às das B e C. Isso pode ser devido à quantidade de operários da obra A – que é maior do que a observada nas outras duas obras. Com relação à armadura de lajes, verifica-se, ainda, que o armador da obra A possui mediana de produtividade inferior às das outras duas obras, o que caracteriza a pior RUP dentre as obras e, logo, um desempenho ineficiente.

Com relação à mediana da produtividade dos serventes para o processo de armação nas três obras, observa-se uma maior eficiência na obra A para a execução de pilares e vigas, o que, por sua vez, não é verificado na execução da armadura de laje da mesma obra. A obra C, mesmo com 75% a menos de serventes que os utilizados na obra A e um terço a menos que os na B, se destaca por ter uma produtividade tão favorável quanto à da obra A.

De um modo geral, todas as obras precisam desenvolver ações para minimizar atividades de fluxo, sendo que cada obra precisa melhorar em um elemento estrutural: pilares, vigas ou lajes. É evidente que em comparação com os dados de referência da TCPO 14 ou da Comunidade de Construção de Belo Horizonte tem-se situação similar ou abaixo do previsto, e, por isso, os motivos para cada uma dessas ocorrências devem ser estudados.

Com relação à concretagem, quando se compara os valores medianos entre as obras A, B e C, observa-se, novamente, uma maior produtividade tanto de pedreiros quanto de serventes na obra A em relação à B e C. A exceção é a mediana de servente para pilar, na qual a obra C tem uma produtividade um pouco superior à da A. Nas obras estudadas, foi observada uma

maior ociosidade da equipe de concretagem no processo, valendo ressaltar que as três obras avaliadas tinham dimensionamento da equipe bem similar uma à outra.

Com base nos dados da TCPO 14 (2011) (Tabela 3), pode-se reparar que a obra A garante um desempenho superior quando comparado aos dados de referência. Já a obra B possui valores bem similares ao previsto pela TCPO quanto à produtividade dos profissionais, mas quanto à produtividade dos ajudantes é bem inferior – mostrando que o processo está ineficiente. Quanto à obra C, percebe-se que os profissionais, independentemente do local concretado, têm a produtividade superior aos dados de referência; porém, quanto aos serventes, nota-se uma produtividade inferior aos dados de referência na concretagem de vigas e lajes.

Para efeito de visualização da importância, será ilustrado alguns dos tempos de concretagem. Pelo indicador “Tempo de Início” (Figura 4), pode-se ver o atraso na chegada dos caminhões betoneira. Foi encontrada uma média de espera de caminhão em torno de duas horas e meia, chegando ao máximo de quase dez horas de espera nas obras estudadas. Isso significa que as equipes ficaram ociosas ou subutilizadas durante esse período, gerando perdas de tempo e de recursos físicos e financeiros.

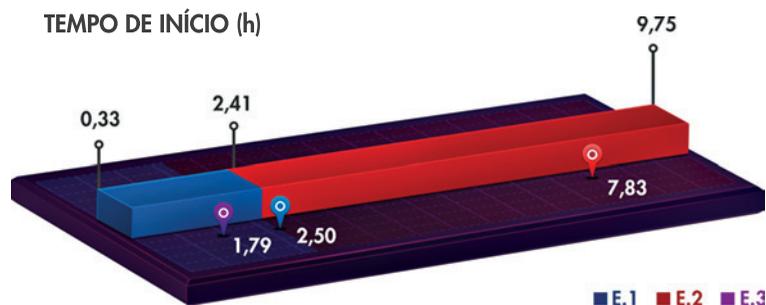


FIGURA 4 • Tempo de início de concretagem

O tempo de descarga do concreto pode ser avaliado pelo “Tempo de Caminhão”. O tempo médio para descarregar um caminhão na concretagem de pilar foi de 52 minutos, ao passo que o de laje foi de 21 minutos nas obras estudadas. Já o “Tempo de descarga” de todos os caminhões, ou seja, o tempo encontrado entre o início da descarga do primeiro caminhão e o final da descarga do último caminhão na concretagem das obras estudadas, foi em torno de duas horas para pilar e de quase seis horas para viga + laje, conforme as Figuras 5 e 6.

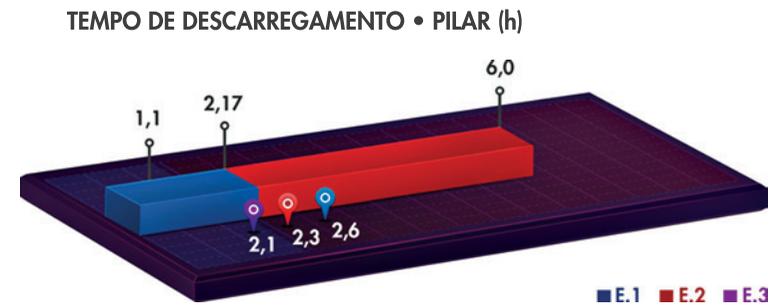


FIGURA 5 • Tempo de descarregamento para concretagem de pilar

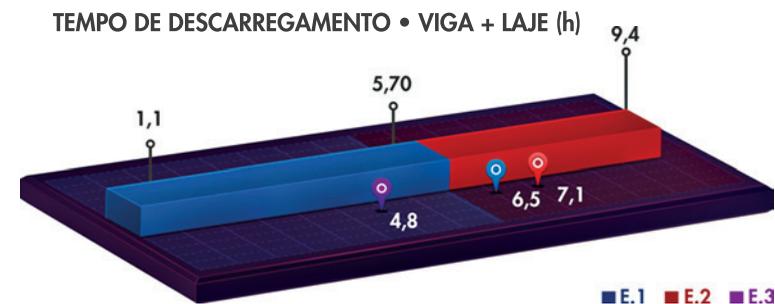


FIGURA 6 • Tempo de descarregamento para concretagem de viga + laje

## 4.2 Análises dos resultados de perdas das obras estudadas

As perdas avaliadas nas obras A, B e C são relativas ao concreto usinado utilizado nas concretagens de pilares, vigas e lajes.

Tanto para perdas como para produtividade adotou-se como referência a TCPO 14, que indica como máximo o valor de 5%. Observa-se que a obra A tem perdas maiores que 5%, e essas podem ser atribuídas ao pedido de concreto maior que o necessário, devido ao incorreto levantamento quantitativo feito pelo responsável do pedido, além da maior necessidade de controle na concretagem. Nas obras B e C houve uma perda de pilar maior que a aceitável; porém, para os demais elementos (vigas, lajes e complemento de pilar), as perdas são bastante reduzidas, como visto na Tabela 4.

Comparando as obras pelas medianas das perdas para cada elemento estrutural, é possível observar a amplitude do desperdício de cada obra. As três obras estudadas aproveitam essa perda em outros locais de periferia ou áreas de garagens. Porém, ainda não é a situação ideal:

o que deveria ser feito era passar a pedir o concreto das periferias e das garagens separadamente, e não aproveitar a sobra das concretagens executadas.

	OBRA A			OBRA B			OBRA C			REFERÊNCIA – TCPO
	Min.	Máx.	Mediana	Min.	Máx.	Mediana	Min.	Máx.	Mediana	
<b>PERDA PILAR</b>	4,36	8,70	7,43	2,56	10,53	5,89	3,95	14,35	6,55	5%
<b>PERDA COMPL. PILAR/VIGA/LAJE</b>	0,98	7,35	5,22	1,54	6,06	3,77	3,04	8,07	3,04	

TABELA 4 • Percentual de perdas encontradas nas três obras analisadas

### 4.3 Fatores influenciadores da produtividade e perdas no processo de estrutura

#### » PRODUTIVIDADE

##### « Geometria da fachada »

Possuir a geometria da fachada simples é um fator que influencia positivamente a produtividade, principalmente para a execução das fôrmas, uma vez que a mesma é formada por simples figuras geométricas, facilitando a execução da estrutura. Isso foi verificado nas obras A e C; já na B foi identificada a presença de uma curva na fachada frontal, dificultando a fabricação da fôrma e a execução da armadura.

##### « Logística do canteiro »

A logística do canteiro influencia tanto positivamente quanto negativamente: no caso da obra B, influenciou negativamente, pois possuía uma logística de canteiro muito apertada e desorganizada dos materiais; a obra A tinha uma organização e, por isso, a influência desse fator é analisada como sendo positiva. Já a obra C, por possuir duas torres, acabava ficando com o canteiro apertado, mas, como existia uma certa organização, isto não foi considerado um fator negativo.

##### « Densidade da armadura »

Foi verificado nos pilares de todas as obras que a diminuição da densidade da armadura da seção transversal, decorrente da elevação da estrutura, facilita a colocação da mesma e otimiza o tempo dos armadores nesta tarefa.

##### « Altura do empreendimento »

O número de pavimentos do edifício pode ser considerado um fator influenciador da produtividade, pois quanto mais alto o empreendimento, mais lenta é a concretagem. Na obra A, que possuía somente 13 pavimentos tipo, verificou-se que a altura não estava comprometendo a execução do serviço. Já nas outras obras, como o número de pavimentos era maior, percebeu-se uma tendência de piora na produtividade à medida que a altura aumentava.

##### « Equipamentos utilizados durante a concretagem »

Outro fator que influenciou positivamente a concretagem da obra A foi o uso da bomba estacionária para executar o bombeamento do concreto, pois este transporte é mais rápido do que o verificado por guias e elevadores (utilizando carrinhos de mão e jericas – verificado na concretagem somente de pilares da obra B). Na obra C, o transporte do concreto era feito pela grua, o que tornava o processo um pouco mais lento. Além disso, para facilitar a concretagem, já que as duas torres eram bem próximas uma da outra e isso dificultava um pouco a locomoção dentro do canteiro, foi adotado que elas seriam programadas para concretagem em dias diferentes, pois, devido à falta de espaço, era praticamente impossível a execução de qualquer serviço duplo.

##### « Tamanho e qualificação da equipe »

Quanto à equipe, observou-se que quanto maior seu tamanho há uma tendência de menor produtividade, uma vez que o controle desta equipe terá de ser maior e a divisão do trabalho terá de ser mais rígida, para que nenhum operário fique ocioso ou se torne improdutivo na execução da tarefa.

Na obra A verificou-se que a equipe de fôrma tinha um número razoável de operários para sua execução. Já a equipe de armação tinha uma quantidade de serventes muito grande, ocasionando ociosidade dos mesmos. Por sua vez, a equipe da concretagem podia ser enxugada dependendo do controle do encarregado, porém não comprometendo muito a produtividade, uma vez que o serviço era bastante intenso para todos os operários.

O importante para se avaliar o tamanho da equipe é a qualificação dos operários envolvidos no processo. No caso da obra A, isso é um fator influenciador positivo para a produtividade, pois a empreiteira responsável pela execução dos serviços de estrutura realizava treinamentos periódicos com sua equipe, com o objetivo de melhorar o desempenho de todos – o que propiciou a redução e qualificação da equipe necessária para a tarefa.

Quanto ao tamanho das equipes da obra B, o que se pode concluir é que na equipe de fôrmas existiam muitos serventes, e como a equipe era sempre realocada, possivelmente a em-

preiteira utilizava esse excedente para suprir a falta da mão de obra qualificada na execução da atividade. A equipe de armação possuía uma quantidade de operários satisfatória para sua execução. Quanto à equipe da concretagem, poderia se verificar com o encarregado a possibilidade de diminuir a quantidade dos ajudantes, para garantir um aumento da produtividade de todos os envolvidos. Como todos os operários recebem treinamento, mas não se visualiza melhoria em seu desempenho, pode-se perceber a ineficácia dos mesmos ou a ineficiência da mão de obra e, por isso, existe uma necessidade de melhoria na qualificação da mão de obra.

Quanto à obra C, notou-se no processo de armadura que a equipe possuía uma quantidade pequena de ajudantes, e em nenhum ciclo foi evidenciado o atraso na concretagem por problema com a mão de obra da armação. Com relação às fôrmas, a equipe tinha quantidade de serventes maior que a de profissionais, e poderia ser proposto com a empresa terceirizada a substituição de alguns ajudantes para melhorar a produtividade na execução do serviço. Mesmo com todos os operários recebendo treinamento, não se conseguiu melhorar a eficácia do processo na tentativa de um aumento do desempenho dos mesmos.

#### ◀ Apoio por parte dos encarregados ▶

Outro fator influenciador para o sucesso da implementação do projeto foi o apoio dos encarregados dos serviços avaliados, por contribuírem de forma satisfatória na coleta dos dados e por conscientizar os operários para que pudessem auxiliar os responsáveis nas coletas, mesmo quando os encarregados não estivessem – o que foi observado nas obras A e C.

#### ◀ Controle eficaz da qualidade ▶

Outro fator importante era o controle na execução dos serviços. As obras B e C possuíam fichas de verificação de serviços que eram preenchidas a cada ciclo para controle interno da empresa, visando melhoria do processo ao se avaliar o serviço e se verificar qual o ponto de maior falha na execução das atividades.

Este setor de controle na execução dos serviços é um fator importante para a produtividade, pois além de ajudar a cumprir os prazos, melhora o desempenho dos funcionários envolvidos, visto que a busca pela qualidade operacional passa a ser a única vertente procurada. Entretanto, foi observada uma ineficácia desse método pela forma como estava sendo adotado, pois não foi verificado um efeito de aprendizagem da produtividade ao longo dos ciclos de coleta de dados e do preenchimento destas fichas.

Dentre os principais problemas identificados foram: (a) a inexistência de acompanhamento por um setor específico de qualidade, para avaliar o preenchimento e andamento

da melhoria da produção com o uso das fichas; e (b) o fato das empresas de fôrma, armação e concretagem serem terceirizadas, o que dificultava a intervenção com os funcionários da obra para se aumentar o desempenho e, conseqüentemente, melhorar a execução do processo. Observando os dados, o que se pode concluir é que o preenchimento das fichas de cada serviço a cada ciclo não estava alcançando o objetivo esperado de obter grandes melhorias no desempenho dos serviços estudados.

#### » PERDAS

Foram identificados como fatores influenciadores das perdas a falta de cumprimento das obrigações da concreteira, pois muitas vezes o concreto chegava heterogêneo e era necessário devolvê-lo, e a má instalação da tubulação, que levava ao rompimento dessa última e ao aumento da perda, pois o material ficava no local do rompimento. Com isso, o concreto que ficava no caminhão betoneira acabava perdendo o prazo de validade, pois secava e ocasionava perdas por entupimento. Deve ser considerada ainda a negligência dos responsáveis ao não realizar o pedido do concreto na quantidade exata, o que evitaria desperdícios maiores.

### ***4.4 Oportunidades de melhorias para aumentar a produtividade e reduzir as perdas***

Analisando todo o exposto, fica evidente que é necessário: (a) melhorar a gestão, por meio da qualificação da equipe de obra, seja por mais treinamentos e maior fiscalização; (b) melhorar a logística de materiais para organizar o canteiro, realizando a manutenção e boa limpeza; (c) aumentar a responsabilidade da equipe de produção para obter o máximo de cada um dos envolvidos, definindo responsabilidades a fim de estabelecer uma equipe enxuta; e (d) melhorar o processo – na execução de fôrmas, por exemplo, pode-se formar uma equipe própria da construtora para reduzir a quantidade de serventes, realizar o uso de fôrmas prontas e de projetos de execução apropriados.

Na execução da armação, o ideal é realizar a pré-montagem de todos os elementos estruturais, além de adotar o uso de tecnologias como telas soldadas com pré-montagem e a armadura positiva, que até então não era pré-montada. Na execução da concretagem, o ideal é reduzir a equipe direta, além de usar a bomba-lança em pavimentos superiores aos que hoje

ela alcança. Para se reduzir as perdas, deve-se acompanhar o recebimento, o lançamento e conferir os serviços, além da possibilidade de ter silos de concretagens nas próprias obras, para evitar depender de concreteiras.

## 5 CONCLUSÃO

A análise dos dados deste trabalho mostra que existe uma melhoria em termos de produtividade no processo construtivo da obra A, até mesmo em relação a dados anteriores e à TCPO 14 – que é parâmetro para muitos orçamentos e planejamentos das construtoras atuais. A obra B, por sua vez, apresenta um potencial de melhoria que deve ser incrementado a partir da observação de fatores como o aumento no treinamento e na parceria com fornecedor e, também, uma melhor organização no canteiro. Quanto à obra C, é necessário incrementar as melhorias para se visualizar um aumento na produtividade. De um modo geral, verificou-se que o essencial é melhorar a postura de todos os envolvidos no processo nas obras analisadas, uma vez que não foi observado um efeito significativo de aprendizagem ao longo das coletas, sendo necessário cada gestor estudar a melhoria mais eficaz para suas construções.

Uma das dificuldades de operacionalização do presente projeto foi a realização do processo de medição das empresas. Apesar de muitas já utilizarem algum sistema de medição de produtividade e perdas, ainda existe uma resistência na coleta sistemática, bem como o uso das informações para tomada de decisão. Essas informações são utilizadas para verificar a eficiência no processamento do serviço. Caso o processo apresente uma alta variabilidade dos índices de produtividade, os possíveis motivos que podem estar induzindo a essa ineficiência devem ser analisados para que uma decisão seja tomada. Neste sentido, pode-se, por exemplo, aumentar a ênfase na gestão da qualidade e na realização de treinamentos mais eficazes e periódicos da mão de obra; promover melhoria na tecnologia, analisando cuidadosamente a relação custo/benefício; e também buscar a eliminação de atividades que não agregam valor, como transporte, estoque e inspeção. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. O. C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – USP, São Paulo, 2000.

CARRARO, F. **Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1998.

COSTA, D. B. *et al.* **Sistema de indicadores de produtividade e perdas para processos à base de cimento:** manual de utilização – UFBA, Salvador, 2011.

FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN, L. Perdas na Construção Civil: conceitos, classificações e indicadores de controle. **Egatea – Revista da Escola de Engenharia da UFRGS**, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 45-53, 1998.

NEELY, A. *et al.* *Realizing strategy through measurement.* **International Journal of Operation & Production Management**, Bradford, v. 15, n. 3, p. 140-152, 1994.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E. M. V.; FORMOSO, C. T. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade na Construção Civil:** manual de utilização. Porto Alegre: Sebrae/RS, 1995.

SANTOS, A. *et al.*, **Método de intervenção para redução de perdas na Construção Civil:** manual de utilização. Porto Alegre: Sebrae/RS, 1996.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edifícios:** sua incidência e seu controle. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 1993.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra:** manual de gestão da produtividade na Construção Civil. São Paulo: Editora Pini, 2006. 100 p.

\_\_\_\_\_. **Como reduzir perdas nos canteiros:** manual de gestão do consumo de materiais na Construção Civil. São Paulo: Editora Pini, 2005. 128 p.

\_\_\_\_\_. **Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical.** In: TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS. PCC-EPUSP, 1998, São Paulo. p. 237-48. Disponível em: <[www.piniweb.com.br/construcao/noticias/produktividade-da-mao-de-obra-82194-1.asp](http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/produktividade-da-mao-de-obra-82194-1.asp)>. Acesso em: 12 abr. 2012.

**TCPO:** Tabelas de composições de preços para orçamentos. 14. ed. São Paulo: Editora Pini, 2011.

# A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Thiago Silva de Sena <sup>1</sup>

Emerson de Andrade Marques Ferreira <sup>2</sup>

## Resumo

“ Este artigo tem como objetivo principal a aplicação e avaliação do uso da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. Foram realizadas pesquisas bibliográficas acerca das aplicações e benefícios do BIM, dos procedimentos de detecção de interferências com a sua utilização, e das limitações do CAD 2D para a compatibilização. Para o estudo de caso foi utilizado um modelo BIM de um pavimento tipo de uma edificação comercial com os projetos de arquitetura, estrutura e instalações. Partindo do levantamento bibliográfico com a identificação das principais incompatibilidades encontradas em projetos de edificações, foi elaborado um roteiro para a aplicação das ferramentas de *clash detection* no modelo estudado. As interferências encontradas foram agrupadas por disciplinas confrontadas e devidamente caracterizadas. Após a caracterização das mesmas, foram feitas as análises dos problemas encontrados, com exposição de dados, particularidades e discussão de soluções. Ao final, foi possível constatar que mais de 90% das interferências foram verificadas com a utilização de recursos de identificação automática, permitidos pelas ferramentas BIM. ”

**Palavras-chave** » modelagem de informação da construção; BIM; compatibilização de projetos; *clash detection*; interferências.

<sup>1</sup> Engenheiro civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [t.silva.sena@gmail.com](mailto:t.silva.sena@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Civil e professor do Departamento de Construção e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [emerson@ufba.br](mailto:emerson@ufba.br).

# 1 INTRODUÇÃO

Ainda que a Construção Civil no Brasil tenha passado por forte expansão nos últimos anos, o setor ainda carece de uma maior industrialização e avanços tecnológicos, especialmente no uso de tecnologia da informação na gestão de obras. Diversos problemas ligados à Construção Civil ocorrem devido à ineficiência na comunicação e transmissão de informações entre equipes participantes de um empreendimento.

Nesse sentido, a Modelagem de Informação da Construção – BIM (*Building Information Modeling*) surge como um dos maiores avanços do setor. O BIM é uma nova metodologia e tecnologia, que consiste na construção de um modelo virtual da obra contendo informações e propriedades dos elementos associados aos objetos do modelo tridimensional. Os benefícios relacionados a este conceito são inúmeros, pois com o BIM se tem em mãos um modelo virtual que permite testes, análises e simulações de comportamento da construção desde as fases iniciais do projeto.

Em muitos países, o BIM é amplamente utilizado para diversas aplicações, especialmente para a compatibilização de projetos. A inconsistência na coordenação de projetos e os erros e atrasos decorrentes de interferências são problemas recorrentes nas construções brasileiras. No Brasil, a utilização predominante do modelo atual de representação de projetos, baseado em desenhos bidimensionais (CAD 2D), pode gerar diversos problemas de incompatibilidades, que causam atrasos e desperdícios de recursos, afetando a qualidade do produto final. Por isso, este trabalho visa à aplicação e à avaliação da compatibilização de projetos em um modelo BIM, com a utilização de ferramentas de detecção automática (*clash detection*).

## 2 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

### 2.1 Conceitos e características do BIM

Para o sucesso de um projeto é de fundamental importância que as informações e representações sejam perfeitamente compreendidas por todas as partes envolvidas na construção. Ciente disto, a indústria da Construção Civil tem buscado uma melhor representação do espaço construído e aplicação dos recursos computacionais na gestão de projetos, visando

aperfeiçoar a elaboração dos mesmos e também otimizar as informações extraídas e o fluxo de informações entre equipes participantes.

Segundo Addor *et al.* (2010), a modelagem de informação da construção muda completamente o processo de projeto e construção, partindo de uma realidade bidimensional para uma n-dimensional. Para Eastman *et al.* (2011), “BIM é uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção.” Já para Kymmell (2008), BIM é uma simulação do projeto com *links* para todas as informações associadas ao planejamento, construção, operação e desativação de uma edificação.

Uma grande diferença entre um projeto feito em BIM e um feito no modelo tradicional é que um modelo BIM contém todas as informações necessárias para a representação e construção, simplificando as relações entre os agentes envolvidos no processo, como pode ser visto na Figura 1. As informações associadas aos elementos tridimensionais do modelo abrangem diversos aspectos, como geometria, materiais constituintes, quantidades, custo, dentre outros. Desse modelo único pode-se extrair vistas, cortes e documentos necessários para a construção.

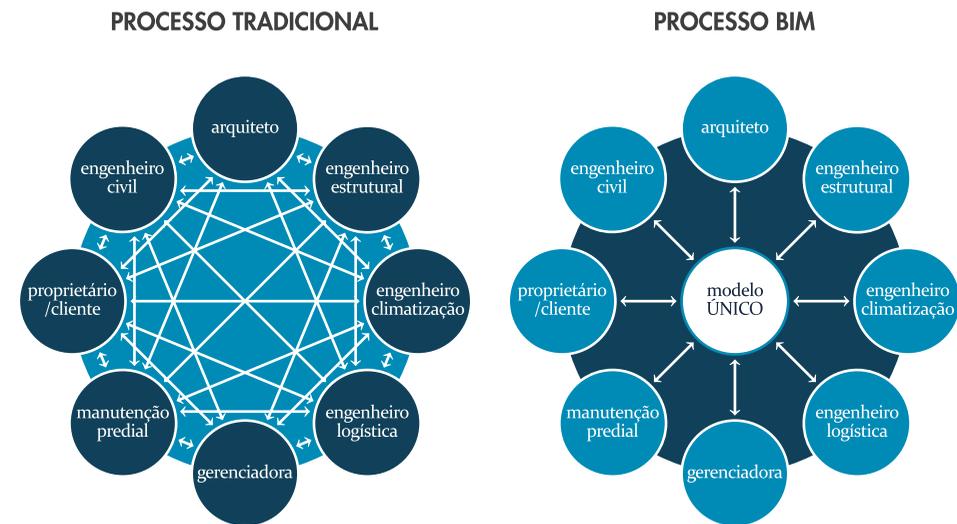


FIGURA 1 • Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto (GOES; SANTOS, 2011)

Dentre os conceitos que estão por trás do BIM, destacam-se a modelagem paramétrica e a interoperabilidade. A modelagem paramétrica vem a ser a representação computacional

por meio de parâmetros e atributos. Os objetos que constituem o modelo são representados por meio de propriedades e regras que, dentre outras coisas, definem sua geometria e comportamento perante outros objetos. Essa representação por regras e interação com outros elementos fornece ao modelo uma grande capacidade de automação, pois permite que o sistema atualize de forma automática todo o projeto quando um objeto é modificado (EASTMAN *et al.*, 2011).

Já a interoperabilidade é um conceito fundamental para a construção de um modelo único, pois representa a capacidade de troca de informações entre aplicativos distintos de forma eficiente, sem que haja perda de dados. Os diversos projetistas que atuam na construção de um modelo único podem usar diferentes *softwares*, com distintas extensões de arquivos, o que exige que a junção em um único arquivo não sofra perda de informações. “Com a interoperabilidade se elimina a necessidade de réplica de dados de entrada que já tenham sido gerados e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos, durante o processo de projeto.” (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Buscando padronizar a troca de informações, foi criado um formato aberto de troca de dados chamado *Industry Foundation Classes* (IFC), que atualmente é o formato mais utilizado.

## 2.2 Benefícios da aplicação do BIM na Construção Civil

Os benefícios associados à utilização do BIM ocorrem em todas as fases do projeto e perduram por todo o ciclo de vida de um empreendimento. As vantagens trazidas geram redução de mão de obra e, também, melhora nos projetos, no gerenciamento das construções e na utilização de recursos. Segundo Hergunsel (2011), na fase de concepção e elaboração dos projetos é onde as aplicações do BIM têm potencial para gerar maior redução de custos, pois nessa fase a equipe de projetistas e engenheiros pode realizar simulações e testes, sendo possível antecipar e solucionar problemas antes que ocorram durante a construção.

Como já dito, o campo de aplicações do BIM para a Construção Civil é vasto e vai muito além da compatibilização de projetos. A seguir, são listadas algumas das principais aplicações:

- **PLANEJAMENTO E MONITORAMENTO DA CONSTRUÇÃO:** os objetos do modelo 3D podem ter um *link* direto com o cronograma de atividades executado em planilhas ou *softwares* de planejamento. Com o planejamento 4D (3D + tempo), é possível realizar estudos de esto-

que de materiais necessários, logística de canteiro e implantação de equipamentos temporários, além de permitir prever possíveis gargalos durante a construção.

- **ESTIMATIVAS DE CUSTOS:** os dois principais elementos nas estimativas de custo são o levantamento de quantitativos e a composição de preços (HERGUNSEL, 2011). O grande diferencial é que, em um modelo formado por objetos paramétricos, a extração de quantidades é feita de forma mais precisa, rápida e automática, com mínima intervenção humana. A maioria dos *softwares* de modelagem permite a geração de tabela de quantidades com custo de objetos específicos.

- **VISUALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO:** como o modelo é tridimensional e permite a geração de cortes e vistas em qualquer ponto, a capacidade de visualização das informações contidas é muito maior no BIM. Além disso, as informações podem estar agrupadas em um único arquivo, o que também facilita a compreensão e, principalmente, a coordenação de projetos.

- **ANÁLISES DIVERSAS E SIMULAÇÕES DE CENÁRIOS:** por se tratar de uma construção virtual que simula a real, o modelo BIM se torna uma poderosa ferramenta de testes e análises. Faz-se necessário ressaltar que a capacidade de análise do modelo está diretamente ligada à qualidade e quantidade de dados de entrada fornecidos pelo usuário. A depender dos dados de entrada, é possível realizar simulações de custo com a utilização de distintos materiais, análises de desempenho acústico e energético, dentre outras.

## 3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

### 3.1 Conceitos de compatibilização

A fase de concepção e elaboração de projetos é de extrema importância para o sucesso de um empreendimento. A qualidade na elaboração e coordenação de projetos tem um grande impacto, podendo afetar os custos, prazos e qualidade do produto final. Segundo Oliveira e Freitas (1997), apesar da etapa de execução ser responsável por grande parte do custo de um empreendimento, é na fase de projeto que se define entre 70 e 80% do custo total de uma edificação.

O projeto é constituído apenas pela representação documentada da construção, mas também por um processo intenso de troca de informações entre equipes multidisciplinares. Porém, nem sempre essa troca de informações ocorre de forma eficiente e coordenada, e problemas como as incompatibilidades de projetos são recorrentes, já que o número de subsistemas

em um empreendimento é imenso, bem como o de interlocutores. Daí surge a importância e necessidade da compatibilização de projetos.

O principal objetivo da compatibilização é evitar que os projetos contenham interferências entre as diversas disciplinas, além de erros que possam gerar atrasos e desperdícios durante a construção. Para Mikaldo Jr. e Scheer (2008), a compatibilização de projetos pode ser definida como a atividade que torna os projetos compatíveis, proporcionando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento real.

“ *A compatibilização compõe-se em uma atividade de gerenciar e integrar projetos afins, visando o perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade da obra. Busca-se, assim, a otimização e a utilização de materiais, tempo e mão de obra, bem como as posteriores manutenções. Compreende, também, a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências geométricas entre os subsistemas da edificação (CALLEGARI; BARTH, 2007).* ”

O conceito de compatibilização também está intimamente ligado ao de construtibilidade, que, segundo Rodríguez e Heineck (2003), refere-se ao emprego adequado do conhecimento e da experiência técnica em vários níveis para racionalizar a execução dos empreendimentos, enfatizando a inter-relação entre as etapas de projeto e execução. Para muitos autores, a separação entre a atividade de projeto e a construtiva é uma das causas do surgimento de incompatibilidades. Pensando na melhoria da interface projeto-execução, Melhado *et al.* (2005) propõem o projeto para produção, que visa integrar o projeto à obra, com detalhamento de todo processo construtivo e soluções adequadas.

### 3.2 Limitações do CAD 2D para a compatibilização

O modelo de projetos mais utilizado atualmente é baseado em CAD 2D, no qual os desenhos bidimensionais são representados por *layers* (camadas sem objetos paramétricos) e estão totalmente sujeitos a interpretações humanas. Além disso, um único empreendimento pode

ter um grande número de documentos (projetos e memoriais), o que gera uma grande fragmentação da informação. Os motivos citados podem ser considerados como os principais responsáveis pelo processo de detecção de interferências físicas, com o uso do CAD 2D, ser falho, árduo e ineficaz.

Segundo Ferreira e Santos (2007), dentre as principais limitações do CAD 2D para a compatibilização de projetos, estão:

- **AMBIGUIDADE:** a mesma representação pode ser interpretada de mais de uma forma, mesmo que adicionada de notas, símbolos ou esquemas.
- **SIMBOLISMO:** o objeto é representado por um símbolo cujas dimensões e formas não têm relação com o objeto real que representa.
- **OMISSÃO:** na tentativa de tornar o desenho mais “limpo”, algumas informações consideradas óbvias para os projetistas são omitidas, e podem afetar a interpretação do projeto por parte de outros envolvidos.
- **SIMPLIFICAÇÃO:** o projetista simplifica uma determinada representação, alterando o volume real do objeto ilustrado.
- **FRAGMENTAÇÃO:** a fragmentação está relacionada à separação da informação em várias vistas ortográficas (planta, elevação, corte), e pode ser agravada com a eventual representação destas vistas em folhas separadas.

### 3.3 Detectando interferências com BIM

O processo de detecção de interferências em um modelo BIM pode ocorrer tanto durante a própria modelagem como após a junção dos componentes das diversas disciplinas de projeto. A necessidade da detecção de interferências no BIM, que comumente é chamada por sua expressão em inglês *clash detection*, surge do fato de que apesar de ser um modelo único, a modelagem dos subsistemas ocorre em diferentes plataformas e *softwares* de diversos fabricantes.

Por se tratar de um ambiente tridimensional e paramétrico, a capacidade de visualização em modelos BIM é muito maior, sendo mais fácil detectar interferências e erros nos projetos. Além dessa facilidade, os *softwares* de modelagem e os de coordenação possuem ferramentas automáticas de *clash detection*, sendo que os de coordenação têm ferramentas ainda mais poderosas, capazes de realizar testes mais elaborados.

Uma das grandes vantagens da compatibilização com BIM é a automação do processo de identificação de interferências. Todavia, a automação nos testes de *clash detection*, por vezes, identifica problemas que não são relevantes ou falsas interferências, por falha no processo de modelagem. Para Eastman *et al.* (2011), o resultado destes testes depende no nível de detalhamento dos modelos. Quanto mais detalhado e preciso for o modelo, mais eficiente será a detecção de interferências.

As interferências encontradas no BIM podem ser classificadas em três tipos:

- **HARD CLASH** – Ocorre quando há o choque físico entre dois objetos, quando ambos ocupam o mesmo espaço. É o tipo mais comum e prejudicial de interferência. Um exemplo é o choque entre tubulações horizontais ou entre tubulações e elementos da estrutura.

- **SOFT CLASH OU CLEARANCE CLASH** – São os conflitos que ocorrem sem o choque físico dos objetos. Ocorrem em elementos que demandam certa tolerância espacial livre dentro de um raio específico. Por exemplo, a execução de forro em placas de gesso, que para ser correta precisa de uma distância mínima para a passagem de tubulações entre ele e a laje.

- **4D CLASH OU WORKFLOW CLASH** – São conflitos que são detectados durante o sequenciamento de atividades ao longo do tempo de construção. Eles não são visíveis ao final do processo, mas somente durante etapas específicas da construção. São bastante úteis para checar conflitos dentro do canteiro de obras, com elementos como guias e máquinas que atuam temporariamente.

## 4 METODOLOGIA

O objetivo do estudo de caso proposto neste trabalho é a avaliação da compatibilização de projetos pelo processo de identificação de interferências em um modelo BIM. Para tanto, foi utilizado o modelo de um empreendimento comercial em fase inicial de anteprojeto, cedido por uma empresa do ramo de incorporação. O modelo cedido continha os projetos de estrutura, arquitetura e instalações (elétricas gerais, hidrossanitárias e combate a incêndio). Os modelos de cada uma das disciplinas foram recebidos em arquivos separados para a realização deste trabalho. Para o processo de compatibilização, os arquivos foram transformados em um modelo único com o auxílio dos *softwares* Revit e Navisworks da fabricante Autodesk.

A busca por interferências no processo de compatibilização requer conhecimento das interações entre os subsistemas da edificação. Como ponto de partida para a busca por incompatibilidades no modelo estudado foi feito um levantamento, com base em diversos estudos, sobre as mais recorrentes e principais interferências físicas encontradas em projetos de edificações. A partir das interferências listadas nesse levantamento, foram criadas seleções de objetos com potencial para gerar interferências, incluindo portas, pilares, tubulações horizontais, esquadrias metálicas, dentre outras. A etapa seguinte foi a de definição do modo de análise dos objetos confrontados, tendo sido utilizados os métodos: *hard clash*, *soft clash* e visual. Como exemplo, são apresentadas as principais interferências entre estruturas e instalações, no Quadro 1 a seguir.

DISCIPLINAS ANALISADAS	CARACTERÍSTICAS DAS INTERFERÊNCIAS	ITENS CONFRONTADOS	MODO DE ANÁLISE
EST. × INST.	Interseção de tomadas, interruptores e QD com pilares	Elementos de elétrica × pilares	Hard clash
	Passagem de tubulações interceptando pilares	Tubulações × pilares	Hard clash
	Interseção de dutos de ventilação com vigas e pilares sem previsão da passagem	Dutos de ventilação × vigas e pilares	Hard clash
	Furos de passagem que não foram previstos ou decorrentes de alterações de projetos	Tubulações horizontais × vigas	Soft clash
	Furos em lajes para passagem de prumadas com pouco detalhamento	Tubos de queda × lajes	Hard e soft clash
	Interseção de prumadas com vigas (geralmente em projetos com diversas formas)	Tubos de queda × vigas	Hard clash

QUADRO 1 • Levantamento de interferências entre estrutura e instalações

Os testes de *clash detection* foram realizados, inicialmente, com as seleções de objetos previstas na etapa de levantamento de interferências, e, posteriormente, com todos os itens das disciplinas confrontadas, para identificar interferências existentes que não foram previstas na etapa de levantamento inicial.

Os testes realizados geram relatórios que contêm, dentre outras coisas, a localização das interferências no modelo, propriedades dos objetos, data e hora da localização. Os relatórios gerados são a base das análises e caracterizações das interferências feitas ao longo do estudo de caso.

Um roteiro com a síntese da metodologia proposta é apresentado na Figura 2, com um exemplo de aplicação para avaliação de interferências entre portas, interruptores e tomadas.

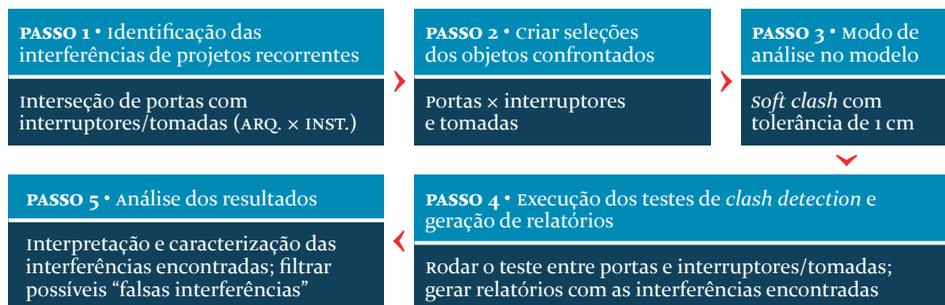


FIGURA 2 • Metodologia do estudo de caso

## 5 ESTUDO DE CASO: COMPATIBILIZAÇÃO EM UM MODELO BIM

### 5.1 Caracterização do modelo

O empreendimento do estudo de caso é uma edificação comercial composta de 40 pavimentos, com área total de aproximadamente 800 m<sup>2</sup> por pavimento. Para a realização do estudo de caso, foram utilizados os projetos de arquitetura, estrutura e instalações (hidrossanitárias, elétricas e combate a incêndio) de um pavimento tipo da edificação. Os modelos das disciplinas citadas foram cedidos por uma empresa incorporadora, cuja obra em estudo estava na etapa de anteprojeto.

Para facilitar a visualização e análises de interferências, os três modelos foram unidos e transformados em arquivo único, conforme a Figura 3 a seguir.

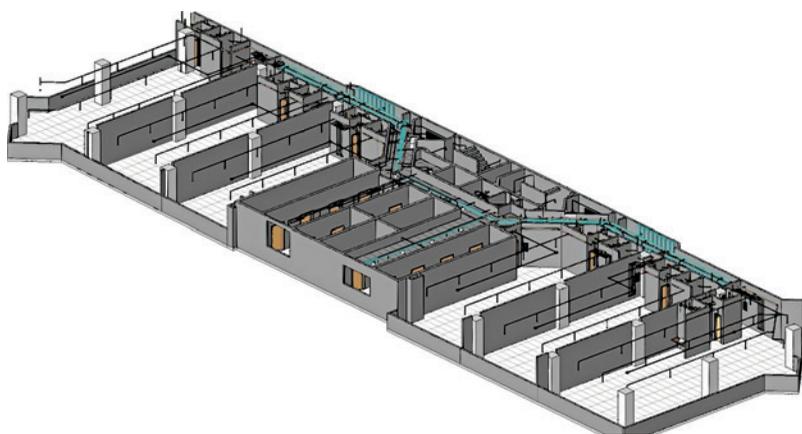


FIGURA 3 • Pavimento tipo do modelo estudado

### 5.2 Identificação e estudo das interferências no modelo

As interferências foram classificadas em seis grupos distintos, de acordo com as disciplinas confrontadas: Arquitetura × Estrutura, Arquitetura × Instalações, Estrutura × Instalações, Arquitetura × Arquitetura, Estrutura × Estrutura e Instalações × Instalações.

Inicialmente, os testes de interferência foram realizados para as seleções de objetos previstas na etapa de levantamento de interferências, de acordo com a classificação dos grupos de disciplinas relacionados. Na etapa seguinte, todos os objetos foram testados uns contra os outros para cada categoria.

O Quadro 2 a seguir demonstra um resumo das interferências encontradas nos testes, de acordo com as disciplinas e objetos confrontados.

DISCIPLINAS ANALISADAS	INTERFERÊNCIAS IDENTIFICADAS	MODO DE IDENTIFICAÇÃO	QUANT.
ARQ. × EST.	Portas × pilares	Soft clash	1
	Desalinhamento de pilares e paredes	Visual	4
	Vigas de elevadores com altura incorreta	Visual	8
ARQ. × INST.	Prumadas × shafts em drywall	Hard clash	33
	Interruptores e tomadas × alizar de portas	Soft clash	3
	Ausência de shaft	Visual	1
EST. × INST.	Pilares × caixas elétricas e tomadas	Hard clash	16
	Pilares × passagens de tubulações elétricas	Hard clash	10
	Pilares × tubulações hidráulicas	Soft clash	3
ARQ. × ARQ.	Portas de shafts × vãos internos	Hard clash	2
	Locação de portas × paredes em drywall	Soft clash	2
EST. × EST.	---	---	---
INST. × INST.	Tubulação de incêndio × eletrocalhas e perfilados	Hard clash	79
	Tubulação de incêndio × tubulação elétrica	Hard clash	7
	Tubulação de incêndio × tubulação de alarme	Hard clash	7
	Componentes elétricos × tubulação de incêndio	Hard clash	6
	Componentes elétricos × tubulação de alarme	Hard clash	1
	Tubulação de água fria × tubulação de esgoto	Hard clash	1

QUADRO 2 • Resumo das interferências encontradas

Foram identificados diversos problemas tanto com o uso do *hard* e *soft clash* como também por meio da visualização tridimensional. Pela quantidade e diversidade dos problemas encontrados, apenas alguns serão descritos mais detalhadamente.

Pelos testes de *soft clash* foram identificados problemas entre portas e pilares, entre interruptores e portas, entre pilares e tubulações hidráulicas, dentre outros. Os problemas listados com o uso do *soft clash* apresentam dificuldade de instalação e uso, como é o caso da interferência entre portas e pilares (Figura 4) e entre portas e interruptores (Figura 5), por exemplo.

A correta instalação das portas e interruptores exige um espaçamento mínimo com pilares, pois uma proximidade com esses elementos pode apresentar uma dificuldade na instalação. Para o caso do pilar x porta foi adotado o critério de espaço mínimo de 5 centímetros de tolerância, e foi constatado uma ocorrência com distância de apenas 2 centímetros. Isso pode acarretar dificuldades na instalação da porta, já que não há margem para qualquer erro executivo e problemas como esbojamento do pilar podem inviabilizar a instalação da porta no local adequado. Critério similar se aplica aos outros problemas encontrados com o uso do *soft clash*.

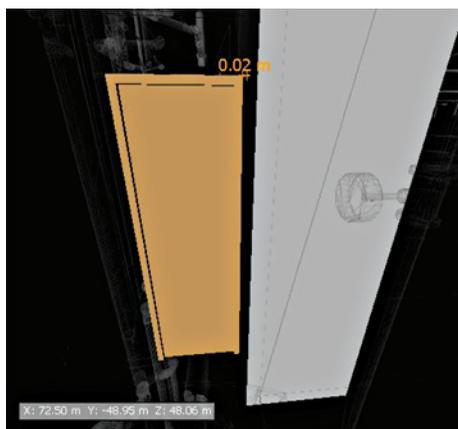


FIGURA 4 • Interferência entre porta e pilar

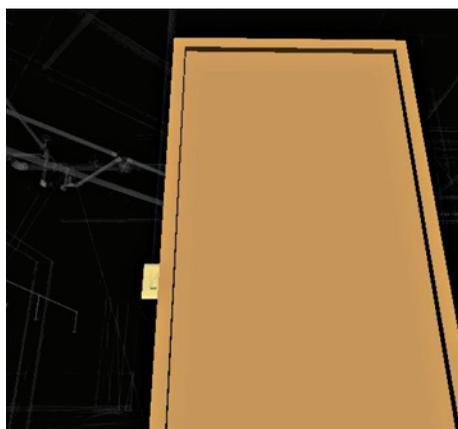


FIGURA 5 • Interferência entre interruptor e alizar de porta

A grande maioria das incompatibilidades foi identificada com o modo de *hard clash*. Dentre os problemas com maior incidência se destacam as interferências entre tubulações de prumadas e *shafts* em *drywall*, entre pilares e tubulações elétricas, entre tubulações de incêndio e eletrocalhas, dentre outras.

Como ocorre o choque físico dos elementos em questão, se torna inviável sua execução no local previsto, sendo necessário realizar alterações em ambos ou em um dos objetos em conflito. Por exemplo, foram identificadas 33 interferências entre tubulações de prumadas e *shafts* em *drywall*. Na maioria dos casos, o choque ocorreu entre curvas ou peças auxiliares da tubulação com a própria parede em *drywall* (Figura 6). As passagens de tubulações por paredes de *drywall* geram recortes e quinas nas chapas que podem danificar as tubulações. A passagem em ângulos retos entre as tubulações e as chapas facilitam os recortes e podem diminuir os riscos de danos às tubulações.



FIGURA 6 • Interferência entre prumada de esgoto e *shaft* em *drywall*

Os componentes das instalações apresentaram maior número de incompatibilidades, especialmente no corredor de circulação do pavimento tipo – onde havia grande concentração de tubulações horizontais sobre o forro. Nessa região foi possível notar que boa parte da tubulação principal de combate a incêndio seguia o mesmo alinhamento de tubulações elétricas, o que gerou a ocorrência de 79 interferências entre esses elementos (Figura 7). Com os resultados dos testes, também foi possível concluir que os choques físicos entre os elementos eram da ordem de três a cinco centímetros (Figura 8), informação que facilita a resolução do problema pelos projetistas, já que um deslocamento superior a cinco centímetros de uma das tubulações resolveria o problema.

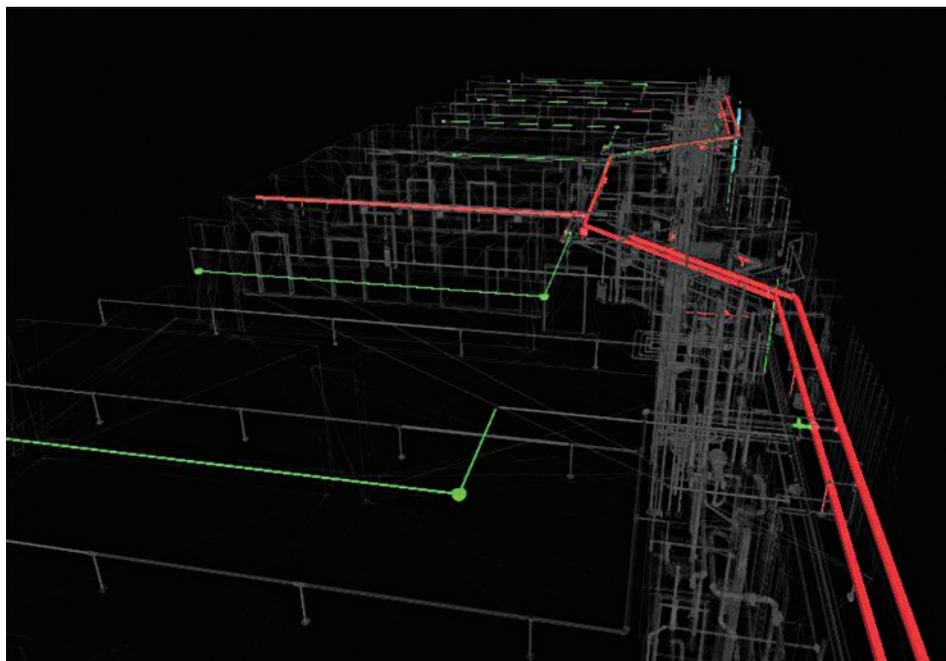


FIGURA 7 • Interferências realçadas nos testes de Instalações × Instalações

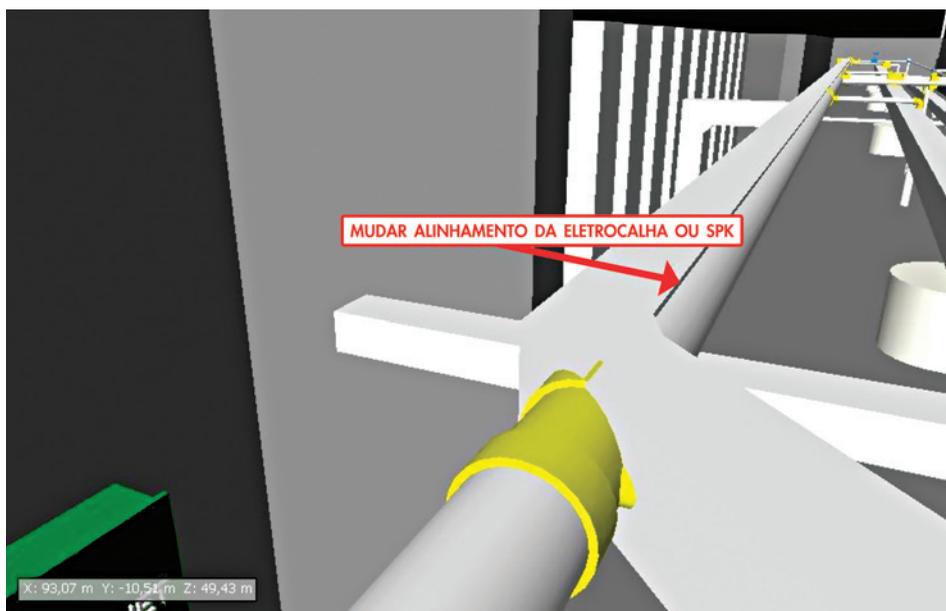


FIGURA 8 • Tubulação de incêndio e eletrocalha em mesmo alinhamento

### 5.3 Análise dos resultados

Utilizando a metodologia proposta, diversos problemas previstos na etapa de levantamento foram encontrados no modelo. Outros problemas não previstos também foram identificados por meio dos testes finais entre todos os elementos de cada disciplina.

Além das interferências identificadas e demonstradas no Quadro 2, foi possível identificar objetos duplicados e fragmentados no modelo devido a falhas no processo de modelagem, que comprometem a utilização do modelo para outros fins, como levantamento de quantitativos para estimativas de custos, por exemplo.

As ferramentas utilizadas apresentaram boa capacidade de identificação automática dos elementos duplicados. Entretanto, os elementos fragmentados (que ocorrem quando diversos objetos interligados formam um único elemento) apareceram em grande quantidade, o que apresentou certa dificuldade no processo para filtrar essas informações devido ao fato de que cada uma das partes gera uma nova interferência.

Para efeito de análise qualitativa dos resultados foi elaborado o gráfico apresentado na Figura 9, a seguir.

#### INTERFERÊNCIAS POR DISCIPLINAS CONFRONTADAS

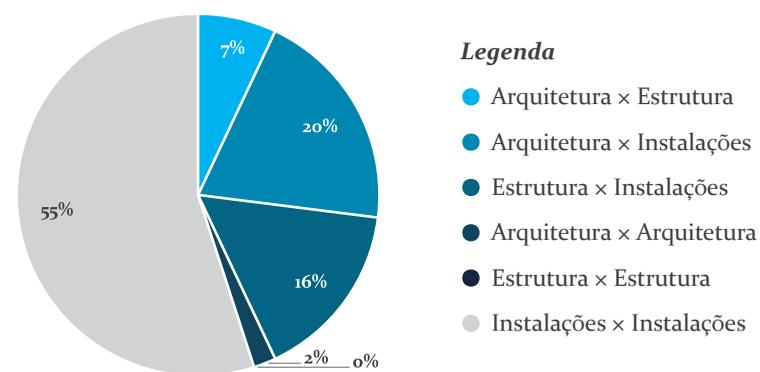


FIGURA 9 • Interferências por disciplinas confrontadas

A partir da análise da Figura 9 e dos resultados dos testes, foi possível concluir que os projetos de instalações estão envolvidos em grande parte das interferências, especialmente, o de instalações elétricas e de combate a incêndio. Outra característica fundamental que fica evi-

denciada no Quadro 2 é que, de um total de 184 interferências identificadas, somente 13 foram detectadas de forma visual. No total, 171 interferências foram identificadas através dos recursos automáticos de *clash detection* permitidos pelas ferramentas BIM, o que representa 93% dos problemas, fato que comprova a grande automação do processo para a compatibilização.

## 6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados expostos é possível concluir que, mesmo em fases iniciais de projeto (caso do modelo estudado), o processo de compatibilização com o uso de ferramentas BIM possibilita a identificação de interferências, com grande capacidade de automação, como demonstrado na análise dos resultados, que constatou que 93% dos problemas foram identificados através das ferramentas de detecção automática.

Com o estudo de caso proposto, ficou evidente que o grau de detalhamento dos projetos modelados influi no processo de compatibilização. Quanto mais rico em detalhes e informações for o modelo, mais fácil e eficiente será sua compatibilização. Por estar em etapa de anteprojeto, ainda sem maiores detalhes, a compatibilização do modelo exigiu alguns cuidados na coordenação dos resultados e descarte de falsas interferências.

Durante a realização deste trabalho, foi observado que a detecção de interferências durante o processo de modelagem poderia ter resolvido, previamente, uma parcela significativa dos problemas existentes, contribuindo para uma melhor compatibilização dos projetos.

Possivelmente, a maior vantagem do BIM percebida no estudo de caso foi a grande capacidade de detecção automática. A compatibilização dos projetos de instalações, cujos resultados apontaram mais de 100 interferências, teria sido bastante difícil e provavelmente menos eficaz sem a utilização da tecnologia BIM. Grande parte dos problemas encontrados se concentrava no corredor de circulação, onde havia intensa passagem de tubulações diversas. A capacidade de automação permitida pelas ferramentas BIM foi fundamental, pois a quantidade de elementos centralizados em um espaço pequeno dificultaria muito a identificação visual, sem esses recursos.

Por fim, ainda que a mudança dos projetos para a metodologia BIM represente um grande esforço, principalmente, quebra de paradigmas, sem dúvida ela é válida, pois traz benefícios desde as fases iniciais, e não só à compatibilização. A utilização dessa metodologia e tecnologia representa uma grande oportunidade de melhoria do processo de concepção e gestão do empreendimento como um todo. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDOR, M.; CASTANHO, M.; CAMBIAGHI, H.; DELATORRE, J.; NARDELLI, E.; OLIVEIRA, A. Colocando o “i” no BIM. *Revista eletrônica de arquitetura e urbanismo*, 4. ed., 2010. Disponível em: <[www.usjt.br/arq.urb](http://www.usjt.br/arq.urb)>. Acesso em: 20 jan. 2012.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 76-111, nov. 2009. Disponível em: <[www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos](http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos)>. Acesso em: 3 fev. 2012.

CALLEGARI, S.; BARTH, F. **Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso**. Dissertação (Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) – UFSC. Florianópolis, 2007.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, Nova Jérsei, EUA: John Wiley & Sons, 2. ed., 2011.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Características da representação 2D e suas limitações na etapa de compatibilização espacial do projeto. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 2, n. 2, nov. 2007. Disponível em: <[www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos](http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos)>. Acesso em: 26 abr. 2012.

GOES, R. H.; SANTOS, E. T. **Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e o CAD 2D**. In: TIC 2011: 5º ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2011, Salvador.

HERGUNSEL, M. F. *Benefits of Building Information Modeling for construction managers and BIM based scheduling*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Worcester Polytechnic Institute, 2011.

KYMMEL, Willem. *Bulding Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulation*. 1. ed. McGraw-Hill, 2008.

MELHADO, S. B. *et al.* **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MIKALDO JR., Jorge; SCHEER, Sérgio. Compatibilização de projetos ou Engenharia Simultânea: qual é a melhor solução?. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 3, n. 1, 2008. Disponível em: <[www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos](http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos)>. Acesso em: 4 abr. 2012.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. Melhoria da qualidade da etapa de projeto de obras de edificação: um estudo de caso. *READ*, 7. ed., vol. 3, n. 3, Porto Alegre, 1997. Disponível em: <<http://read.adm.ufrgs.br>>. Acesso em: 3 abr. 2012.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **A construtibilidade no processo de projeto de edificações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2003, São Carlos – SP.

## A TECNOLOGIA BIM COMO FERRAMENTA PARA LEVANTAMENTOS DE QUANTITATIVOS

Manoel Rodrigo Nicodemos Candido <sup>1</sup>

Emerson de Andrade Marques Ferreira <sup>2</sup>

### Resumo

“ Este trabalho visa avaliar a aplicação da tecnologia BIM (modelagem de informação da construção) no levantamento de quantitativos de obras civis. Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados à modelagem de informação da construção e ao orçamento na Construção Civil. Após a revisão bibliográfica, foi realizado um estudo de caso que consistiu na quantificação dos serviços de uma obra com a ferramenta BIM. Finalmente, foi feita uma análise dos resultados obtidos, baseada na comparação dos dados extraídos do modelo virtual com os apresentados pela planilha orçamentária da obra e com os dados de um levantamento manual. A análise mostrou que a ferramenta BIM pode ser utilizada na quantificação de obras, agregando valor e acelerando o processo. ”

**Palavras-chave** » modelagem de informação da construção; BIM; levantamento de quantitativos.

<sup>1</sup> Engenheiro civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [rodrigocan@gmail.com](mailto:rodrigocan@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Civil e professor do Departamento de Construção e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [emerson@ufba.br](mailto:emerson@ufba.br).

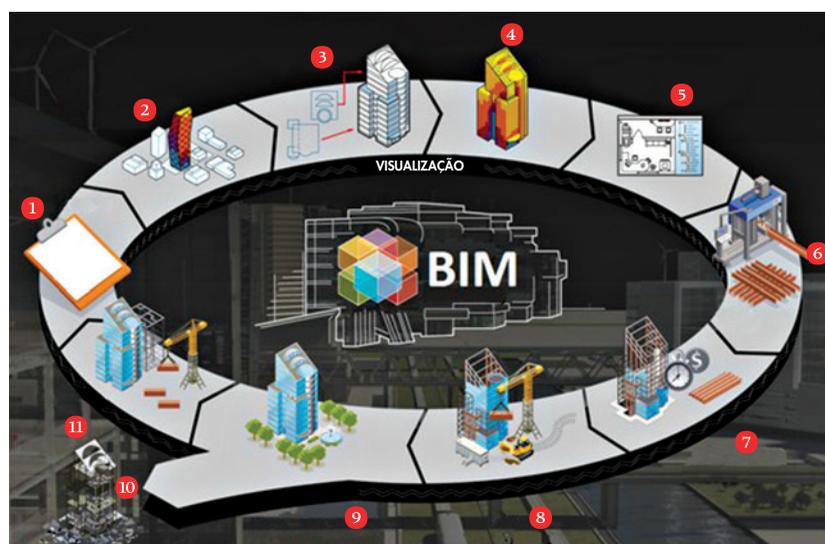


mento, usado para obter informações sobre uma construção, formando uma base confiável a ser utilizada para a tomada de decisões durante todo o ciclo de vida do projeto, desde a concepção até a demolição ou reforma (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2012).

O BIM é mais do que um *software* ou produto, é acima de tudo uma atividade humana que implica em uma nova forma de projetar, construir e gerenciar (EASTMAN et al, 2011).

De acordo com Kymmell (2008), um modelo BIM pode ser definido como uma simulação da construção, constituída de modelos 3D dos objetos da construção ligados com todas as informações referentes ao planejamento, construção, operação e demolição. Alguns estudos apontam para uma ampliação do seu uso, abrangendo, inclusive, a logística de canteiro (FERREIRA; MATOS; GARCIA, 2012).

A Figura 1 a seguir é bastante ilustrativa do que vem a ser essa tecnologia e do suporte que ela pode dar aos estudos relativos a um empreendimento, durante todo o seu ciclo de vida.



1 Programação / 2 Projeto conceitual / 3 Projeto detalhado / 4 Análises / 5 Documentação / 6 Fabricação / 7 Construção 4D/5D / 8 Logística / 9 Operação e manutenção / 10 Demolição / 11 Reforma

FIGURA 1 • BIM ao longo do ciclo de vida do projeto (adaptado de NEURAL ENERGY, 2012)

Pelo que foi exposto acima, percebe-se que a tecnologia BIM é capaz de agregar valor aos projetos. Logo, a indústria brasileira da construção deve buscar cada vez mais se familiarizar com suas ferramentas. Dessa forma, esse trabalho se faz pertinente para mostrar à comunidade da construção o quanto essa ferramenta é poderosa e como ela pode agregar valor à

atividade de orçamentação da obra, por meio da extração automática de quantitativos – que é o objeto de estudo deste trabalho.

O objetivo fundamental deste estudo foi avaliar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos de obras civis. Para o alcance desse objetivo, foi feito um estudo de caso no qual a ferramenta BIM foi aplicada no levantamento de quantitativos de uma determinada obra, analisando-se os resultados obtidos com essa aplicação.

## 2 METODOLOGIA

O Quadro 1 a seguir sintetiza a metodologia adotada neste trabalho, mostrando o objetivo geral, os objetivos específicos, as atividades realizadas e os resultados esperados para cada uma delas.

OBJETIVO GERAL	Avaliar a aplicação da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos de obras civis.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METODOLOGIA		
	Atividade	Ferramentas	Resultados esperados
APLICAR A FERRAMENTA BIM NO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE UMA OBRA POR MEIO DE UM ESTUDO DE CASO	Construção da curva ABC de etapas da obra.	Software Microsoft Excel 2013, planilha orçamentária da obra e índice de serviços do Sinapi.	Saber quais etapas da obra perfazem aproximadamente 80% do custo direto total da obra.
	Construção do modelo virtual da obra.	Softwares Microsoft Excel 2013 e Autodesk Revit 2013, projeto e planilha orçamentária da obra.	Modelo virtual da obra com nível de detalhe que englobe as etapas que perfazem aproximadamente 80% do custo direto total da obra.
	Extração dos quantitativos do modelo virtual.	Softwares Autodesk Revit 2013 e Quantity Takeoff 2013.	Levantamento dos quantitativos dos serviços das etapas citadas.
AVALIAR OS RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA BIM NO LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS	Avaliar o processo de levantamento de quantitativos.	Software Microsoft Excel 2013 e tabelas extraídas do software Autodesk Revit 2013.	Mostrar a automação, a precisão e a confiabilidade dos quantitativos obtidos através da ferramenta BIM.

QUADRO 1 • Metodologia adotada no trabalho

## 3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado a seguir teve a finalidade de avaliar se a aplicação da ferramenta BIM no levantamento de quantitativos da obra apresentou resultados confiáveis e precisos,

analisando se essa ferramenta produziu ou não erros de quantificação. A Figura 2 a seguir mostra as etapas que foram seguidas nesse estudo de caso, bem como as ferramentas utilizadas em cada uma delas.



FIGURA 2 • Metodologia do estudo de caso

### 3.1 Caracterização da obra

A obra consistiu de um projeto-padrão elaborado pela Gerência de Desenvolvimento Urbano (Gidur) da Caixa, localizada em Vitória, no Espírito Santo. A edificação, incluindo a calçada de proteção, ocupa uma área de 58,90 m<sup>2</sup>, possuindo 41,87 m<sup>2</sup> de área construída e 36,93 m<sup>2</sup> de área útil. A unidade residencial possui uma área de circulação interna e cinco cômodos: dois quartos, sala, cozinha e banheiro. A edificação possui piso cerâmico, pintura interna em PVA, pintura externa em tinta acrílica, alvenaria em blocos de concreto, cobertura com telhas cerâmicas e acabamento do teto com forro de PVC (CAIXA, 2013).

A Figura 3 a seguir apresenta a planta baixa da casa, com as dimensões dos cômodos, limites da calçada, projeção da cobertura, quadro de esquadrias e outras informações que foram importantes para a construção do modelo virtual.

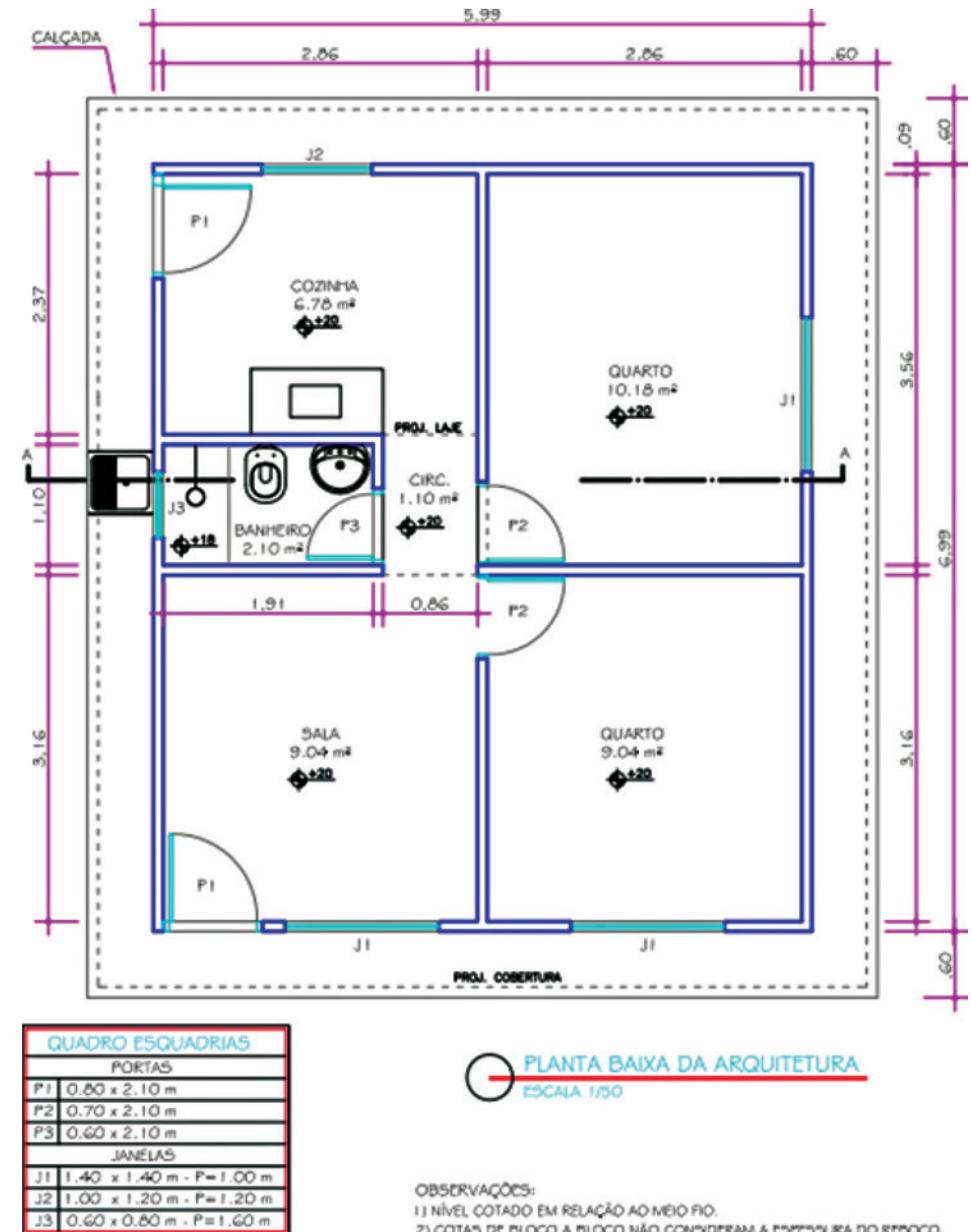


FIGURA 3 • Planta baixa de arquitetura da obra (CAIXA, 2013)

### 3.2 Levantamento dos custos diretos

Os custos diretos dos serviços da obra foram levantados a fim de construir a curva ABC de etapas. Foi utilizado como referência o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – Sinapi. A Tabela 1 a seguir apresenta as etapas da obra em ordem decrescente de custo direto, baseados nos quantitativos originais da planilha orçamentária.

ETAPA	CUSTO DIRETO	% DO CUSTO TOTAL	% ACUMULADA
REVESTIMENTOS	R\$ 6.398,88	19,73%	19,73%
ESQUADRIAS	R\$ 3.692,84	11,38%	31,11%
COBERTURA	R\$ 3.365,52	10,38%	41,49%
PAREDES E PAINÉIS	R\$ 2.882,38	8,89%	50,37%
SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 2.674,54	8,25%	58,62%
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS	R\$ 2.655,17	8,19%	66,80%
PINTURA	R\$ 2.603,09	8,03%	74,83%
FUNDAÇÕES	R\$ 1.933,40	5,96%	80,79%
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	R\$ 1.911,37	5,89%	86,68%
PISOS	R\$ 1.813,94	5,59%	92,28%
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	R\$ 1.407,87	4,34%	96,62%
ESTRUTURA	R\$ 715,71	2,21%	98,82%
VIDROS	R\$ 382,11	1,18%	100,00%
	<b>R\$ 32.436,82</b>	<b>100,00%</b>	

TABELA 1 • Etapas da obra em ordem decrescente de custo direto

### 3.3 Curva ABC de etapas da obra

A partir da Tabela 1, foi construída a curva ABC de etapas da obra apresentada na Figura 4 a seguir, na qual são mostradas as etapas da obra em ordem decrescente de custo direto.

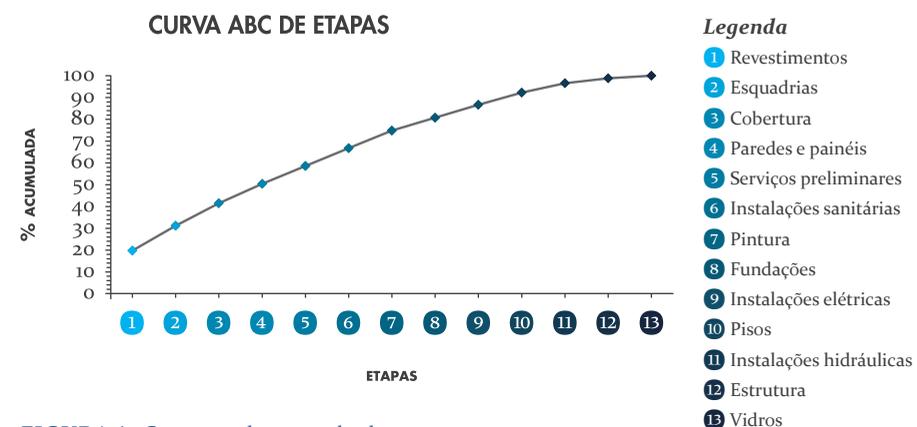


FIGURA 4 • Curva ABC de etapas da obra

### 3.4 Construção do modelo virtual

O modelo virtual da obra foi desenvolvido com um nível de detalhe suficiente para englobar os itens que seriam quantificados com a ferramenta BIM. Os itens selecionados para a quantificação foram aqueles pertencentes às etapas que respondiam, acumuladamente, por 80% do custo direto total da obra. As etapas correspondentes a esses itens foram: revestimentos, esquadrias, cobertura, paredes e painéis, serviços preliminares, instalações sanitárias, pintura e fundações. Dessas, apenas a etapa de instalações sanitárias não foi quantificada. A Figura 5 a seguir apresenta uma vista do modelo virtual.

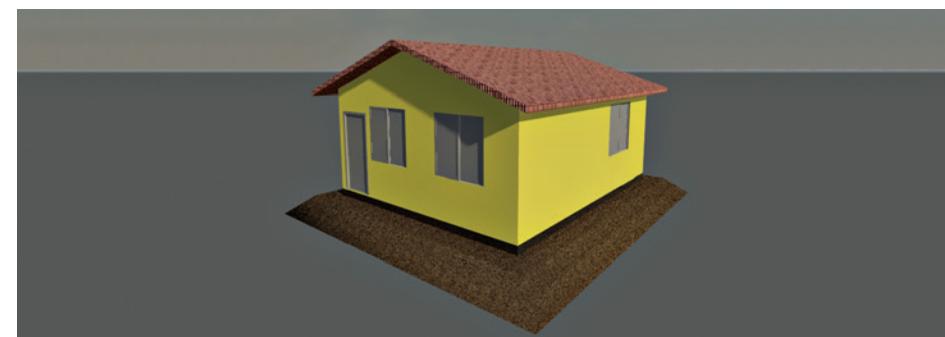


FIGURA 5 • Vista do modelo virtual

### 3.5 Extração dos quantitativos

A Tabela 2 apresenta o quantitativo do serviço de pintura PVA extraído do modelo BIM.

PINTURA LÁTEX PVA			
MATERIAL	ÁREA	MATERIAL	ÁREA
PINTURA LÁTEX PVA	0,23 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	3,80 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,26 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	3,85 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,28 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	3,86 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,29 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	4,04 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,30 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	4,23 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,74 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	4,75 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,37 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	9,20 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,82 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	10,01 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	0,93 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	12,59 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	1,19 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	15,08 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	2,01 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	15,48 m <sup>2</sup>
PINTURA LÁTEX PVA	3,09 m <sup>2</sup>	PINTURA LÁTEX PVA	17,17 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>114,58 m<sup>2</sup></b>

TABELA 2 • Quantitativo de pintura látex PVA extraído do Autodesk Revit 2013

A Tabela 3 apresenta os quantitativos da planilha orçamentária, os extraídos do modelo BIM e a diferença relativa do segundo para o primeiro.

SERVIÇO	UNID.	QTDE.	QTDE. (BIM)	DIF.	DIF. (%)
Escavação manual de valas rasas em qualquer terreno, exceto rocha, para fundações rasas – baldrame	m <sup>3</sup>	4,40	3,94	-0,46	-10,36%
Apiloamento de fundo de vala com maço de 30 kg	m <sup>2</sup>	17,60	15,78	-1,82	-10,34%
Reaterro manual apiloado de valas com material de obra	m <sup>3</sup>	4,40	3,94	-0,46	-10,45%
Aterro interno compactado manualmente	m <sup>3</sup>	3,17	4,23	1,06	33,44%
Lastro de concreto magro e = 5 cm	m <sup>3</sup>	0,88	0,79	-0,09	-10,23%

SERVIÇO (cont.)	UNID.	QTDE.	QTDE. (BIM)	DIF.	DIF. (%)
Viga baldrame composta de duas fiadas de blocos de concreto tipo calha 14 cm x 19 cm x 39 cm, cheios de concreto 20 MPa, incl. armação com duas barras de ferro corrido, Ø 5 mm nas duas fiadas	m	39,95	40,57	0,61	1,54%
Pintura impermeabilizante utilizando neutrol, duas demãos	m <sup>2</sup>	37,55	36,41	-1,14	-3,04%
Alvenaria 1/2 vez de blocos de concreto 9 cm x 19 cm x 39 cm, assentados com argamassa de cimento, cal e areia no traço 1 : 0,5 : 8	m <sup>2</sup>	96,46	97,36	0,90	0,93%
Vergas e contravergas para vãos de esquadrias em blocos de concreto tipo calha 9 cm x 19 cm x 19 cm, cheios de concreto 20 MPa, incl. armação com duas barras de ferro corrido Ø 5 mm	m	14,60	13,08	-1,53	-10,45%
Cobertura com telhas cerâmicas capa e canal, tipo <i>plan</i> , inclusive madeiramento (apoio em paredes, sem tesoura) tratado com cupimicida, cumieira, cordão de arremate dos beirais e última fiada argamassada com cimento, cal e areia 1 : 2 : 8	m <sup>2</sup>	55,85	59,17	3,32	5,94%
Janela de alumínio anodizado fosco de correr duas folhas 1,40 m x 1,40 m	m <sup>2</sup>	5,88	5,88	0,00	0,00%
Janela de alumínio anodizado fosco, tipo maxim-ar, duas bandeiras, 1,00 m x 1,20 m	m <sup>2</sup>	1,20	1,20	0,00	0,00%
Janela de alumínio anodizado fosco, tipo maxim-ar, duas bandeiras, 0,60 m x 0,80 m	m <sup>2</sup>	0,48	0,48	0,00	0,00%
Chapisco em paredes internas e tetos com argamassa de cimento e areia 1 : 3, e = 0,5 cm	m <sup>2</sup>	147,49	134,26	-13,23	-8,97%
Chapisco em paredes externas com argamassa de cimento e areia 1 : 3, e = 0,5 cm	m <sup>2</sup>	74,09	64,12	-9,97	-13,46%
Reboco tipo paulista em paredes internas e tetos com argamassa de cimento, cal e areia 1 : 2 : 8, e = 2 cm	m <sup>2</sup>	147,49	134,26	-13,23	-8,97%
Reboco tipo paulista em paredes externas com argamassa de cimento, cal e areia 1 : 2 : 8, e = 2 cm	m <sup>2</sup>	74,09	64,12	-9,97	-13,46%
Azulejo branco 20 cm x 20 cm, assentado com argamassa colante, juntas a prumo, incl. rejuntamento com argamassa industrializada, a ser assentado nas paredes do banheiro e da cozinha até altura de 1,60 m	m <sup>2</sup>	25,35	22,57	-2,78	-10,97%
Forno de PVC branco, instalado em estrutura de perfis metálicos, incl. estrutura e roda forno	m <sup>2</sup>	35,04	35,38	0,34	0,97%
Pintura látex PVA duas demãos sobre uma demão de selador em paredes internas e teto	m <sup>2</sup>	122,50	114,58	-7,92	-6,47%
Pintura látex acrílica duas demãos sobre uma demão de selador em paredes externas	m <sup>2</sup>	73,73	65,75	-7,98	-10,82%
Pintura esmalte duas demãos sobre fundo nivelador (uma demão) em esquadrias de madeira – portas	m <sup>2</sup>	22,68	17,97	-4,71	-20,77%

TABELA 3 • Quantitativos da planilha, do modelo BIM e diferenças relativas

### 3.6 Análise dos resultados obtidos

Percebe-se pela análise da Tabela 3 que a maioria dos quantitativos extraídos do modelo BIM pouco diferiu dos quantitativos originais da planilha orçamentária. Alguns itens apresentaram quantitativos idênticos aos da planilha orçamentária, como as janelas. Outros apresentaram pequenas diferenças, como os serviços de viga baldrame, alvenaria e forro de PVC. Poucos apresentaram grandes diferenças, dentre esses destaca-se o serviço de aterro interno compactado manualmente – que com o modelo BIM apresentou quantitativo 33,44% superior ao da planilha orçamentária.

Para tentar encontrar a origem dessas diferenças, foi realizado um terceiro levantamento de quantitativos da obra, de forma manual. Esse levantamento teve o objetivo de verificar se de fato existiram erros no levantamento com a ferramenta BIM ou se as diferenças apresentadas até então se deram por outros motivos, tais como considerações construtivas e índices adotados por quem levantou os quantitativos que, por sua vez, não foram levados em consideração na construção do modelo virtual, dado que não estavam explícitos na documentação do projeto-padrão (CAIXA, 2013). A Tabela 4 a seguir apresenta os quantitativos extraídos do modelo virtual e os que foram levantados manualmente.

SERVIÇO	UNID.	QTDE. (BIM)	QTDE. (M)	DIF.	DIF. (%)
Escavação manual de valas rasas em qualquer terreno, exceto rocha, para fundações rasas – baldrame	m <sup>3</sup>	3,94	3,94	0,00	0,10%
Apiloamento de fundo de vala com maço de 30 kg	m <sup>2</sup>	15,78	15,77	0,01	0,06%
Reaterro manual apiloado de valas com material de obra	m <sup>3</sup>	3,94	3,94	0,00	0,00%
Aterro interno compactado manualmente	m <sup>3</sup>	4,23	4,23	0,00	0,00%
Lastro de concreto magro e = 5 cm	m <sup>3</sup>	0,79	0,79	0,00	0,00%
Viga baldrame composta de duas fiadas de blocos de concreto tipo calha 14 cm x 19 cm x 39 cm, cheios de concreto 20 MPa, incl. armação com duas barras de ferro corrido, Ø 5 mm nas duas fiadas	m	40,57	40,64	-0,08	-0,18%
Pintura impermeabilizante utilizando neutrol, duas demãos	m <sup>2</sup>	36,41	36,41	0,00	0,00%
Alvenaria ½ vez de blocos de concreto 9 cm x 19 cm x 39 cm, assentados com argamassa de cimento, cal e areia no traço 1 : 0,5 : 8	m <sup>2</sup>	97,36	99,08	-1,72	-1,74%
Vergas e contravergas para vãos de esquadrias em blocos de concreto tipo calha 9 cm x 19 cm x 19 cm, cheios de concreto 20 MPa, incl. armação com duas barras de ferro corrido Ø 5 mm	m	13,08	13,26	-0,19	-1,40%

SERVIÇO (cont.)	UNID.	QTDE. (BIM)	QTDE. (M)	DIF.	DIF. (%)
Cobertura com telhas cerâmicas capa e canal, tipo plan, inclusive madeiramento (apoio em paredes, sem tesoura) tratado com cupimicida, cumieira, cordão de arremate dos beirais e última fiada argamassada com cimento, cal e areia 1 : 2 : 8	m <sup>2</sup>	59,17	59,15	0,02	0,03%
Janela de alumínio anodizado fosco de correr duas folhas 1,40 m x 1,40 m	m <sup>2</sup>	5,88	5,88	0,00	0,00%
Janela de alumínio anodizado fosco, tipo maxim-ar, duas bandeiras, 1,00 m x 1,20 m	m <sup>2</sup>	1,20	1,20	0,00	0,00%
Janela de alumínio anodizado fosco, tipo maxim-ar, duas bandeiras, 0,60 m x 0,80 m	m <sup>2</sup>	0,48	0,48	0,00	0,00%
Chapisco em paredes internas e tetos com argamassa de cimento e areia 1 : 3, e = 0,5 cm	m <sup>2</sup>	134,26	137,32	-3,06	-2,23%
Chapisco em paredes externas com argamassa de cimento e areia 1 : 3, e = 0,5 cm	m <sup>2</sup>	64,12	67,75	-3,63	-5,36%
Reboco tipo paulista em paredes internas e tetos com argamassa de cimento, cal e areia 1 : 2 : 8, e = 2 cm	m <sup>2</sup>	134,26	137,32	-3,06	-2,23%
Reboco tipo paulista em paredes externas com argamassa de cimento, cal e areia 1 : 2 : 8, e = 2 cm	m <sup>2</sup>	64,12	65,82	-1,70	-2,58%
Azulejo branco 20 cm x 20 cm, assentado com argamassa colante, juntas a prumo, incl. rejuntamento com argamassa industrializada, a ser assentado nas paredes do banheiro e da cozinha até altura de 1,60 m	m <sup>2</sup>	22,57	23,67	-1,10	-4,65%
Forro de PVC branco, instalado em estrutura de perfis metálicos, incl. estrutura e roda forro	m <sup>2</sup>	35,38	35,38	0,00	0,00%
Pintura látex PVA duas demãos sobre uma demão de selador em paredes internas e teto	m <sup>2</sup>	114,58	113,65	0,93	0,82%
Pintura látex acrílica duas demãos sobre uma demão de selador em paredes externas	m <sup>2</sup>	65,75	67,75	-2,00	-2,95%
Pintura esmalte duas demãos sobre fundo nivelador (uma demão) em esquadrias de madeira – portas	m <sup>2</sup>	17,97	17,98	-0,01	-0,06%

TABELA 4 • Quantitativos extraídos do modelo BIM e quantitativos manuais

Os quantitativos extraídos do modelo BIM diferiram muito pouco dos quantitativos levantados manualmente (Tabela 4). Esse fato leva a crer que as diferenças encontradas entre os quantitativos da planilha orçamentária e os obtidos do modelo BIM (Tabela 3) não se devem a uma possível falha inerente ao processo de quantificação com a ferramenta BIM, e sim a outros motivos conforme dito anteriormente.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da avaliação dos resultados obtidos, notou-se que a tecnologia BIM possui grandes potencialidades que podem ser aplicadas no levantamento de quantitativos em obras civis.

A partir do estudo de caso, algumas dessas potencialidades foram percebidas, quais sejam:

- aumento da velocidade de orçamentação, na medida em que os quantitativos se mostraram automatizados conforme o uso da ferramenta BIM;
- análise de diversos cenários e seus impactos nos quantitativos – esse aspecto foi notado no desenvolvimento do modelo virtual, quando as especificações foram modificadas e seus impactos foram automaticamente quantificados;
- redução da variabilidade e maior confiabilidade para a orçamentação, uma vez que a ferramenta BIM forneceu quantitativos precisos e vinculados com o projeto.

Ao longo do estudo de caso, foi verificado que a tecnologia BIM tende a facilitar a atividade de orçamentação de obras civis. Porém, é importante ressaltar que o uso dessa tecnologia para levantamentos de quantitativos deve estar acompanhado do desenvolvimento de modelos que possuam um nível de detalhe adequado para tal fim.

Finalmente, é importante frisar que essa tecnologia é capaz de potencializar diversas atividades na Construção Civil: planejamento, orçamento, estudos de logística, entre outras, impactando, positivamente, todo o ciclo de vida de um projeto. Mais especificamente na área de orçamento, essa tecnologia pode representar uma orçamentação mais rápida, mais precisa e menos custosa para as empresas, na medida em que fornece quantitativos precisos e automatizados que se modificam de acordo com as especificações de projeto. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAIXA. **Cadernos Caixa:** Projeto padrão – casas populares | 42 m<sup>2</sup>, 2007. Disponível em: <[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/banco\\_projetos/projetos\\_his/casa\\_42m2.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/banco_projetos/projetos_his/casa_42m2.pdf)>.

Acesso em: 3 jan. 2013.

.....  
EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.** Hoboken, Nova Jérsei, EUA: John Wiley & Sons, 2. ed., 2011.

.....  
FERREIRA, E. A. M.; MATOS, F. D.; GARCIA, M. S. Avaliação do processo de modelagem da edificação e do canteiro de obras no desenvolvimento de projetos 4D. In: XIV ENTAC – ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Juiz de Fora, 2012. **Anais...**

.....  
FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Características da representação 2D e suas limitações na etapa de compatibilização espacial do projeto. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 2, n. 2, nov. 2007. Disponível em: <[www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos](http://www.iau.usp.br/posgrad/gestaodeprojetos)>. Acesso em: 4 jan. 2013.

.....  
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC 13066-1:2011 Information technology – Interoperability with assistive technology (AT) – Part 1: Requirements and recommendations for interoperability.** Genebra: ISO, 2011.

.....  
KYMMELE, W. **Bulding Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulation.** 1. ed. McGraw-Hill, 2008.

.....  
NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **Frequently Asked Questions about the National BIM Standard-United States™.** Disponível em: <[www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq](http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq)>. Acesso em: 10 set. 2012.

.....  
NEURAL ENERGY. **Building Information Modeling (BIM): BIM allows for greater collaboration between disciplines and trades involved in the process in order to produce better**

buildings that are safer, healthier, environmentally more sustainable and economically more efficient with fewer errors, omissions and less waste. Disponível em: <[www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html](http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html)>. Acesso em: 17 out. 2012.

## IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS DE QUALIDADE NOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM EMPREENDIMENTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Diego Alves de Matos <sup>1</sup>

Dayana Bastos Costa <sup>2</sup>

### Resumo

“Conforme dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios, mais de 5,5 milhões de moradias precisam ser construídas em todo o país para acabar com o déficit habitacional. Lançado em 2009 e ampliado em março de 2010 e 2011, o programa Minha Casa Minha Vida está buscando construir cerca de dois milhões de moradias para a população de baixa renda, com investimento de R\$ 125,7 bilhões até 2014. O nicho de mercado da Construção Civil voltado para empreendimentos de interesse social trabalha com orçamento extremamente apertado, o que remete à preocupação com a qualidade dos empreendimentos. O objetivo desta pesquisa é implantar melhorias de controle na qualidade das HIS (Habitações de Interesse Social), com base em indicadores de conformidade de processos construtivos obtidos no projeto SAHIS – Sistemática de Avaliação de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. Este trabalho foi realizado a partir de um estudo de caso, em EHIS, no qual buscou-se implantar melhorias quanto ao controle da qualidade dos processos construtivos e maior eficácia dos treinamentos. Os processos construtivos estudados foram: revestimento cerâmico, gesso corrido, massa única interna, instalações elétricas e hidrossanitárias. Como resultado, este trabalho mostrou que o maior controle da qualidade e um treinamento eficaz podem aumentar significativamente a conformidade dos processos construtivos, evitando gastos desnecessários com reparos (em razão da falta de controle da qualidade durante os processos executivos), possibilitando a entrega de um produto de melhor qualidade e proporcionando a satisfação dos clientes.”

**Palavras-chave** » qualidade; processos construtivos; habitação de interesse social.



no cliente; liderança; envolvimento de pessoas; abordagem de processo; abordagem sistêmica para a gestão; melhoria contínua; abordagem factual para tomada de decisões; e benefícios e mútuos nas relações com os fornecedores. Estes oito princípios de gestão da qualidade formam a base para as normas de sistema de gestão da qualidade na família NBR ISO 9000.

A gestão da qualidade confere aos procedimentos de avaliação uma importância comparável a do processo de planejamento. Na realidade, é a avaliação que determina se os resultados da implantação de ações de produção da qualidade conferem viabilidade ao planejamento (PALADINI, 2002).

Segundo Juran (1991), além de melhorar o desempenho das empresas reduzindo custos, aumentando a satisfação dos clientes com os produtos e serviços e cuidando da preservação do meio ambiente, a gestão da qualidade se incorpora nas organizações como uma ação estratégica, modernizando-as para superar os desafios de um mercado cada dia mais competitivo, e, conseqüentemente – e mais importante –, entregando produto de qualidade para os clientes.

A gestão da qualidade vem desenvolvendo, ao longo das últimas duas décadas, um conjunto de ferramentas e indicadores para apoiar o monitoramento e controle da qualidade dos processos. Uma das principais ferramentas é o ciclo PDCA para obtenção da melhoria contínua, tanto no acompanhamento dos processos executivos quanto no desenvolvimento do treinamento operacional.

De acordo com Aguiar (1995), o PDCA é um método para a prática de controle para todas as etapas que envolvem um processo e estabelece algumas diretrizes de controle, planejamento da qualidade, manutenção de padrões e alteração da diretriz de controle, ou seja, visa realizar melhorias. As ações do PDCA se dividem em quatro etapas básicas, que devem ser repetidas constantemente, sempre em busca da melhoria contínua.



FIGURA 1 • Ciclo PDCA

## 2.1 Qualidade em habitação de interesse social

A busca por melhoria da qualidade da habitação de interesse social tem sido abordada como um tema de grande importância nos campos social e econômico brasileiros. Tal preocupação não se restringe às empresas privadas que produzem as habitações, mas estende-se ao poder público, que é o responsável pela provisão habitacional do país e, por vezes, pela gestão da operação e manutenção dos imóveis (BRITO, 2011).

Bartz (2007) argumenta que as empresas construtoras de empreendimentos habitacionais de baixa renda no Brasil têm sido impulsionadas a implementar Sistemas de Gestão da Qualidade (SGC), em função de exigências de certificação – por parte de órgãos financiadores deste segmento de mercado – envolvidas no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBPQ-H). No entanto, ainda se observa muitas falhas de qualidade nos empreendimentos de baixa renda, apesar da certificação obtida pelas construtoras (BARTZ, 2007). Ainda segundo essa autora, é importante traduzir os conceitos adotados no SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) em ações. O comportamento dos operários depende dos princípios transmitidos pela empresa.

Os empreendimentos habitacionais de interesse social têm sido alvo de diversos estudos realizados no meio acadêmico. Em uma visão ampla, a busca de melhores resultados em relação a esses empreendimentos, além de gerar benefícios aos seus usuários, também visa à melhorias para a sociedade (IPEA, 2007).

Recentemente foi proposta uma sistemática de avaliação da qualidade em habitações de interesse social pela pesquisadora Berr (2011), que permitiu apontar problemas existentes durante o processo construtivo. Em seu trabalho, Berr (2011) salientou a aceitação do uso de planilhas digitais aplicadas por *palmtop*, pois geram índices de conformidade já ao final de cada aplicação, e também enumerou dificuldades na aplicação da sistemática. As principais dificuldades estiveram relacionadas às questões operacionais, como problemas de interpretação de itens de verificação, e às divergências em relação a algum procedimento de execução entre os especialistas consultados ou bibliografia (BERR, 2011).

A sistemática proposta no referido trabalho contemplou os seguintes processos construtivos: revestimento argamassado, instalação de portas, instalação de janelas, alvenaria estrutural, fundações, instalações elétricas e instalações hidrossanitárias. Os resultados obtidos

foram analisados e discutidos por meio de gráficos e tabelas que mostravam o valor médio dos índices de conformidade obtidos; o desvio padrão dos índices de conformidade; o número total de amostras; a quantidade total de obras analisadas e a quantidade de empresas envolvidas no processo; e o tempo de aplicação das fichas de verificação (BERR, 2011). A Figura 2 apresenta os resultados obtidos no trabalho.



FIGURA 2 • Indicadores de conformidade dos processos construtivos (BERR, 2011)

Como mencionado no início deste trabalho, o Projeto SAHIS (GETEC/UFBA) desenvolveu outra proposta sistemática para avaliar a conformidade dos empreendimentos de habitação de interesse social. Na primeira etapa deste projeto, foram avaliados seis empreendimentos de HIS de uma empresa construtora (VASCONCELOS, 2011; SCHIRMER, 2011). Os principais resultados estão apresentados na Figura 3. Observa-se que os processos com menores índices de conformidade referem-se à massa única interna, revestimento cerâmico e gesso, além de instalações elétricas e hidráulicas. Estes resultados da etapa inicial da SAHIS foram tomados como base para a implantação de melhorias nos processos estudados no presente trabalho.

**PROCESSOS CONSTRUTIVOS × PERCENTUAL ATINGIDO (%)**

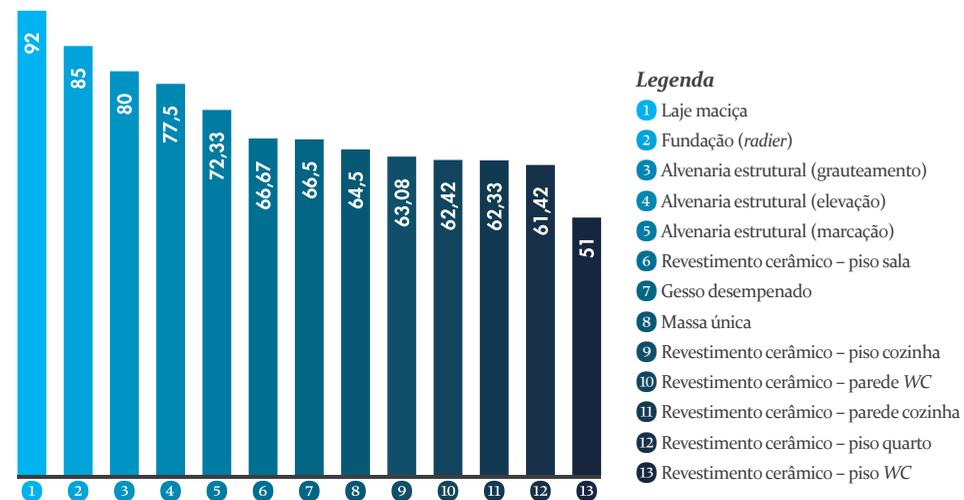


FIGURA 3 • Médias gerais do Índice de Conformidade dos Processos Construtivos (adaptado de SCHIRMER, 2011; VASCONCELOS, 2011)

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio das seguintes etapas: (a) revisão bibliográfica; (b) proposição de melhorias nos processos executivos; e (c) implantação do controle de qualidade dos processos executivos (Figura 4).



FIGURA 4 • Método de pesquisa

Na etapa de proposição, foram estabelecidas duas melhorias a serem implantadas: (1) controle da qualidade eficaz e (2) treinamento eficaz.

Para realizar as melhorias do controle da qualidade, foi desenvolvido um fluxograma com o sistema de gestão da qualidade da empresa em que foi estudado como melhorar os processos de acompanhamento e controle da qualidade. Utilizou-se o método PDCA para buscar a melhoria contínua, tendo como ponto principal melhorar a qualidade dos processos executivos no canteiro de obra.

Foi desenvolvido ainda um treinamento para a equipe operacional, juntamente com a equipe do projeto SAHIS, com textos e principalmente fotos para melhor entendimento das exigências da qualidade que a empresa em estudo espera dos operários. No estudo preliminar notou-se que o treinamento era realizado como uma conversa informal, dificultando o entendimento do que a empresa espera dos funcionários, pois a maioria da mão de obra da Construção Civil não tem um nível de escolaridade alto. O treinamento proposto teve como objetivo mostrar, por meio de fotos, o que o operário deve ou não fazer durante a execução dos processos construtivos.

Foi criado também um treinamento para os estagiários para que os mesmos, antes de iniciarem o processo executivo, saibam exatamente se está liberado (sem pendências) o início do serviço, além de orientar e acompanhar os operários de forma correta, segundo os procedimentos de padrão de qualidade que a empresa espera. Com esse treinamento, os estagiários novos, sem experiências no canteiro de obra, saberão exatamente como acompanhar os processos executivos. Como havia muitos itens de avaliação subjetivos na planilha, o treinamento foi passado com auxílio de visualização fotográfica, para que ficasse claro como deveria ser feito o acompanhamento dos serviços.

Na etapa de implantação das melhorias, foram selecionados os seguintes processos construtivos: gesso corrido, instalações elétricas e hidrossanitárias, revestimento cerâmico e revestimento interno (reboco). Estes processos foram selecionados em função dos estudos anteriores de Vasconcellos (2011) e Schirmer (2011), bem como em reuniões de alinhamento com a empresa, ocorridas no período entre 2/7/2012 até 6/8/2012, além de problemas observados no próprio canteiro de obras.

Para implantação do método proposto, utilizou-se um empreendimento pertencente ao Programa Minha Casa Minha Vida, em um condomínio de apartamentos de baixa renda lo-

calizado na cidade de Lauro de Freitas (Bahia). A avaliação foi realizada com base nas fichas de verificação da empresa construtora e a coleta de dados ocorreu entre 9/8/2012 e 20/12/2012, com acompanhamento diário em campo. Nas fichas de verificação, a conferência dos itens visava obter três respostas: Conforme, Não Conforme ou Não se Aplica.

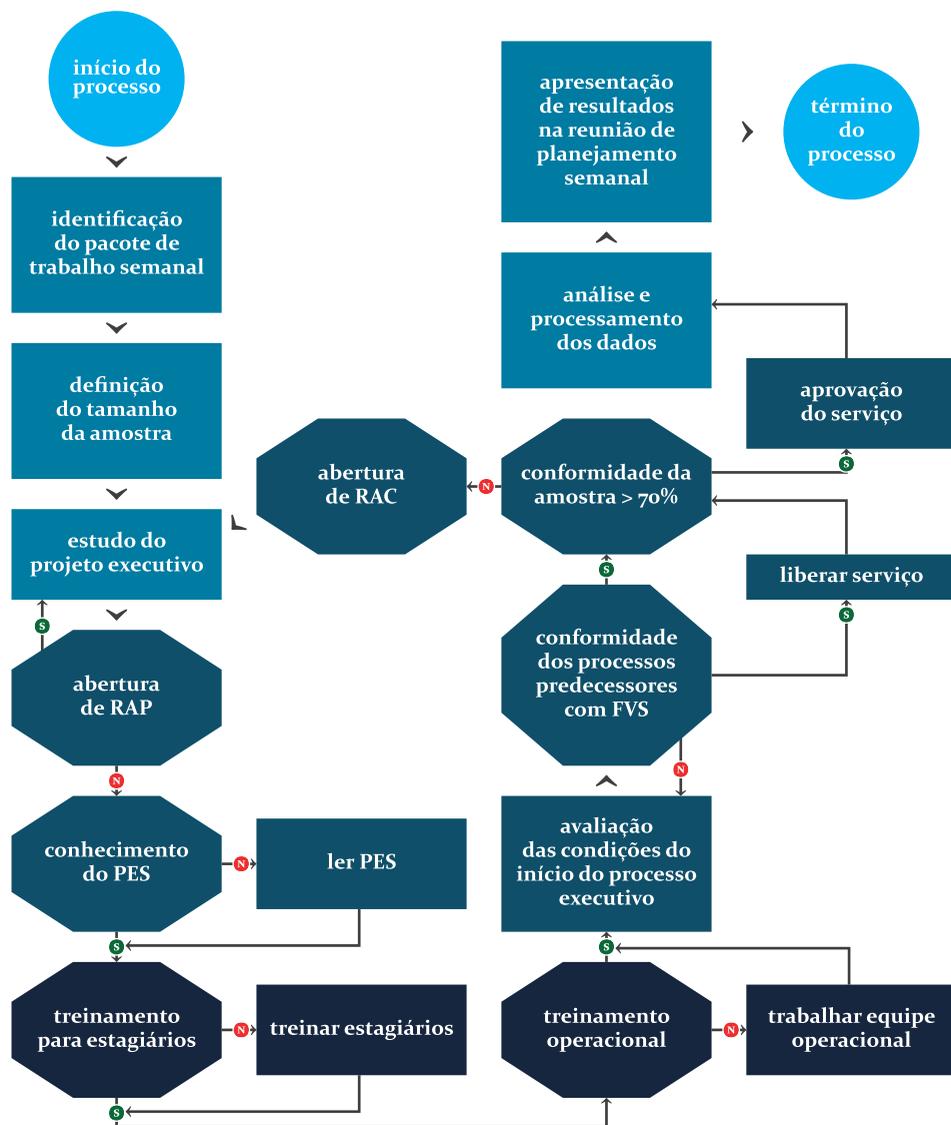
Foi desenvolvida uma planilha de processamento de dados com geração automática dos indicadores de qualidade baseado nas FVS e de gráficos de conformidade e erros recorrentes. Criou-se, além disso, uma planilha de controle na qual o engenheiro pode acompanhar, semanalmente, o andamento desses serviços. Nessa planilha, o engenheiro pode observar os principais problemas ocorridos nos processos e atuar de forma mais eficiente na sua causa.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos, quais sejam: o fluxograma para a sistematização do controle da qualidade nos processos construtivos; o treinamento para os operários de campo e outro treinamento para os estagiários visando acompanhar e orientar de forma correta os processos construtivos no decorrer da execução dos serviços; e, por fim, a avaliação da implantação destas duas melhorias, a partir de estudos de nível de conformidade antes e depois da implantação das melhorias nos processos construtivos selecionados.

### 4.1 Sistematização do controle da qualidade nos processos construtivos

Como pode ser visto na Figura 5, foi desenvolvido um fluxograma de sistematização da qualidade mostrando como deve ser realizado o acompanhamento da qualidade dentro do canteiro de obras. Este fluxograma foi construído com base em informações da engenharia sobre como deveria ser feito o controle da qualidade, buscando-se incluir também sugestões de melhoria com base na experiência do autor com o controle da qualidade na obra. Antes do trabalho, a empresa estudada não possuía essa rotina sistematizada.



**Legenda:** ● Engenharia / ● Estagiários / ● Qualidade

FIGURA 5 • Fluxograma de implantação da melhoria da qualidade nos processos construtivos

Este fluxograma mostra a participação de três principais intervenientes do controle da qualidade: estagiários de produção, engenheiros de produção e responsáveis pela qualidade.

A primeira etapa do controle da qualidade envolve o estabelecimento dos pacotes de trabalho que serão realizados pela engenharia no mês. Para cada um desses pacotes (processos construtivos) é estabelecida a amostra de avaliação de qualidade a ser realizada. Além disso, para cada processo construtivo, os projetos executivos devem ser estudados com olhar crítico para se identificar possíveis problemas de incompatibilidade de projeto e, caso seja encontrado algum problema, deve ser aberto um RAP (Relatório de Ação Preventiva). Ainda nesta etapa, os estagiários de produção passam a se envolver no estudo dos Procedimentos de Execução dos Serviços (PES).

Diante dessas informações obtidas pela engenharia, ficou evidente a necessidade de um treinamento mais claro para os operários do campo, principalmente no sentido de ressaltar a política de qualidade da empresa, a segurança do trabalho dentro do canteiro e a forma de execução dos processos de forma correta. Esse treinamento, desenvolvido em parceria com SAHIS, utilizou fotografias para melhor acompanhamento dos operários e foi baseado no PES da empresa.

Além disso, foi possível observar, também, que os estagiários não estavam preparados adequadamente para liberar e acompanhar os processos executivos. Foi verificado em campo, antes da implantação das melhorias, que muitos processos executivos estavam sendo liberados inadequadamente, sem que os processos predecessores estivessem finalizados, de forma que se tornava necessária uma mão de obra extra para concertar o que foi liberado erroneamente. Outra observação importante foi verificada durante o acompanhamento dos processos, no qual não havia estabelecido um padrão de conferência por partes dos estagiários.

Por tratar-se de uma empresa na qual o acompanhamento dos processos executivos em campo é realizado pelos estagiários por meio das FVS, chegou-se à conclusão que seria necessário estabelecer um treinamento também para esses estagiários, com o objetivo de melhorar a qualidade desses processos executivos.

A última etapa do fluxograma refere-se à fiscalização e à avaliação da conformidade dos processos construtivos por parte dos estagiários, além de análise e retroalimentação destes dados por parte da engenharia. É importante destacar que o nível de conformidade mínimo exigido para cada coleta é de 70%, caso contrário o estagiário deve abrir imediatamente um Relatório de Ação Corretiva. Na análise dos dados pela engenharia, considera-se satisfatório os processos com avaliação geral de 80% de conformidade.

## 4.2 Treinamento operacional e para estagiários

O treinamento operacional dentro da empresa estudada consistia em reunião com um estagiário, na qual o mesmo realizava uma apresentação oral sobre a política da qualidade, os aspectos de segurança do trabalho e as funções dos operários na execução dos processos construtivos. Sabe-se que os operários da Construção Civil geralmente possuem baixo grau de escolaridade e muitos são analfabetos, de forma que se torna complicada a comunicação e o entendimento de alguns operários durante os treinamentos. Objetivando melhorar a eficácia dos treinamentos, foram incluídas fotografias do que é certo e errado, possibilitando um treinamento mais visual (Figura 6) para facilitar o aprendizado dos operários.

**IMPORTÂNCIA DOS EPIS**

**CAPACETE DE SEGURANÇA**

**ÓCULOS DE SEGURANÇA**

**ABAFADOR DE RÚIDO**

**CINTO DE SEGURANÇA**

**CAMISA OU CAMISETA**  
(não pode ser manga regata)

**LUVAS DE RASPA**

**MÁSCARA FILTRADORA**

**CALÇA COMPRIDA**

**CALÇADO FECHADO**



**Obrigações do empregador**

- Fornecer aos empregados EPIs adequados ao trabalho.
- Instruir e treinar quanto ao uso dos equipamentos de segurança.
- Fiscalizar e exigir o uso de EPIs.
- Repor e fazer o descarte dos EPIs danificados.

**Obrigações do trabalhador**

- Utilizar adequadamente os equipamentos de segurança fornecidos pelo empregador.
- Conservar os EPIs em bom estado.

**Obs.: todos os equipamentos de segurança devem possuir certificado de autenticidade.**

### MÉTODOS EXECUTIVOS – CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO



- Com a desempenadeira de PVC, aplique o gesso em movimentos cruzados.**
- 1 Aplique o gesso de baixo para cima.
  - 2 Aplique da direita para a esquerda.
  - 3 Com a desempenadeira de metal, faça o alisamento final, usando somente o gesso mais fluido.

FIGURA 6 • Treinamento desenvolvido para os operários de campo

Em relação ao treinamento para estagiários (Figura 7), foi verificado em campo, antes da implantação das melhorias, que muitos processos executivos estavam sendo liberados inadequadamente, sem que os processos predecessores estivessem finalizados, de forma que se tornava necessária uma mão de obra extra para consertar o que foi liberado erroneamente. Para desenvolver esse treinamento, os problemas foram evidenciados com fotografias e um esquema, a fim de que os estagiários pudessem visualizar de forma clara e evitassem problemas futuros de retrabalho.



- 1 Antes de realizar o reboco, devemos **SONDAR** todas as tubulações elétricas, verificando se há tubulação amassada ou entupida, evitando quebra do reboco depois de pronto.



- 2 Antes de liberar o gesso, devemos nos atentar para a **POSIÇÃO** e **ALINHAMENTO** das caixas elétricas e conferir se está de acordo com o projeto.

FIGURA 7 • Treinamento para estagiários

Com esse treinamento, os estagiários sem experiência no canteiro de obras tinham informações para acompanhar os processos executivos, principalmente devido à subjetividade de itens de averiguação na ficha de verificação de serviço da empresa. O treinamento foi realizado com auxílio de visualização fotográfica, para que ficasse claro como deveria ser feito no acompanhamento dos serviços.

Com o treinamento passado aos estagiários, observou-se uma melhoria no preenchimento das FVS e, conseqüentemente, no número de não conformidade, pois os números de retrabalhos nos processos executivos diminuíram. Para verificar se os processos executivos estavam com conformidade superior a 70% no índice, uma planilha de controle era confeccionada para o engenheiro da obra. No caso de conformidade inferior a este índice, um RAC (Relatório de Ação Corretiva) era aberto e uma solução imediata para o problema era verificada.

### 4.3 Avaliação da implantação das melhorias na qualidade dos processos construtivos estudados

Para a avaliação da implantação, foi realizado um monitoramento dos processos construtivos, a cargo dos estagiários da obra, que se responsabilizavam por enviar a planilha com os gráficos mostrando o nível de conformidade dos processos analisados. Em paralelo a isso, o engenheiro fazia inspeções nos apartamentos para verificar se o acompanhamento e preenchimento das FVS realizados pelo estagiário condiziam com o que estava sendo executado. Para este monitoramento foram utilizados dois gráficos, sendo um relacionado ao nível de conformidade e o segundo relativo aos erros recorrentes identificados para cada processo estudado. Estes gráficos permitem verificar se o controle do nível de qualidade dos serviços prestados está dentro do padrão de qualidade esperado pela empresa. As Figuras 8 e 9 mostram as avaliações de gesso corrido, antes da implantação das melhorias, como exemplo de um dos processos estudados.

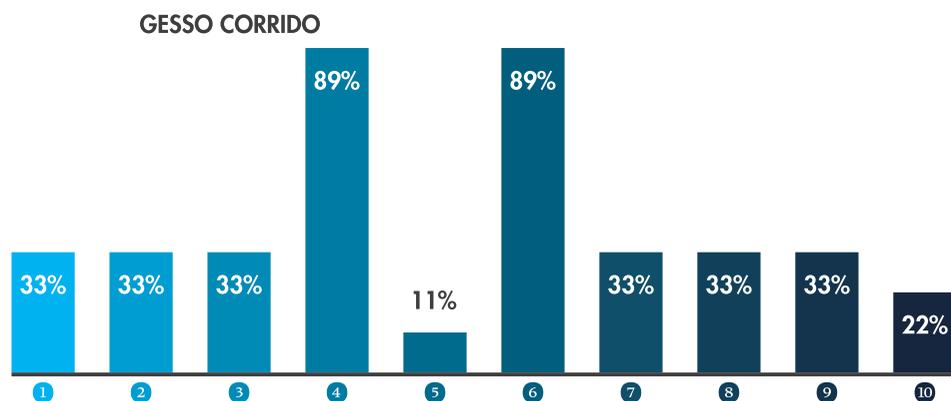


FIGURA 8 • Índice de conformidade do gesso corrido antes da implantação das melhorias



FIGURA 9 • Número de erros recorrentes do gesso corrido antes da implantação das melhorias

A Figura 10 mostra a evolução da qualidade nos cinco processos construtivos estudados, sendo observada uma melhoria significativa em todos os processos (instalações elétricas, massa interna, gesso corrido, cerâmica de piso e cerâmica de parede). Antes da implantação das melhorias, apenas o processo de assentamento cerâmico de parede alcançava a conformidade mínima de 70% e todos os demais processos apresentavam conformidade muito abaixo do mínimo, como era o caso de instalações elétricas (28,55% em 38 apartamentos); massa interna (28,9% em 38 apartamentos); gesso corrido (57,34% em 38 apartamentos); e cerâmica de piso (62,6% em 10 apartamentos).

### NÍVEL DE APROVAÇÃO NOS PROCESSOS EXECUTIVOS ANTES E DEPOIS DAS MELHORIAS



FIGURA 10 • Nível de qualidade antes e depois da implantação das melhorias

Após a implantação das melhorias, destacando-se a melhor orientação do operário de como realizar o serviço e um melhor acompanhamento da equipe de engenharia durante a execução dos serviços, todos os processos alcançaram índices de conformidade acima de 90%, o que mostra que uma adequada fiscalização e treinamento possibilitam ganhos em qualidade significativos.

Analisando a Figura 11, é possível observar os mesmos processos executivos antes e depois das melhorias implantadas. Antes das melhorias, foi observada a falta de eletrodutos nas lajes, por falta de conferência do projeto em campo antes das concretagens. Em alguns revestimentos internos (rebocos), depois de finalizados, foi possível observar que as posições das caixas elétricas e alguns pontos de hidráulicas estavam em posições diferentes do projeto, por falta de orientação aos operários que executaram o serviço. Além disso, a liberação para execução do gesso nos apartamentos, em alguns casos, era feita antes da realização da sondagem das tubulações, ou seja, não havia um critério de liberação para execução desse gesso.



1 Antes da implantação das melhorias / 2 Depois da implantação das melhorias

FIGURA 11 • Processos construtivos antes e depois das melhorias implantadas

Neste trabalho também foi possível comparar os resultados obtidos com os das pesquisas de Berr (2010) e Vasconcelos (2011). Observando a Tabela 1, fica evidente que antes da implantação das melhorias propostas nesta pesquisa, o índice de conformidade geral, tanto para massa única quanto para gesso, foi inferior aos obtidos nos estudos de Berr e de Vasconcelos, deixando claro que seriam necessárias medidas de melhoria na gestão da qualidade. Depois da implantação das melhorias, observou-se a evolução encontrada nos índices de conformidade e atingiu-se o valor esperado de conformidade, superior a 90%.

PESQUISADOR	min.	média	máx.	mediana	nº de amostra	nº de empresas	nº de obras	coeficiente de variação
<b>MASSA ÚNICA</b>								
<b>BERR (2010)</b>	34,3%	55,6%	74,1%	<b>67,0%</b>	24	10	10	0,24
<b>VASCONCELOS (2011)</b>	50,0%	62,8%	81,3%	<b>66,5%</b>	14	1	2	0,12
<b>MATOS – ANTES DAS MELHORIAS (2012)</b>	15%	28%	100%	<b>33%</b>	38	1	1	0,48
<b>MATOS – DEPOIS DAS MELHORIAS (2012)</b>	75%	95%	100%	<b>100%</b>	40	1	1	0,11
<b>GESSO CORRIDO</b>								
<b>VASCONCELOS (2011)</b>	55%	70%	80%	<b>73%</b>	12	1	2	0,10
<b>MATOS – ANTES DAS MELHORIAS (2012)</b>	11%	57%	100%	<b>61%</b>	38	1	1	0,52
<b>MATOS – DEPOIS DAS MELHORIAS (2012)</b>	40%	92%	100%	<b>100%</b>	35	1	1	0,17

TABELA 1 • Resultados estatísticos dos pesquisadores

Por fim, fica claro que, com a nova sistemática da qualidade funcionando na obra – com os treinamentos e melhor acompanhamento dos processos construtivos –, a qualidade dos processos construtivos aumentou.

Os estagiários manifestaram certa resistência em acatar as novas diretrizes inicialmente; porém, acabaram percebendo que todo esforço tem bons resultados e entenderam que devem instruir adequadamente os colaboradores antes de dar início aos serviços, para evitar erros. Os estagiários entenderam também a importância de só liberar um serviço após o término com qualidade do serviço predecessor.

Com essas medidas adotadas, não foram obtidos apenas ganhos com a qualidade, mas também no prazo da obra, já que retrabalhos não serão necessários na fase de acabamento da obra, colaborando, conseqüentemente, para não ultrapassar o orçamento planejado.

## 5 CONCLUSÕES

Atualmente, observa-se no mercado da Construção Civil, principalmente no nicho de habitação de interesse social, empresas com prejuízos devido ao baixo orçamento desse tipo de construção. Isso ocorre, na maioria das situações, em virtude de atrasos nas entregas das

obras, que geram gastos desnecessários. Esses atrasos muitas vezes estão relacionados ao número de retrabalhos realizados no término das obras, seja por falta de acompanhamento nos processos executivos no decorrer da obra, ou pela falta de orientação aos operários e empreiteiros por parte da equipe de engenharia.

Com a implantação das melhorias propostas nesta pesquisa no canteiro de obra, tornou-se evidente que os problemas de retrabalho podem ser evitados com uma orientação mais adequada em relação a como realizar e acompanhar de forma adequada os processos construtivos, tanto para a equipe de engenharia (engenheiros, mestre, encarregados e estagiários) como para os operários do campo (pedreiros, carpinteiros, gesseiros e ajudantes).

É importante ressaltar que não houve praticamente nenhum investimento financeiro para a implantação dessas melhorias no canteiro de obra, ou seja, todos os canteiros de obra da empresa podem aplicar essa metodologia de controle e acompanhamento da qualidade dos processos executivos. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR ISO 9001 (2000)**: Sistema de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

BARTZ, C. F. **Identificação de melhorias no processo de controle da qualidade em empreendimentos habitacionais de baixa renda**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2007.

BRITO, J. N.; FORMOSO, C. T.; ECHEVEST, M. E. Análise de dados de reclamações em empreendimentos habitacionais de interesse social: estudo no programa de arrendamento residencial. **Ambiente Construído**, vol. 11, p. 151-166, UFRGS, Porto Alegre, out./dez. 2011.

CORDEIRO, C. C. C. **Análise da oferta de habitações de interesse social em Porto Alegre**: um enfoque baseado em princípios da estratégia da produção (seminário de doutoramento). Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2003.

FRANCO, W. M. O *déficit* habitacional. **O Dia**, Brasília, fev. 2012. Disponível em: <[www.sae.gov.br/site/?p=10601](http://www.sae.gov.br/site/?p=10601)>. Acesso em: 17 jun. 2012.

JURAN, J. M. A Função Qualidade. In: JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. **Controle da Qualidade**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

PALADINI, E. P. **Avaliação estratégica da qualidade**. São Paulo: Atlas, 2002.

PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. Sistema da qualidade na construção de edifícios. **BT/PCC/104**: Boletim técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

ROSSATO, I. F. **Uma metodologia para a análise e solução de problemas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSC, Florianópolis, 1996.

SHIRMER, V. B. **Avaliação de empreendimentos habitacionais de interesse social com ênfase na qualidade dos processos construtivos: foco nos processos construtivos de obra bruta.** Monografia (trabalho de conclusão de curso) – UFBA, Salvador, 2011.

---

SCHRAMM, F. K. **O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2004.

---

VASCONCELOS, L. F. A. **Avaliação da qualidade de empreendimentos de habitação de interesse social com ênfase nos processos construtivos de revestimento.** Monografia (trabalho de conclusão de curso) – UFBA, Salvador, 2011.

# USO DO BIM NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Jaime de Jesus Kalil <sup>1</sup>

Dayana Bastos Costa <sup>2</sup>

## Resumo

“A indústria da Construção Civil tem vivenciado um período em que o planejamento e controle da produção, associados ao controle de custos e prazos dos empreendimentos, são fatores imprescindíveis para o sucesso das empresas, e obter êxito nesses controles exige muito esforço e organização por parte das mesmas. Para auxiliar esses processos, os recursos tecnológicos surgem como facilitadores de fluxo de informações e de interpretações que auxiliam as tomadas de decisões. O BIM surge como uma tecnologia que possibilita auxiliar todas as fases de um projeto, desde a sua concepção até o pós-entrega, ou seja, permite o gerenciamento de informações durante todo o ciclo de vida da construção. As ferramentas principais do BIM são a modelagem 3D paramétrica, o projeto colaborativo, a interoperabilidade e as simulações. Este trabalho tem como objetivo identificar os potenciais de utilização das ferramentas BIM nos processos de planejamento e controle da produção e como elas tem sido utilizadas por empresas de Construção Civil, apresentando os recursos referentes ao planejamento 4D e à geração de simulações. Será apresentado neste estudo um panorama de como o BIM tem sido utilizado nas empresas para auxiliar o planejamento, evidenciando as dificuldades, benefícios e expectativas futuras quanto a sua aplicação nesse processo. Entre as principais conclusões, verificou-se que a utilização do BIM resulta em melhorias e aperfeiçoamento dos processos de planejamento e controle da produção.”

**Palavras-chave** » planejamento e controle da produção; BIM; planejamento 4D.

---

<sup>1</sup> Engenheiro civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [jk\\_kalil@hotmail.com](mailto:jk_kalil@hotmail.com).

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Civil e professora do Departamento de Construção e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [dayanabcosta@ufba.br](mailto:dayanabcosta@ufba.br).

# 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, diversos trabalhos têm apontado muitas deficiências na forma como o planejamento e controle da produção é desenvolvido nas empresas de construção. De acordo com esses trabalhos, nas empresas de construção o planejamento é geralmente entendido apenas como a tarefa de gerar um plano – sendo denominado programação ou cronograma geral da obra –, e não como um processo gerencial (BERNARDES, 2001). Estudos realizados no Brasil e no exterior comprovam esse fato, indicando que deficiências no planejamento e no controle da produção estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos (MATTOS, 2010).

Em vista dessas dificuldades e deficiências e tendo-se em mente que o processo de planejamento e controle da produção é extremamente importante para o desempenho de uma empresa de construção (BERNARDES, 2001), exercendo um papel relevante na introdução de novos conceitos e princípios de gestão da produção na indústria da construção, é interessante que se procure explorar sua potencialidade, agregando metodologias e procedimentos que visem maximizar seus resultados.

A utilização da ferramenta BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção) surge como uma oportunidade de melhoria dos processos de planejamento e controle da produção. BIM é um conceito que fundamentalmente envolve a modelagem das informações do projeto, criando um modelo digital integrado de todas as especialidades, e que abrange todo o ciclo de vida do projeto (AZEVEDO, 2009). A modelagem 3D paramétrica, a interoperabilidade, a associação de informações ao modelo e a possibilidade de integração do modelo com o planejamento (planejamento 4D) são características que dão suporte a esse conceito.

Os modelos 4D ajudam a visualizar as restrições e as oportunidades da programação para melhorias do planejamento com ressequenciamento das atividades ou da relocação do espaço de trabalho. Segundo Silveira *et al.* (2006), o planejamento 4D associa os objetos existentes na maquete eletrônica a uma atividade do planejamento. Grandes equipamentos (gruas, elevadores provisórios, andaimes etc.) usados na construção podem ser associados a atividades do planejamento e serem visualizados ao longo do tempo, permitindo a detecção de interferências no andamento da obra.

A partir da visualização de um modelo tridimensional (3D), os responsáveis pelo planejamento podem analisar com maior facilidade a interação e o sequenciamento das tarefas, sendo

possível, também, perceber com maior clareza as restrições, incompatibilidades, problemas de construtibilidade e oportunidades de programação. O modelo de planejamento criado a partir do 3D expõe os problemas da construção relacionados ao acesso, às estruturas provisórias, à disponibilidade do espaço de trabalho e à conclusão do trabalho precedente. O modelo 4D também permite que engenheiros e construtores trabalhem juntos para determinar uma melhor sequência de desenvolvimento das atividades (SILVEIRA; GÓMEZ; JUNGLES, 2006).

O estudo do BIM se mostra pertinente e interessante para a indústria da Construção Civil. É uma ferramenta que precisa ser acolhida pelo setor e que pode trazer melhorias para os processos, resultando em avanços que podem ser significativos para o ramo.

O objetivo desta pesquisa é identificar os potenciais de utilização das ferramentas BIM nos processos de planejamento e controle da produção e como elas têm sido utilizadas por empresas de Construção Civil, apresentando os recursos referentes ao planejamento 4D e à geração de simulações. Esta pesquisa foi realizada em empresas de Salvador que possuem os níveis gerenciais de planejamento bem definidos e que utilizam as ferramentas BIM para a modelagem do projeto, de forma a possibilitar a análise da interação entre o uso das ferramentas e os processos de planejamento e controle da produção. Este trabalho não se destina a testar essas ferramentas.

## 2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo BIO (1988), o planejamento pode ser definido como o processo de alternativas e escolha de uma dessas dentre as várias identificadas, de acordo com determinados critérios, visando à consecução de determinado objetivo futuro. Porém, é interessante uma definição que vincule o controle ao processo de planejamento. Conforme Formoso (1991)<sup>3</sup> *apud* Bernardes (2001), planejamento é o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle.

O processo de planejamento e controle da produção, dividido em níveis hierárquicos e horizontes que abrangem escalas de tempo diferentes, produz planos com graus de detalhamento conforme o horizonte e a abrangência de cada nível em análise (MOURA, 2008).

Como ferramenta para esse processo, o Sistema *Last Planner* (LPS) foi desenvolvido a partir

<sup>3</sup> FORMOSO, C. A. *Knowledge based framework for planning house building projects*. Tese (Doutorado): *Departament of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, 1991.*



construção e operação de um empreendimento. BIM é um conceito que fundamentalmente envolve a modelagem das informações do projeto, criando um modelo digital integrado de todas as especialidades, e que abrange todo o ciclo de vida da edificação (AZEVEDO, 2009).

A metodologia BIM proporciona uma importante vantagem no gerenciamento de um projeto de construção, em relação ao gerenciamento dos principais recursos envolvidos no empreendimento que são os recursos financeiros, custos, materiais, recursos humanos, equipamentos, produtos e manufatura. Nesse sentido, acarreta resultados positivos na execução da obra, como aumento da precisão e diminuição de desperdício de tempo e materiais, reduzindo as alterações no decorrer da execução da construção (REVISTA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2012). A Figura 2 representa a utilização do BIM nas diversas etapas do projeto, como, por exemplo, estudos preliminares e de viabilidade, documentação, orçamento, planejamento, logística, operação e manutenção.

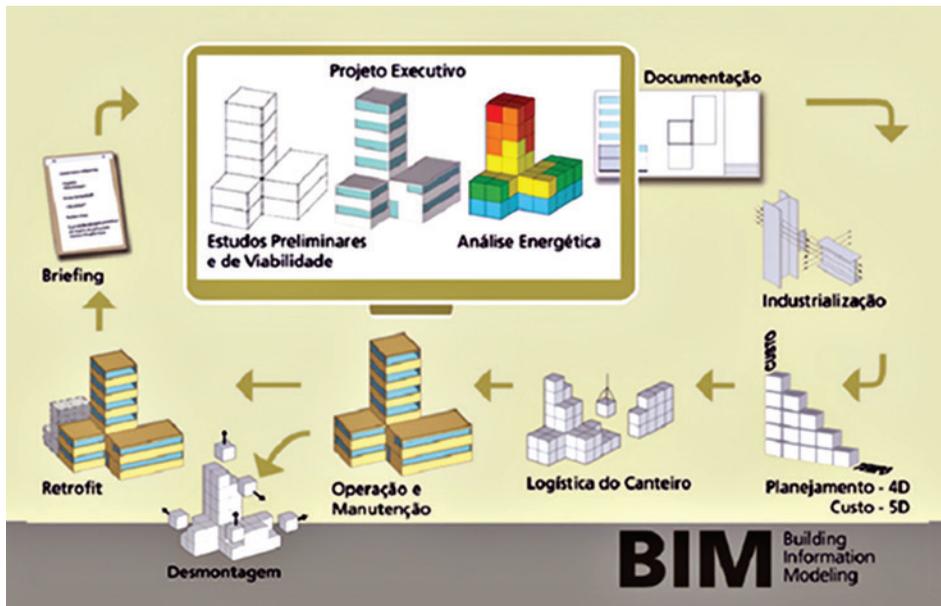


FIGURA 2 • BIM nas fases da construção (REVISTA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2011)

Em resumo, um modelo de informações de construção é uma simulação do projeto, que consiste nos modelos 3D dos componentes do projeto com *links* para todas as informações necessárias relacionadas aos processos de orçamento, planejamento, controle e construção

(KYMPELL, 2009). Os sistemas baseados na tecnologia BIM podem ser considerados uma nova evolução dos sistemas CAD, pois gerenciam a informação da construção no ciclo de vida completo de um empreendimento por meio de um banco de dados, incluindo todas as informações inerentes a um projeto integrado à modelagem em três dimensões (COELHO, 2008).

### 3.1 Ferramentas BIM

Duas ferramentas presentes no BIM que o diferenciam dos sistemas CAD tradicionais são a modelagem paramétrica e a interoperabilidade (EASTMAN *et al.*, 2008 *apud* ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Além dessas duas ferramentas, outra ferramenta relevante é a possibilidade de gerar simulações a partir do modelo.

A modelagem paramétrica permite a criação de objetos que se ajustam automaticamente a outros objetos no modelo, tal que, se uma mudança que altera o tamanho ou a localização é realizada, o modelo move-se e ajusta-se de acordo com a mudança (AZEVEDO, 2009). Além disso, modelos de construção baseados em objetos paramétricos possibilitam a extração de relatórios, checagem de inconsistências de relações entre objetos e a incorporação de conhecimentos de projeto, a partir dos modelos (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

A interoperabilidade pode ser definida como a possibilidade de compartilhar, de forma aberta e fácil, as informações em formatos genéricos, ou ainda a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar informações trocadas (AZEVEDO, 2009). É uma condição para o desenvolvimento de uma prática integrada com equipes de colaboração, por meio da integração da informação entre aplicativos computacionais que são utilizados pelos diferentes profissionais do projeto (ANDRADE, RUSCHEL, 2009).

A simulação gráfica fornece uma visão sobre como o empreendimento será construído dia a dia e revela origens de problemas potenciais e de oportunidades de melhorias (organização de equipes, os conflitos de espaço, problemas de segurança etc.). Além disso, o modelo pode incluir também objetos temporários de construção, tais como escoramento, andaimes, guindastes e outros equipamentos que podem estar ligados ao planejamento das atividades de construção (EASTMAN *et al.*, 2011).

### 3.2 Planejamento 4D com o auxílio do BIM

O planejamento 4D conceitualmente é um sistema que representa o tempo e o espaço. No processo de construção, a animação 4D simula o processo de transformação do espaço no decorrer do tempo e reflete a natureza quadridimensional da engenharia e da construção (MICKINNEY *et al.*, 2000). Esse sistema apoia a gestão da integração entre os componentes do projeto e os recursos, incentivando a comunicação, a aprovação e a melhoria dos cronogramas de construção entre as partes envolvidas, como gerentes de construção, os clientes, os projetistas, os subcontratados e os membros da equipe.

O modelo 4D permite um acesso mais fácil às informações do planejamento, sendo possível navegar eficientemente através delas. Além disso, a visualização 4D pode comunicar relações entre atividades do projeto não vistas em situações anteriores (SILVEIRA; GÓMEZ, JUNGLES, 2006).

A implementação do processo de planejamento 4D não deve ser descuidada ou apressada, pois pequenos erros podem levar a dificuldades muito maiores quando não identificados pelo planejamento adequado dos procedimentos. Com a utilização de ferramentas BIM, determinadas fases do projeto, muitas vezes, vão apresentar modelos bastante complexos e detalhados. Por isso, frequentemente a edição dos modelos existentes pode, de fato, exigir um esforço tão grande quanto o do recomeço, se não superior. A avaliação contínua é uma parte importante do desenvolvimento BIM, e vai ser influente na implementação real do processo (KYMPELL, 2009).

Segundo Eastman *et al.* (2011), avaliar a viabilidade ou a qualidade de um cronograma baseado somente em um gráfico de Gantt é muitas vezes difícil para muitos participantes do projeto, pois não existem associações visuais com as atividades mencionadas. O BIM permite aos planejadores criar, revisar e editar modelos 4D com maior frequência, o que leva à uma melhoria do processo, devido a alta confiabilidade das informações (EASTMAN *et al.*, 2011).

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa a ser adotada neste trabalho será um estudo de caso do tipo exploratório, sendo que os métodos utilizados para obtenção de informações foram o levantamento de dados por

entrevistas com os profissionais da área que fazem uso das ferramentas em estudo, e o de inferências a partir de observações dos processos. As etapas da pesquisa estão esquematizadas na Figura 3, sendo elas a *Revisão Bibliográfica*, o *Levantamento de Dados* e a *Análise dos Resultados*.



FIGURA 3 • Etapas da pesquisa

Para a realização desta pesquisa foram selecionadas duas empresas na cidade de Salvador (BA). A escolha dessas empresas foi motivada pelo fato de serem duas pioneiras, na cidade em que foi realizada a pesquisa, na utilização das ferramentas em estudo.

Para a coleta de dados sobre a utilização das ferramentas BIM no processo de planejamento e controle da produção, foram aplicadas entrevistas semiestruturadas com os profissionais envolvidos nas etapas de implantação e utilização da tecnologia em suas respectivas empresas. Sendo que as entrevistas, apresentadas no Anexo, foram realizadas da seguinte forma:

- **EMPRESA A – GERENTE DO NÚCLEO BIM** » entrevista realizada em janeiro de 2013 com duração aproximada de 90 minutos;
- **EMPRESA B – GERENTE DE IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA; GERENTE DO SETOR DE INCORPORAÇÃO E ENGENHEIRO DE PLANEJAMENTO** » entrevistas realizadas em janeiro de 2013 com duração acumulada de aproximadamente 60 minutos.

A análise dos resultados da pesquisa foi feita com as informações extraídas da revisão bibliográfica, do levantamento de dados sobre como a tecnologia BIM tem sido utilizada nas empresas durante o planejamento e controle da produção, e do levantamento sobre os bene-

ficios trazidos após a implantação dessa tecnologia, além das expectativas futuras quanto à disseminação e utilização do BIM em larga escala.

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir do levantamento de dados em empresas de Construção Civil com instalações em Salvador, que já iniciaram os processos de estudo e implantação da tecnologia BIM e seu uso no planejamento e controle da produção. Serão apresentados os motivos da implantação, as dificuldades encontradas na implantação, os resultados conquistados e as expectativas quanto ao uso da ferramenta em um futuro próximo e, a partir dessas informações, será exposto um panorama de como o BIM tem sido utilizado no planejamento e o seu potencial para aumentar a eficiência dos processos de planejamento e controle da produção.

### 5.1 Empresa A

Empresa construtora e incorporadora integrante de um grupo tradicional que chegou à Bahia em 2007, em um cenário de crescimento constante do mercado imobiliário no Estado.

#### 5.1.1 IMPLANTAÇÃO DO BIM

A empresa A sentiu necessidade de implantar uma ferramenta que auxiliasse nos processos de compatibilização, e através de uma empresa parceira de São Paulo conheceu o BIM e decidiu implantá-lo, a fim de corrigir esses problemas de projeto, sendo que o processo de implantação se iniciou em meados do ano de 2010.

A empresa trabalha com os *softwares* da AutoDesk, entre eles o Revit Arquitetura, o Revit Estrutura, o Revit MEP e o Navisworks. Além das despesas relacionadas à aquisição dos *softwares*, também foram necessários investimentos em equipamentos mais potentes, pois à medida que se detalha um projeto no Revit são gerados arquivos muito mais pesados do que os do Autocad. Então, foi necessária a aquisição de máquinas com processadores mais rápidos, maior memória RAM e placa gráfica, sendo que esta é muito importante para a renderização de projetos.

Na empresa A as principais mudanças percebidas após a implantação das ferramentas BIM estão relacionadas à grande redução nos problemas de compatibilização de projetos, que por consequência traz melhorias nos processos construtivos, pois com a utilização da ferramenta é possível visualizar e prever problemas na construção antecipadamente, diminuindo custos e retrabalho. As principais mudanças se resumem em melhoria da qualidade do projeto e alta confiabilidade das informações geradas a partir do modelo.

#### 5.1.2 USO DO BIM NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Com relação à utilização de ferramentas BIM no planejamento e controle da produção, a empresa ainda não está utilizando diretamente a tecnologia nos processos de planejamento, porém, existem estudos já feitos e um projeto a ser apresentado que visa fazer uso dos recursos dessa ferramenta em processos mais próximos às atividades de execução da obra. A empresa está aguardando o lançamento de um próximo empreendimento para implementação do BIM nas etapas de planejamento e controle da obra.

Apesar de atualmente utilizar pouco o BIM para o planejamento, a empresa identifica a resistência à mudanças, por parte das equipes de produção de obra, e a essência da cultura artesanal na Construção Civil como as principais dificuldades em aplicar as ferramentas BIM.

Em relação aos benefícios em utilizar o BIM no planejamento e controle da produção, a empresa identifica como principais pontos de utilização a visualização do sequenciamento das atividades, identificação de conflitos entre as atividades e a identificação de restrições para realização das mesmas, trazendo como principais benefícios a redução de custos, prazos e retrabalho, além de proporcionar processos mais eficazes com uma melhor utilização de equipes de mão de obra e materiais.

Segundo a empresa, o planejamento 4D proporciona como ganho uma melhor visualização de construtibilidade e programação de tarefas. A empresa apresenta como expectativa futura a implementação intensa do BIM, já nos próximos anos, nos processos de planejamento e controle da produção (pois atualmente só existem estudos e aplicações experimentais), e que isso produza resultados positivos nos canteiros de obras.

### 5.2 Empresa B

Empresa construtora que tem sua história iniciada por volta de 1923. Em 1944, a direção realizou mudanças que se tornaram um marco fundador da Organização, que cresceu e diversifi-

cou suas áreas de atuação. Atualmente, o ramo da Organização que atua na área de incorporação e construção desenvolve projetos residenciais, empresariais, comerciais e de turismo.

### 5.2.1 IMPLANTAÇÃO DO BIM

O início da implantação do BIM na empresa B ocorreu no ano de 2010, quando um diretor leu sobre o BIM em uma revista técnica da área de Engenharia Civil e provocou a equipe para que ocorressem mudanças de processos e condução da engenharia, apresentando o BIM como objeto de estudo para a equipe.

O BIM está começando a ser implantado na fase de execução da obra. Inicialmente tem sido utilizado pelo setor de engenharia montante, que apoia a equipe de desenvolvimento de produto na fase de lançamento do empreendimento, desenvolvendo todos os estudos preliminares (fundação, estrutura, contenção, instalações elétricas, instalações hidráulicas, automação, instalações de combate a incêndio, esquadrias, vidros, fachadas, estudos de sombreamento, estudos de garagens etc.) com o objetivo de chegar a melhor solução para o empreendimento.

Segundo o gerente responsável por implantar o BIM, uma das maiores dificuldades encontradas é identificar as metas a serem alcançadas pela utilização da ferramenta, pois o escopo de utilização do BIM é muito amplo, abrangendo as etapas de estudos preliminares até a etapa de pós-entrega. Outros entraves identificados foram as questões relacionadas ao prazo de planejamento de elaboração de projetos (em torno de um ano, sendo que as obras somente se iniciam após a elaboração de todos os projetos executivos), à identificação de um parceiro local para modelagem dos projetos, à distância entre a empresa responsável pela modelagem (São Paulo) e a obra (Salvador), e ao processo de adaptação e adequação entre a empresa responsável pela modelagem e a empresa construtora.

A principal mudança trazida pelo BIM, segundo o gerente, foi a forma de enxergar o projeto, pois o modelo possibilita uma melhor visualização do projeto, e conseqüentemente, uma interpretação mais refinada do elemento a ser construído. Outra mudança é a facilidade relacionada às questões de retirada de informações do modelo e à modelagem paramétrica.

### 5.2.2 USO DO BIM NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Com relação à utilização de ferramentas BIM no planejamento e controle da produção, a empresa ainda não está utilizando diretamente a tecnologia BIM nos processos de planejamento e controle dentro do canteiro de obras. O que ocorre atualmente em relação ao BIM no planejamento

é a elaboração do planejamento 4D para acompanhamento de prazo de obra. A empresa B tem outra empresa contratada responsável pelo planejamento, e mensalmente é feito o replanejamento da obra. Após isso, o cronograma revisado é integrado a um *software* específico para gerar o 4D e, a partir daí, são comparados os planejamentos em meses sequenciados com o objetivo de analisar as providências a serem tomadas, a fim de cumprir o prazo de entrega da obra.

Apesar de atualmente utilizar pouco o BIM para o planejamento, o gerente identifica a falta de pessoas capacitadas no mercado como uma das principais dificuldades em aplicar as ferramentas BIM no processo de planejamento. Segundo ele, isso não reside no fato de exportar o cronograma do MS Project para o Navisworks, mas em gerar a simulação do modelo ligado ao planejamento (planejamento 4D) e, além disso, outra dificuldade seria o tempo necessário para gerar essa simulação.

Segundo o gerente, um dos principais benefícios em utilizar o BIM no planejamento e controle da produção se refere à identificação de restrições que possibilitam o replanejamento e o ressequenciamento das atividades antes da execução dos serviços. A empresa identifica o planejamento como uma das etapas principais da construção do empreendimento e valoriza a questão de pensar, estudar e planejar antes de executar. O BIM através do modelo 3D e da simulação possibilita aos gestores responsáveis pelo planejamento estarem sempre um passo a frente.

O gerente da implantação BIM espera que, em pouco tempo, o responsável pelo planejamento possa elaborar um roteiro, acompanhando-o por meio da visualização do modelo 3D. O gerente também acredita, como expectativa futura, que nos próximos anos o BIM seja utilizado em larga escala nos processos de planejamento e controle da produção.

## 5.3 Panorama da utilização do BIM no planejamento e controle da produção

Este tópico tem como finalidade apresentar um panorama geral, onde serão apresentados resumos dos resultados obtidos através de entrevistas realizadas com os profissionais que atuam na implantação do BIM, destacando as dificuldades, os benefícios e as expectativas futuras, relativas a utilizar as ferramentas BIM no planejamento e controle da produção. O Quadro 1 apresenta o panorama BIM na empresa A, o Quadro 2 apresenta o panorama BIM na empresa B, e por fim, o Quadro 3 apresenta panorama geral do BIM no planejamento e controle da produção.

IMPLANTAÇÃO DO BIM	
<b>MOTIVO DA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>A empresa sentiu a necessidade de implantar uma ferramenta que auxiliasse nos processos de compatibilização de projetos</i>
<b>DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Dificuldade de mudança de cultura e paradigmas para implantação de uma nova tecnologia</i>
<b>BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Melhoria da qualidade do projeto e alta confiabilidade das informações geradas a partir do modelo</i>
<b>EXPECTATIVAS FUTURAS</b>	<i>As expectativas futuras da empresa são de utilizar o BIM em todas as fases do projeto</i>
USO DO BIM NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	
<b>USO DAS FERRAMENTAS BIM</b>	<i>Ainda não está utilizando diretamente, porém existem estudos já feitos e um projeto a ser apresentado que visa fazer uso dos recursos dessa ferramenta</i>
<b>DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Resistência à mudanças por parte das equipes de produção de obra e a essência da cultura artesanal na Construção Civil</i>
<b>BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Melhor visualização de construtibilidade e a programação de tarefas, além de redução de custos, prazos e retrabalho</i>
<b>EXPECTATIVAS FUTURAS</b>	<i>Utilizar as ferramentas BIM de forma intensa nos processos de planejamento e controle da produção</i>

QUADRO 1 • Panorama da utilização do BIM na empresa A

IMPLANTAÇÃO DO BIM	
<b>MOTIVO DA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Um diretor leu sobre o BIM e provocou a equipe para que ocorressem mudanças de processos e condução da engenharia</i>
<b>DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Identificar as metas a serem alcançadas pela utilização da ferramenta e encontrar parceiros locais para modelagem</i>
<b>BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>A forma de enxergar o projeto, pois o modelo possibilita uma melhor visualização do projeto e uma interpretação mais refinada do elemento a ser construído</i>
<b>EXPECTATIVAS FUTURAS</b>	<i>Quando as empresas perceberem que os resultados superam os investimentos, a implantação acontecerá de forma espontânea</i>
USO DO BIM NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	
<b>USO DAS FERRAMENTAS BIM</b>	<i>Elaboração do planejamento 4D para acompanhamento de prazo de obra</i>
<b>DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Uma das principais dificuldades em utilizar as ferramentas BIM no processo de planejamento é a falta de pessoas capacitadas no mercado</i>
<b>BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Identificação de restrições que possibilitam o replanejamento e o ressequenciamento das atividades antes da execução dos serviços</i>
<b>EXPECTATIVAS FUTURAS</b>	<i>Expectativa que nos próximos anos o BIM seja utilizado em larga escala nos processos de planejamento e controle da produção</i>

QUADRO 2 • Panorama da utilização do BIM na empresa B

IMPLANTAÇÃO DO BIM	
<b>DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Início da percepção das empresas, engenheiros e profissionais da Construção Civil para os benefícios gerados pela implantação do BIM e a resistência à mudança do modelo de produção adotado pelas empresas</i>
<b>MUDANÇAS PERCEBIDAS APÓS A UTILIZAÇÃO DO BIM</b>	<i>Cronogramas elaborados a partir de modelos 3D, restrições e incompatibilidades identificadas e removidas no modelo virtual e diminuição de retrabalhos</i>

IMPLANTAÇÃO DO BIM (cont.)	
<b>BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO BIM</b>	<i>Visualização do sequenciamento das atividades no planejamento 4D, estudo de logística e fluxos no canteiro de obras, redução de custos e cumprimento de prazos</i>
<b>EXPECTATIVAS FUTURAS QUANTO À UTILIZAÇÃO DO BIM</b>	<i>Utilização das ferramentas BIM, como o planejamento 4D e geração de simulações, em larga escala, nas empresas de Construção Civil</i>

QUADRO 3 • Panorama geral do BIM no planejamento e controle da produção

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta uma contribuição para o aperfeiçoamento dos processos de planejamento e controle de obras, à medida que apresenta ferramentas ainda pouco conhecidas nas empresas de Salvador e que podem ser utilizadas no auxílio desse processo.

As principais melhorias apresentadas com o uso da ferramenta se referem a ganhos em relação a informações mais seguras e a um controle maior das fases do ciclo da construção. Os benefícios são identificados por meio de fatores como a elaboração do planejamento a partir de modelos 3D (que possibilitam ao planejador uma visão espacial do projeto, facilitando a visualização do sequenciamento das atividades), possíveis conflitos e a identificação de restrições que possibilitam o replanejamento antes da execução dos serviços, gerando, conseqüentemente, resultados em relação a custos, prazos, logísticas de materiais e otimização de processos nos canteiros de obras.

Em relação às dificuldades encontradas (por meio dos dados coletados, da revisão bibliográfica e das entrevistas realizadas) na utilização do BIM no planejamento e controle da produção, pode-se apresentar como principais: o estabelecimento de escopo para sua utilização, ou seja, definir quando, como e onde aplicá-lo da melhor maneira; a falta de pessoas comprometidas e capacitadas no mercado, pelo fato de ser uma tecnologia recente no mercado regional da construção; os investimentos iniciais necessários para a implantação; a resistência às mudanças por parte das equipes de projetos e de produção de obra; e a essência da cultura artesanal na Construção Civil.

O BIM ainda está em fase inicial de aplicação nos processos de planejamento e controle da produção e de amadurecimento das equipes quanto a sua melhor utilização. Essa fase inicial demanda tempo de adaptação das equipes e da própria empresa, e demanda ainda investimentos, que, segundo as equipes que utilizam a ferramenta, têm retorno com os resultados obtidos. Espera-se que o mercado paulatinamente perceba os benefícios obtidos com o uso das ferramentas BIM e ao decorrer do tempo a sua utilização nas empresas de Construção Civil cresça de forma exponencial. ●

## ANEXO – ENTREVISTA BIM

### INFORMAÇÕES GERAIS

- 1 • O que motivou a implantação do BIM?
- 2 • Qual o número de funcionários que compõem a equipe BIM?
- 3 • Como foi realizado o treinamento dos envolvidos na implementação?
- 4 • Quais os *softwares* de ferramentas BIM são utilizados?
- 5 • Qual a dimensão de investimentos em *hardware/software* para implementação do BIM?
- 6 • Em quais setores da empresa o BIM tem sido mais utilizado (Planejamento, Orçamento etc.)?
- 7 • Em quais fases do projeto o BIM tem sido mais utilizado? E atualmente?
- 8 • Quais as principais dificuldades encontradas internamente na implementação do BIM?
- 9 • Quais as principais dificuldades encontradas externamente na implementação do BIM (projetos instalações, projetos complementares, formatos de arquivos etc.)?
- 10 • Quais as principais mudanças percebidas após a utilização das ferramentas BIM?
- 11 • Quais as expectativas futuras quanto à utilização do BIM?

### PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

- 12 • Como as ferramentas BIM tem sido utilizadas nas fases de planejamento da obra?
- 13 • Quais os *softwares* utilizados no processo de planejamento com BIM?
- 14 • Quais as principais dificuldades encontradas em utilizar o BIM no planejamento e controle da produção?
- 15 • Como se dá a troca de informações entre os envolvidos nos processos de modelagem, planejamento e produção?
- 16 • Como acontece o retorno das informações para reprogramação/replanejamento com BIM?
- 17 • Quais os benefícios notados em utilizar o BIM no processo de planejamento e controle da produção?
- 18 • Quais as expectativas e planos futuros quanto à utilização do BIM no planejamento e controle da produção?
- 19 • Quais são as medidas adotadas para atenuar/contornar as dificuldades de utilização do BIM no planejamento e controle da obra?
- 20 • As vantagens trazidas pelo BIM no planejamento e controle da produção tem compensado os esforços e investimentos?

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKARI, A. M. P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MS Project**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

ANDRADE, M. L. V.; RUSCHEL, R. C. BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2009, p. 1-12.

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building Information Modelling na direção técnica de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação, Universidade do Minho, Portugal, 2009.

BALLARD, H. G. **The Last Planner System of production control**. Tese (Doutorado em Filosofia) – *School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University Of Birmingham*, Inglaterra, 2000.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2001.

BIO, S. **Sistemas de Informação: um enfoque gerencial**. São Paulo: Atlas, 1988.

COELHO, S. B. S. **Coordenação de projetos de edifícios com emprego de sistemas colaborativos baseados em software livre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Construção Civil, UFSCAR, São Paulo, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Hoboken, Nova Jérsei, EUA: John Wiley & Sons, 2. ed., 2011.

FLORIO, W. Contribuições do *Building Information Modeling* no processo de projeto em Arquitetura. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Integração em Sistemas de Arquitetura, Engenharia e Construção, 2007.

KYMMEL, W. **Bulding Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulation.** 1. ed. McGraw-Hill, 2008.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras,** 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2010.

MCKINNEY, K. J. *et al.* **Interactive 4D-CAD.** Stanford University, California, EUA, 2000.

MOURA, C. B. **Avaliação do impacto do Sistema Last Planner no desempenho de empreendimentos da Construção Civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

REICHMANN, A. P.; OLIVEIRA, L. F. M.; BERNARDES, M. M. S.; FORMOSO, C. T. Implantação de um modelo de planejamento operacional da produção em uma empresa de edificações: um estudo de caso. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Dept. de Construção Civil – PCC-USP, 1998. p. 1-8.

MOZZATO, R. C.; PRAVIA, Z. M. C. Uso de BIM nas estruturas de aço: diagnóstico e desafios. **Construção Metálica,** 106. ed, São Paulo, 2012. Disponível em: <[www.cbca-acobrasil.org.br/artigos-tecnicos-ler.php?cod=5649&bsc=>](http://www.cbca-acobrasil.org.br/artigos-tecnicos-ler.php?cod=5649&bsc=>)>.

SILVEIRA, S. J.; GÓMEZ, L. A.; JUNGLES, A. E. Metodologia para interoperabilidade entre *softwares* de planejamento e de visualização gráfica para o desenvolvimento do planejamento 4D. In: ENEGEP, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2006. p. 1-11.

# ESTUDO DE VIABILIDADE ENTRE REVESTIMENTOS CERÂMICO E POLIURETÂNICO DE ALTO DESEMPENHO

Beatriz Salles Messeder <sup>1</sup>

Antonio Sérgio Ramos da Silva <sup>2</sup>

## Resumo

“O revestimento cerâmico no Brasil é amplamente utilizado na Construção Civil por se tratar de um material com alta resistência mecânica e possuir aplicabilidade em diversas áreas. Embora seu emprego nas edificações ofereça muitas vantagens, ainda são identificadas manifestações patológicas no sistema. Novas tecnologias em revestimentos de alto desempenho vêm sendo desenvolvidas para suprir as carências e deficiências encontradas no revestimento cerâmico. Propriedades como flexibilidade, resistência à tração e durabilidade são alcançadas com o poliuretano e tornam o revestimento mais eficiente e seguro. O objetivo do trabalho é avaliar as características, os comportamentos, as aplicações, as melhorias e os resultados do revestimento cerâmico e do revestimento de alto desempenho à base de poliuretano, analisando a viabilidade de cada um.”

**Palavras-chave** » revestimento cerâmico; poliuretano; viabilidade.

<sup>1</sup> Engenheira civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [biamesseder@hotmail.com](mailto:biamesseder@hotmail.com).

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Ambiental Urbana e professor do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais. E-mail: [asramos@ufba.br](mailto:asramos@ufba.br).

## 1 INTRODUÇÃO

A execução de revestimento cerâmico em piso no Brasil é impulsionada pelo aspecto estético adquirido, pela resistência do material e pela mão de obra disponível no país. Seu uso intenso sempre foi uma realidade entre as construtoras, seja em empreendimentos residenciais, industriais ou comerciais.

Atualmente, o grande aumento na procura de empreendimentos imobiliários aquece a economia e transforma as paisagens da cidade. As construtoras tentam abastecer as demandas do mercado, buscando inovações diante da grande concorrência. Arroçados projetos desafiam a Construção Civil, e a tecnologia dos materiais deve acompanhar esse desenvolvimento para satisfazer às necessidades da sociedade.

Neste novo panorama empreendedor, começam a aparecer dificuldades e barreiras para a utilização do revestimento cerâmico. Dentre as desvantagens, pode-se citar maior sobrecarga na estrutura, diferença nas cores das placas em lotes diferentes, baixa resistência à movimentação e maior trabalho na aplicação da cerâmica nas interfaces com as instalações. Além disso, modernas plantas de arquitetura, com formatos diferenciados, acabam gerando um número muito grande de recortes nas placas cerâmicas, o que aumenta o trabalho e a perda de material.

Na busca pela produtividade e pela redução de custo e prazo, além da eficiência e competência do produto finalizado, o sistema monolítico à base de poliuretano se apresentou como uma excelente alternativa para a melhoria do sistema. Sua tecnologia inovadora torna o revestimento flexível, impermeável e resistente aos produtos químicos, à abrasão e aos impactos, demonstrando maior rapidez, resistência, economia e durabilidade do sistema.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as características do revestimento cerâmico e do poliuretânico de alto desempenho, analisando seus comportamentos, vantagens e desvantagens, para garantir a escolha adequada dos materiais para cada tipo de estrutura e contribuir, assim, para o aperfeiçoamento do sistema de revestimento horizontal da Construção Civil do país.

## 2 METODOLOGIA

Visando melhorias na execução de revestimento para pisos, foram confrontados dois tipos de sistemas, o convencional com assentamento de placas cerâmicas e o alternativo à base

de resinas de poliuretano. Sabe-se que o sistema de revestimento horizontal de edificações requer que sejam adotadas soluções eficientes de impermeabilização, proteção mecânica do pavimento e controle de fissuras. O aspecto estético também é exigido e deve oferecer *design* atrativo, conforto visual e garantia de uma atmosfera apropriada e agradável.

Para facilitar a análise dos sistemas, não serão aqui discutidos os substratos para a aplicação dos dois revestimentos, a fim de priorizar a camada de acabamento. Entretanto, é necessário ressaltar a importância da preparação do substrato para aplicação dos sistemas, pois a correta execução desta etapa irá garantir a aderência e as resistências requeridas.

## 3 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

### 3.1 Histórico

O revestimento cerâmico vem sendo usado desde a antiguidade para revestir pisos e paredes. Suas características de impermeabilidade, durabilidade, versatilidade de cores e resistência mecânica, somadas à estética e à decoração, fazem do revestimento cerâmico um produto amplamente utilizado na Construção Civil.

De acordo com a NBR 13816 (1997), placa cerâmica para revestimento é um material composto de argila e outras matérias-primas inorgânicas, que são conformadas por extrusão ou por prensagem, podendo, ainda, serem conformadas por outros processos. As placas são então secadas e queimadas à temperatura de sinterização. Podem ser esmaltadas ou não esmaltadas, em correspondência aos símbolos GL (*glazed*) ou UGL (*unglazed*), conforme ISO 13006. As placas são incombustíveis e não são afetadas pela luz.

A criação dos poliuretanos (PU) é atribuída ao químico alemão Otto Bayer (1902-1982), que descobriu a reação de poliadição de isocianatos e polióis. Os isocianatos possuem o grupo NCO (nitrogênio, carbono e oxigênio), tendo fórmula geral  $R-N=C=O$ .

Vilar (2004) explica que na tecnologia dos PUs existem cinco reações principais dos isocianatos. O poliuretano é resultado da reação dos isocianatos com os polióis. O poliureia é oriundo da reação com a água, liberando gás carbônico, que é o principal agente de expansão nas espumas de PU. As Figuras 1 e 2 apresentam as reações.

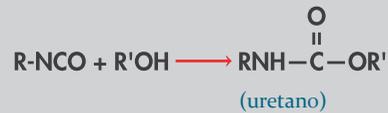


FIGURA 1 • Reação do isocianato com alcoóis



FIGURA 2 • Reação do isocianato com água

### 3.2 O revestimento cerâmico

Durante a vida útil de uma edificação, seus elementos estruturais sofrem dilatações e movimentações decorrentes da variação de temperatura e umidade, retração e expansão, recalques estruturais, dentre outros. Essas deformações, se excessivas, podem prejudicar o desempenho da estrutura e a funcionalidade da construção.

O sistema de revestimento deve acompanhar as solicitações de esforços, trabalhando e deformando junto às estruturas, evitando surgimento de trincas e fissuras, levando o sistema ao colapso. Para isso, o revestimento deve apresentar flexibilidade, elevado alongamento, resistência à tração e excelente aderência ao substrato.

Segundo Schuller, Bianchi e Aguiar (2008, p. 7):

“*Alguns dos principais problemas em corpos cerâmicos são surgimentos de trincas e porosidade indesejada, que se formam, respectivamente, a partir da diferença do coeficiente de dilatação entre as partículas de fases cristalinas com a matriz e pela presença de material orgânico na massa cerâmica durante a queima. As trincas têm grande influência negativa na resistência mecânica da porcelana e a porosida-*

*de pode prejudicar na qualidade do material como resistência mecânica e tenacidade à fratura.*”

Durante o processo de fabricação das cerâmicas, a formação de fases cristalinas é determinante para as características do material. Schuller, Bianchi e Aguiar (2008) afirmam que as principais fases cristalinas de uma porcelana são o quartzo e a mulita. À medida que se aumenta a quantidade de mulita cristalizada, aumenta-se a tenacidade da peça. Dessa forma, é definida a rigidez da placa cerâmica, diminuindo sua capacidade de absorção de esforços, podendo levar ao surgimento de patologias.

A argamassa de rejuntamento desempenha papel fundamental no alívio das tensões das placas cerâmicas, impedindo fissuras e trincas, e proporciona uma vedação segura contra infiltrações. Entretanto, a falta de padrões de qualidade no preparo do rejunte pode ser a causa das manifestações patológicas, como o aparecimento de fungos e bactérias, descoloração da argamassa de rejunte e aparecimento de fissuras na placa.

Ponciano (2011, p.31) verificou que, em algumas obras visitadas pelo autor, às vezes a embalagem do rejunte sofria avarias como umidade e choque, e, por isso, era substituída por outro tipo de embalagem qualquer. Isso gerava incertezas nas informações básicas em relação ao produto. Segundo Ponciano (2011), o maior controle das informações favorece a correta aplicação do produto, principalmente em construções que possuem diferentes tipos de rejuntas.

No que diz respeito aos projetos de paginação de piso, a inexistência de compatibilização com os demais projetos de instalações, estruturas e arquitetura, acarreta numa grande quantidade de placas cerâmicas cortadas, provenientes de interferências entre as diversas disciplinas. Segundo Souza *apud* Pozenato (2010), deve-se compatibilizar os diversos tipos de revestimento e interferências com o empreendimento. Na fase de projeto, pode-se propor situações que compatibilizem as espessuras dos revestimentos, ou alterações nas espessuras das bases, para compatibilizar interferências tais como: passagens de tubulação, impermeabilização e esquadrias.

Segundo Agopyan *et al. apud* Pozenato (2010), a quantidade de peças cortadas influi no valor do índice de perdas, e os cortes de peças maiores implicam em maior probabilidade de perdas. Sem falar na improdutividade gerada ao decorrer do processo e da potencialização das perdas, ocasionadas por erros humanos, devido à carência de mão de obra especializada.

As Figuras 3 e 4 apresentam exemplos da utilização do piso com revestimento cerâmico.



FIGURA 3 • Revestimento cerâmico para piso (fonte: www.revistaau.com.br)



FIGURA 4 • Revestimento cerâmico para piso (fonte: www.revistaau.com.br)

### 3.3 O revestimento poliuretânico

Atualmente, já não é mais tolerável a grande geração de resíduos da Construção Civil. Conforme Coutinho e Delpech (1999), nas últimas décadas, tem havido uma conscientização crescente de boa parte da população mundial quanto à preservação ambiental. Materiais recicláveis têm sido cada vez mais utilizados. As indústrias químicas vêm aperfeiçoando seus sistemas de tratamento de rejeitos. Restrições governamentais e movimentos sindicais, principalmente na Europa, a respeito do uso de substâncias orgânicas voláteis tóxicas (VOC – *volatile organic compounds*), vêm sendo de fundamental importância para o desenvolvimento de sistemas químicos menos poluentes, dentre os quais destacam-se os sistemas aquosos.

Coutinho e Delpech (1999) explicam que o poliuretano é um sistema polimérico aquoso, formado pela dispersão de um polímero pré-formado em água, e pode ser aplicado como revestimento com excelente desempenho, protegendo e embelezando uma ampla variedade de substratos, como aço, concreto, plásticos, metais, papel, couro e madeira.

O revestimento à base de poliuretano descrito neste trabalho é um sistema de acabamento e impermeabilização aderida de última geração e alto desempenho. É um produto de cura rápida, moldado *in loco*, aplicado a frio, sem riscos de incêndio. Dispensa o uso de telas de reforço e/ou camada de proteção mecânica (BASF, 2012).

De um modo geral, as composições para revestimentos de superfície são formadas por dois componentes básicos. Um deles, o aglutinante (*binder*), é o responsável pela formação

do revestimento. O outro é um líquido volátil que promove a viscosidade adequada para estocagem e aplicação e, normalmente, não faz parte do revestimento final, sendo eliminado por evaporação. A composição pode conter ainda uma série de aditivos (COUTINHO; DELPECH, 1999).

O poliuretano possui consistência fluida, caracterizando-o como um produto autonivelante, garantido, dessa forma, uma superfície plana e uniforme.

O seu sistema monolítico, sem juntas, torna o piso flexível, impermeável, de fácil limpeza e rápida aplicação. O revestimento pode ser utilizado de acordo com a necessidade do empreendimento, adotando as seguintes alternativas:

**1 • PISO ANTIDERRAPANTE**, com aspersão de quartzo, indicado para áreas de tráfego de veículos e pessoas;

**2 • PISO COM ACABAMENTO LISO COM APLICAÇÃO DE FLAKES DECORATIVOS**, indicado para áreas em geral, com predominância do aspecto estético;

**3 • PISO COM ACABAMENTO LISO SEM APLICAÇÃO DE FLAKES DECORATIVOS**, indicado para áreas em geral, sem a necessidade do acabamento estético.

As Figuras 5, 6 e 7 ilustram as três alternativas citadas acima.



FIGURA 5 • Aspersão manual de quartzo em piso antiderrapante (fonte: BASF, 2012)



FIGURA 6 • Piso em poliuretano com aplicação de flakes decorativos (fonte: MC-Bauchemie, 2012)



FIGURA 7 • Execução de poliuretano sem aplicação de flakes decorativos (fonte: BASF, 2012)

A partir da sua composição química, a estabilidade do poliuretano à exposição da luz e dos raios ultravioletas é afetada. Os poliuretanos aromáticos mostram tendência à alteração da cor original quando expostos, sem perda das propriedades mecânicas. Todavia, quando a manutenção da cor é um fator importante, os poliuretanos alifáticos devem ser usados, por serem estáveis à luz e aos raios ultravioletas.

A aplicação do poliuretano requer mão de obra e equipamentos especializados, e um alto controle de qualidade da execução, para se evitar possíveis manifestações patológicas, como:

aparecimento de bolhas; rodapé e piso com tonalidades diferentes; e não uniformidade na aspersão do *flake*. As Figuras 8 a 10 mostram estas patologias.



**FIGURA 8 •**  
Diferença de tonalidade



**FIGURA 9 •**  
Aparecimento de bolhas



**FIGURA 10 •** Não uniformidade na aplicação do *flake*

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

Este trabalho procurou avaliar os dois tipos de sistema de revestimento usados na Construção Civil, analisando suas características, seus comportamentos, vantagens e desvantagens. O foco principal foi explorar os resultados obtidos deste estudo e expor a viabilidade de ambos os sistemas, poliuretânico e cerâmico.

O revestimento cerâmico apresentou falhas e deficiências nas suas propriedades físicas, como baixa resistência à movimentação e baixa durabilidade; nos seus processos, pela falta de controle de qualidade e pela mão de obra desqualificada; pela fabricação de suas placas, com produção de algumas peças anômalas; além da omissão dos responsáveis diante da compatibilização de projetos. As Figuras 11 a 13 apresentam algumas dessas falhas.



**FIGURA 11 •** Sobras de material de revestimento cerâmico (fonte: Pozenato, 2010)



**FIGURA 12 •** Variação dimensional na altura das placas (fonte: Pozenato, 2010)



**FIGURA 13 •** Falta de compatibilização dimensional das placas com o ambiente (fonte: Pozenato, 2010)

De maneira geral, foi possível constatar, por meio das pesquisas baseadas na revisão bibliográfica, que o revestimento cerâmico não desempenha mais suas funções quando submetido a deformações de forma satisfatória e esperada, comprometendo, assim, a estrutura. A infiltração de água é uma das primeiras manifestações patológicas identificadas, decorrente de fissuras e trincas na cerâmica ou no rejunte, e algumas vezes pode carregar substâncias ácidas proveniente das chuvas, degradando os materiais constituintes das edificações.

A Tabela 1 apresenta os itens críticos na execução de revestimentos cerâmicos.

EM PISOS	EM PAREDES
Os “dentes” nas paredes implicam em consideráveis cortes	Presença de requadrações e dentes
As peças maiores causam grandes perdas devido as suas dimensões	Paredes fora de esquadro
Presença de requadros	Cortes para execução de rodapés
Diferença de espessura entre as placas	Instalações executadas
Quebras de peças para uso de elemento definidor do espaçamento entre as placas na aplicação	Projeto de paginação e de execução
Falta de projeto de paginação	Tipo de argamassa de assentamento
Dimensão incompatível do revestimento de piso com as placas cerâmicas	Dimensões das placas
Recortes errados	Dimensão do ambiente
Aplicação na diagonal	Coordenação modular entre dimensão das placas e do ambiente
Proximidade de paredes	Compatibilização
Não coordenação entre revestimento e os vãos dos ambientes	Espessura da junta
Não aproveitamento das peças cortadas	

**TABELA 1 • Itens críticos na execução de revestimentos cerâmicos – fonte: Pesquisa Nacional de Perdas (AGOPYAN *et al.*, 1998 apud POZENATO, 2010)**

Por outro lado, o poliuretano vem desempenhando bem as funções que são impostas, conferindo proteção contra agentes químicos, carregamentos mecânicos, descargas eletrostáticas e riscos de explosão; proporcionando agradável aspecto estético, elevada resistência mecânica, rápida liberação para uso após aplicação e fácil descontaminação e higienização do piso. As Figuras 14 e 15 mostram *cases* positivos da utilização do poliuretano como revestimento de piso.



**FIGURA 14 • Indústria siderúrgica (fonte: MC-Bauchemie, 2012)**



**FIGURA 15 • Amsterdam Arena (fonte: MC-Bauchemie, 2012)**

O embasamento prático-teórico deste trabalho foi fundamentado em um estudo de caso realizado em uma obra tipo arena multiúso, na qual os sistemas discutidos aqui foram propostos para a solução de revestimento. Após 48 horas da aplicação do poliuretano, foram feitos ensaios para determinação da resistência de aderência, através da medida da tensão de ruptura requerida para remover ou causar falhas na seção cilíndrica da superfície revestida, em conformidade com a NBR 14050 (1998). Foram feitos cinco testes de arrancamento, onde todos os rompimentos ocorreram no substrato de concreto, com uma resistência de aderência média de 1,7 MPa, mantendo o poliuretano íntegro e sem falhas. Provou-se assim a eficácia da aderência do poliuretano na superfície da base. As Figuras 16 e 17 demonstram os ensaios realizados.



**FIGURA 16 • Teste de determinação da aderência após 48 horas de aplicação do revestimento**



**FIGURA 17 • Retirada de cinco corpos de prova, com média de rompimento no concreto de 1,7 MPa**

Através dos índices de produtividade aferidos, relativos ao revestimento cerâmico e poliuretânico e suas respectivas propostas técnico-comerciais, foi possível estabelecer o comparativo entre as produtividades alcançadas, assim como exposto na Tabela 2. O poliuretano apresenta significativa diferença em relação ao revestimento cerâmico, no que se refere à velocidade de aplicação para uma equipe composta pelo mesmo número de pessoas. Sem considerar o ganho de tempo devido a não necessidade de executar arremates e cortes nas peças, como acontece constantemente no revestimento cerâmico, já que o poliuretano é moldado *in loco*, reduzindo também perdas de materiais.

SISTEMA CONVENCIONAL		SISTEMA ALTERNATIVO	
Especificação	Produtividade	Especificação	Produtividade
<b>REVESTIMENTO CERÂMICO: AZULEJO CERÂMICO (20 x 30 cm)</b>	7 m <sup>2</sup> /dia (por pessoa)	<b>PINTURA EM POLIURETANO</b>	500 m <sup>2</sup> /dia (equipe de sete pessoas)
<b>PISO PORCELANATO + MANTA</b>	15 m <sup>2</sup> /dia (por pessoa) + 10 m <sup>2</sup> /dia (por duas pessoas)	<b>POLIURETANO + FLAKE</b>	1000 m <sup>2</sup> /dia (duas equipes de dez pessoas)
<b>PISO PORCELANATO</b>	15 m <sup>2</sup> /dia (por pessoa)	<b>POLIURETANO + FLAKE</b>	1000 m <sup>2</sup> /dia (duas equipes de dez pessoas)
<b>PISO DE ALTA RESISTÊNCIA + MANTA</b>	10 m <sup>2</sup> /dia (por duas pessoas) + 10 m <sup>2</sup> /dia (por duas pessoas)	<b>POLIURETANO S/ FLAKE</b>	1000 m <sup>2</sup> /dia (duas equipes de dez pessoas)
<b>PISO DE ALTA RESISTÊNCIA + MANTA</b>	10 m <sup>2</sup> /dia (por duas pessoas) + 10 m <sup>2</sup> /dia (por duas pessoas)	<b>POLIURETANO ANTIDERRAPANTE</b>	1000 m <sup>2</sup> /dia (duas equipes de dez pessoas)

TABELA 2 • Comparativo de produtividade entre sistemas

O alto desempenho alcançado pelo poliuretano, através da eficiência e da segurança do revestimento, garante ao sistema uma vida útil estimada em 20 anos. As facilidades na higienização e manutenção do piso, assim como as resistências características já apresentadas neste trabalho, evidenciam a viabilidade do poliuretano para revestimento horizontal.

## 5 CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho, buscou-se avaliar os sistemas de revestimento cerâmico e poliuretânico, analisando desde suas composições químicas e processos de fabricação até os resultados alcançados e suas possíveis manifestações patológicas, com o objetivo de traçar as diretrizes para respaldar a viabilidade do sistema alternativo proposto (em ascendente expansão) em relação ao sistema convencional, largamente utilizado.

Nesse sentido, procuraram-se destacar o comportamento e o desempenho dos distintos sistemas em estudo, expondo suas vantagens e desvantagens, suas propriedades e características.

Constatou-se pelo estudo, que o sistema de revestimento cerâmico apresenta deficiências nos quesitos que regem suas propriedades físicas, químicas, seu desempenho, produtividade e perdas, além de gerar significativa quantidade de resíduos. Em contrapartida, o poliuretano vem se destacando exponencialmente e inserindo-se nos diversos ramos das indústrias, do comércio e da prestação de serviços. Suas características e propriedades garantem a durabi-

lidade e funcionalidade de um sistema de piso, levando em conta diversos fatores, desde o aspecto químico, físico e até aspectos estéticos e ambientais.

Através do estudo de caso de obra, foi possível determinar as produtividades alcançadas por cada sistema, mostrando que a inovação é válida e apresenta benefícios em relação ao sistema convencional, gerando melhores resultados em custos e prazos. O desempenho do poliuretano obteve grande êxito, demonstrando melhorias na resistência, no alongamento, na flexibilidade e impermeabilização do sistema. Suas características oferecem rápida aplicação, fácil limpeza e manutenção e a garantia do aspecto estético.

Buscou-se dominar as propriedades de cada revestimento, estudando suas origens, comportamentos, características, aplicações e resultados, ampliando os conhecimentos vistos em classe, durante as aulas ministradas pela UFBA no curso de Engenharia Civil sobre sistemas de revestimento e tecnologia e ciência dos materiais.

A Construção Civil é um dos setores que mais gera renda e impulsiona a economia e o desenvolvimento do país. Sua contínua evolução e busca por novas tecnologias movimentam diversos segmentos ao redor do mundo. A utilização de novos sistemas, mais eficientes e eficazes, traz inúmeros benefícios para sociedade e devem sempre ser estabelecidos novos desafios a serem alcançados. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARQUITETURA E URBANISMO. 182. ed. São Paulo, mai. 2009. Disponível em: <[www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/182/artigo134781-1.asp](http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/182/artigo134781-1.asp)> Acesso em: 3 fev. 2013.

ABNT. **NBR 13816 (1997)**: Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 14050 (1998)**: Sistemas de revestimentos de alto desempenho, à base de resinas epoxídicas e agregados minerais – Projeto, execução e avaliação de desempenho – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

BASF – THE CHEMICAL COMPANY. Disponível em: <[www.basf.com.br](http://www.basf.com.br)>. Acesso em: 25 jan. 2013.

COUTINHO, F. M. B.; DELPECH, M. C. **Poliuretanos como materiais de revestimento de superfície**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1999. Disponível em: <[www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14281999000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14281999000100006&script=sci_arttext)>. Acesso em: 29 jan. 2013.

MC-BAUCHEMIE. Disponível em: <[www.mc-bauchemie.com.br](http://www.mc-bauchemie.com.br)>. Acesso em: 25 jan. 2013.

PONCIANO, P. P. **Estudo do desempenho de rejunte fabricado com agregado de microsferas de vidro**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, UFMG, Belo Horizonte, 2011.

POZENATO, C. M. **Fatores determinantes na especificação e aplicação de materiais de revestimentos cerâmico visando à redução de perdas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Departamento de Construção Civil, UEL, Londrina, 2010.

SCHULLER, D.; BIANCHI, E. C.; AGUIAR, P. R. Influência de defeitos e diferentes processos de fabricação nas propriedades mecânicas finais de cerâmicas. **Cerâmica**, v. 54, p. 435-442, 2008.

VILAR, W. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <[www.poliuretanos.com.br/Capa/inicial.htm](http://www.poliuretanos.com.br/Capa/inicial.htm)> Acesso em: 27 jan. 2013.

# USO DE TEXTURA ACRÍLICA EM REVESTIMENTO DE FACHADAS

André Luiz Andrade Cardoso <sup>1</sup>

Antonio Sérgio Ramos da Silva <sup>2</sup>

## Resumo

“Textura pode ser definida como um produto pronto para uso, podendo ou não ser diluída em água, destinada ao revestimento de edificações e aplicável sobre superfícies diversas. O presente artigo é constituído por uma revisão bibliográfica sobre os “acabamentos texturizados” utilizados pela Construção Civil na execução de fachadas, realizados com produtos comercialmente conhecidos como texturas. Devido à carência de trabalhos neste segmento e à ausência de normas técnicas brasileiras que subsidiem a correta especificação e uso deste sistema, procurou-se concentrar o máximo de informações sobre o assunto com o intuito de apoiar, disseminar e fomentar o seu uso, buscando sempre as boas práticas construtivas. Como resultado deste artigo, é proposto um Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* – Planejar, Fazer, Checar, Agir) para subsidiar a implantação deste sistema nas obras, resultando em uma FVS (Ficha de Verificação de Serviços), para o controle de qualidade no canteiro e contribuindo com a correta execução deste serviço na Construção Civil, e ainda evitando retrabalhos.”

**Palavras-chave** » acabamento texturizado; pintura; fachada.

<sup>1</sup> Engenheiro civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [andrelzcardoso@gmail.com](mailto:andrelzcardoso@gmail.com).

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Ambiental Urbana e professor do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais. E-mail: [asramos@ufba.br](mailto:asramos@ufba.br).



Deste modo, frente à diversidade de obras fazendo o uso desta tecnologia, verifica-se que o acabamento texturizado obteve uma relevante aceitação no mercado da Construção Civil. De acordo com Brites (2007), isso deve-se ao fato, principalmente, da adequação à tecnologia construtiva local, aliado às vantagens iniciais diretas em relação às pinturas tradicionais e aos rebocos decorativos.

Cunha (2011) listou diversas vantagens inerentes ao sistema das pinturas texturizadas:

- As texturas apresentam boa aderência ao substrato, além de serem mais resistentes e duráveis, quando comparadas ao sistema tradicional (pintura lisa);
- Aderência adequada para superfícies lisas dispensando a necessidade de lixamento, chapisco, entre outras formas de atingir rugosidade superficial;
- O efeito de fluxo de água escorrendo pelas superfícies de fachadas pode ser minimizado com a aplicação de textura. Os acabamentos lisos propiciam a concentração de água e a textura auxilia na dissipação;
- Possuem durabilidade 2 a 3 vezes superior às tintas por possuírem mais cargas e serem mais inertes. Há de se levar em conta, também, que as películas são mais espessas, oferecendo maior proteção. Além disso, por ter um acabamento mais áspero e fosco, é capaz de esconder com mais eficiência possíveis defeitos do substrato;
- A camada espessa das texturas ajuda a disfarçar possíveis defeitos, oriundos das técnicas artesanais de construção utilizadas na aplicação da massa única, ou até mesmo defeitos de construção e fissuras mapeadas. Por isso, as texturas são ideais para fachadas danificadas ou que tenham sofrido muitas intervenções;
- Economia nos custos da mão de obra, por requerer apenas uma demão, e otimização da logística da obra.

## **2.1 Recomendações para o projeto e execução do acabamento texturizado**

### **2.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS REFERENTES AO PROJETO**

Alguns aspectos do projeto influem na qualidade e durabilidade da pintura, tanto na facilidade de aplicação inicial como na sua manutenção ao longo da vida útil dos edifícios, principalmente em superfícies externas. Pequenos detalhes de projeto muitas vezes podem provocar

elevados prejuízos estéticos na pintura, levando à redução da durabilidade, além de ocasionar frequentes intervenções na manutenção do edifício (UEMOTO, 2005).

O projeto de fachada tem a finalidade de especificar os materiais, geometria, juntas, reforços, tipos de acabamento, procedimentos executivos e de controle, assim como diretrizes para manutenção. Dentre os pontos levantados, optou-se pela abordagem da geometria da fachada, item fundamental para a durabilidade do revestimento, devido a sua relação com o controle do fluxo de água na superfície.

#### **2.1.1.1 Controle do fluxo de água na fachada**

O controle do fluxo de água na fachada é de fundamental importância para aumentar a vida útil do sistema de pintura, seja ele liso ou texturizado, assim como para valorizar o revestimento externo da edificação. Para se ter o aproveitamento máximo dos sistemas de pintura, faz-se necessário atentar-se para suas diretrizes e especificações ainda na fase de projeto, que devem ser compatibilizadas com os demais sistemas e com o processo executivo.

Dentre as diretrizes para o controle do fluxo de água, seguem algumas recomendações, propostas por Uemoto (2005):

- Uso de elementos construtivos, como rufos e pingadeiras, com o intuito de proteger as partes mais expostas à chuva, a exemplo da platibanda, evitando a incidência direta da água de chuva nas fachadas (Figura 1).



**FIGURA 1** • Uso de detalhe arquitetônico no topo do prédio (acervo do autor)

- Uso de detalhes construtivos que evitam o acúmulo de água da chuva e facilitam a dissipação dos filmes de água (que eventualmente se formam sobre a superfície). A apresentação de detalhes arquitetônicos, como frisos, pingadeiras, calhas e beirais, contribui para o escoamento da água. Por isso, esses detalhes devem ter geometria, dimensões, declive e posicionamento adequados (Figura 2).

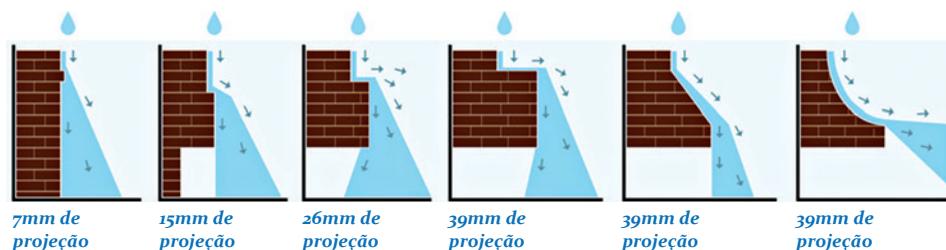
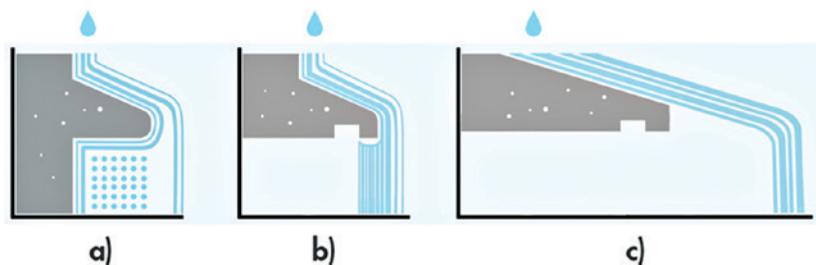


FIGURA 2 • Efeito das saliências na dissipação da água de chuva (UEMOTO, 2005)

- Com relação à geometria do projeto, devem-se evitar superfícies de contornos angulosos, que resultam em películas excessivamente finas e, conseqüentemente, de baixa proteção. As superfícies inclinadas também devem ser evitadas por facilitarem a deposição de partículas em suspensão, além de possibilitarem maior tempo de contato do filme de água de chuva com o revestimento.

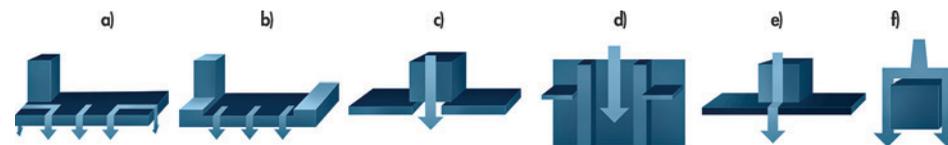
- Deve-se tomar cuidado também com as superfícies horizontais, que acumulam poeira e demais partículas que são carregadas pela chuva, escorrem e mancham as fachadas. Esse efeito deve ser minimizado com o uso de ressaltos e pingadeiras, que tem a finalidade de expulsar o fluxo de água. Contudo, algumas geometrias contribuem para o acúmulo de sujidades, devido à manutenção do fluxo. A Figura 3 ilustra a geometria dos ressaltos comparada à redução desses efeitos.



a) **Geometria ruim:** contribui para a degradação do revestimento, por manter o fluxo de água sobre a superfície.  
b/c) **Geometria boa:** contribuem para a expulsão do fluxo de água, aumentando a vida útil do revestimento.

FIGURA 3 • Efeito dos ressaltos no escoamento da água de chuva (UEMOTO, 2005)

A Figura 4 ilustra a geometria das pingadeiras em comparação com a redução dos efeitos do fluxo de água.



a/c/d/f) **Geometria ruim:** contribuem para a degradação do revestimento, por manter o fluxo de água sobre a superfície.  
b/e) **Geometria boa:** contribuem para a expulsão do fluxo de água, aumentando a vida útil do revestimento.

FIGURA 4 • Efeito das pingadeiras no fluxo de água de chuva (UEMOTO, 2005)

### 2.1.2 PREPARAÇÃO DA BASE

Falhas em pintura geralmente se manifestam na interface da película com o substrato, ou na própria película de pintura. Esses problemas são ocasionados por uma combinação de fatores e não unicamente devido à qualidade dos produtos aplicados, conforme observado em estudos de caso. As principais causas de falhas na pintura ocorrem devido a problemas com o substrato, como a presença de umidade ou à sua baixa resistência mecânica. As falhas na pintura também são causadas pela preparação inadequada, falta de preparação do substrato, especificação incorreta da tinta, condições inadequadas para aplicação dos produtos, ou má qualidade destes produtos. (UEMOTO, 2005).

Os fabricantes são unânimes em dizer que, para a obtenção de um revestimento de qualidade, seja uma pintura lisa ou com textura, a correta preparação do substrato e correta aplicação do produto são fundamentais. Para as condições de aplicação sobre substratos argamassados em fachadas, que representa o tipo de base mais utilizado neste sistema de revestimento, devem ser observadas as condições descritas a seguir.

#### « A base deve estar íntegra, firme e coesa »

Quando a base é constituída de um revestimento argamassado, implica dizer que este deverá estar firmemente aderido à alvenaria e/ou a estrutura, sem apresentar trincas, e com resistência superficial satisfatória.

Em superfícies com baixa resistência mecânica, como no caso de emboço frágil, os fabricantes costumam indicar a aplicação de um fundo preparador de superfícies, com o intuito de aglutinar as partículas soltas, seja ele de base orgânica ou mineral. A resistência mecânica pode ser verificada esfregando-se a superfície com os dedos e exercendo-se certa pressão, sendo considerada baixa quando não há coesão entre os grãos de areia (UEMOTO, 2005).

A aplicação do acabamento decorativo sobre substratos com baixa resistência certamente resultará em baixa durabilidade do acabamento decorativo, com seu descolamento prematuro.



FIGURA 5 • Furos no acabamento texturizado – falhas no substrato (acervo do autor)

Quando da aplicação sobre painéis de concreto, é preciso verificar a integridade do substrato com relação à presença de furos, que não devem existir (Figura 5).

« **Não deverá apresentar sinais de umidade, poeira, matéria orgânica, eflorescências ou partículas soltas, e estar isento de óleo, gorduras ou graxas** »

O não cumprimento a essas condições irá reduzir o potencial de aderência do acabamento decorativo, devido à contaminação superficial. As sujeiras e materiais soltos de modo geral deverão ser removidos por escovação ou lavagem.

Quanto à presença de materiais friáveis, oriundos de matéria orgânica presente nos agregados utilizados na produção das argamassas de revestimento, a contaminação do acabamento decorativo será inevitável (Figuras 6 e 7).



FIGURA 6 • Emboço contaminado por matéria orgânica (acervo do autor)



FIGURA 7 • Textura contaminada por matéria orgânica (acervo do autor)

« **Não deverá estar contaminada por micro-organismos, como fungos e algas** »

Além da contaminação superficial que prejudicará a aderência da textura (conforme explicado no item anterior), a contaminação previamente existente comprometerá com facilidade o novo produto aplicado, mesmo aqueles cuja formulação contempla aditivos fungicidas e algicidas. Esses aditivos visam prevenir a proliferação de micro-organismos nos novos revestimentos, porém não combatem uma infestação preexistente.

« **Os substratos à base de cimento e/ou cal devem ter idade mínima de 28 dias** »

Quando recém-executados, além da umidade presente, a camada de argamassa apresenta elevado pH, o que é extremamente danoso aos revestimentos à base de ligantes sintéticos (resinas), seja a pintura lisa ou texturizada, devido à tendência à saponificação (destruição da resina).

### 2.1.3 CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

De acordo com a NBR 13245 (2011) – Tintas para Construção Civil – Execução de pinturas em edificações não industriais – Preparação de superfície, os trabalhos de pintura devem ser realizados em consonância com as condições ambientais especificadas, que também se aplicam aos sistemas com revestimentos texturizados. Deve-se atentar para as condições de temperatura e umidade, movimento do ar e vento, fatores sazonais, poluição atmosférica, iluminação e ventilação.

### 2.1.4 APLICAÇÃO DA TEXTURA

Diversos são os tipos de texturas disponíveis no mercado, variando também o método de aplicação. Não é objetivo deste artigo detalhar o método de aplicação de cada um dos tipos de acabamentos texturizados, mas sim apontar alguns detalhes relevantes para a obtenção de um bom acabamento.

O processo de aplicação inicia-se pelo manuseio e diluição do produto. As texturas são normalmente fornecidas em latas ou baldes de 18 l, ou sacos plásticos com 15 kg. Nesta última opção, é preciso atentar-se para o correto manuseio, tanto no quesito armazenamento, devido à maior fragilidade da embalagem, como no processo de retirada do conteúdo da sacaria, a fim de evitar desperdícios. Os sacos plásticos devem ser abertos em uma das suas extremidades, vertendo o produto para um recipiente plástico (deve-se evitar o uso de latas metálicas por conta da possível contaminação com ferrugem), limpo e estanque. Após a retirada da maior parte do material, o saco deverá ser torcido, para o aproveitamento total do seu conteúdo.

O processo de diluição das texturas deve ser bem controlado e realizado apenas por profissionais instruídos para essa atividade. No geral, as texturas podem ser fornecidas prontas

para uso, porém, devido a uma eventual perda de consistência durante a estocagem, ou para a obtenção de um determinado efeito, poderão receber uma adição de 5% a 10% de água sobre o seu peso. A condição para diluição poderá variar de acordo com a recomendação do fabricante.

A diluição excessiva ou fora de padrão poderá trazer danos ao revestimento. Texturas com excesso de água tendem a perder o seu potencial de cobertura, têm a performance do ligante reduzida, e tendem a perder a estabilidade, podendo provocar variações de cor por conta da sedimentação ou floculação dos compostos sólidos, inclusive os pigmentos.

Na Figura 8 pode-se observar a emenda de dois painéis, executados com o mesmo material, porém, manuseados e diluídos de forma diferente. Como consequência, podem-se visualizar dois acabamentos distintos, sendo um mais rugoso, e outro mais liso (devido à maior adição de água), passando a impressão de duas tonalidades.



**FIGURA 8** • Diferença de tonalidade em fachada, devido à não padronização do acabamento (acervo do autor)

Outro ponto importante referente à aplicação das texturas diz respeito ao tempo de secagem superficial, que será chamado de “tempo em aberto”. O tempo em aberto regulado em uma textura é de fundamental importância para um bom aspecto final do revestimento. Entende-se por tempo em aberto regulado quando este intervalo permitir uma aplicação contínua, sem deixar marcas, dentro das condições ambientais normais.

De um modo geral, as texturas não aceitam emendas. Deste modo, é preciso planejar a execução dos serviços, evitando-se interrupções na aplicação, o que poderá resultar em marcas e manchas no revestimento. Na fase de projeto, esse problema pode ser contornado com a previsão de juntas, delimitando os painéis de aplicação e, conseqüentemente, reduzindo os riscos de interrupção. Em painéis excessivamente extensos, faz-se necessário dimensionar corretamente a quantidade de aplicadores, evitando, também, interrupções e emendas.

## 2.1.5 DIRETRIZES PARA BOAS PRÁTICAS NA EXECUÇÃO DOS ACABAMENTOS TEXTURIZADOS

Com base no que foi apresentado anteriormente e, mais uma vez reforçando a peculiar situação vivenciada no atual mercado consumidor de revestimentos texturizados, devido ao intenso uso e à ausência de normas técnicas, o presente artigo propõe a utilização de um “CICLO PDCA” para as boas práticas na execução de fachadas com texturas.

### a) Planejamento

As manifestações patológicas nos sistemas de revestimento de fachadas certamente estão entre os problemas mais temidos pelos empreendedores e construtores. Além da sua importância pelo aspecto visual, os revestimentos cumprem um papel fundamental na durabilidade e proteção das edificações.

Com o intuito de reduzir esses problemas, faz-se necessário tratar essa fase da construção com planejamento e procedimentos executivos minuciosos. Ainda pouco difundidos, os projetos executivos de sistemas de revestimento com texturas podem contribuir de forma relevante para a diminuição das manifestações patológicas.

Alguns aspectos do projeto influem na qualidade e durabilidade da pintura, tanto na facilidade de aplicação inicial como na sua manutenção ao longo da vida útil dos edifícios, principalmente em superfícies externas. Pequenos detalhes de projeto, muitas vezes podem provocar elevados prejuízos estéticos na pintura, levando à redução da durabilidade, além de ocasionar frequentes intervenções na manutenção do edifício (UEMOTO, 2005).

A principal característica dessa etapa construtiva é o foco dado à produção. Além de plantas e desenhos com detalhes construtivos, o projeto de fachadas deve descrever como o revestimento deve ser realizado. Dessa forma, o primeiro objetivo é oferecer todo o detalhamento construtivo necessário para que as decisões sejam planejadas, em vez de serem tomadas no canteiro (REVISTA TÉCHNE, NOVEMBRO/2004).

Além do detalhamento construtivo, o planejamento deve ser estendido à parte executiva:

- especificação dos materiais e contratação de mão de obra especializada;
- programação para aquisição dos materiais, de acordo com a quantidade necessária, procurando minimizar a diversidade de lotes quando da utilização de produtos coloridos, a fim de evitar possíveis diferenças de tonalidade na fachada;
- disposição de ferramentais e equipamentos de apoio necessários para o serviço (andaimes, “balancim” ou “cadeirinha”);

- programação dos serviços, levando-se em consideração os predecessores e as condições ambientais.

#### **b) Execução**

Com base no planejamento, a execução deve ser realizada em cima de procedimentos predefinidos. As responsabilidades devem estar evidenciadas, de modo que, posteriormente, as inspeções sejam realizadas com clareza e objetividade.

Como exemplo de tópicos a constar em um procedimento operacional, pode-se destacar:

- responsáveis pela inspeção e aprovação do serviço;
- responsáveis pela execução do serviço e diretrizes para treinamento da equipe;
- máquinas, equipamentos, materiais e ferramentais necessários;
- critérios de aceitação e disposições, para o caso de não conformidades;
- descrição das atividades para execução dos serviços.

#### **c) Inspeção**

Durante a execução dos serviços e na sua finalização, antes de proceder com a sua entrega e passagem para a próxima etapa, deve-se realizar uma inspeção, com referência em critérios de aceitação preestabelecidos. Essa inspeção pode ser realizada através de uma FVS (Ficha de Verificação de Serviços), conforme modelo apresentado em anexo.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com o que fora explanado na justificativa para a elaboração deste trabalho, foi possível evidenciar, durante a sua realização, o descaso que perdura junto à utilização de texturas para o revestimento decorativo de fachadas.

É difícil aceitar que ainda existem empresas construtoras concebendo e executando suas fachadas de forma isolada, sem a interação com os demais sistemas de uma edificação, com ausência de especificações e projetos, e com suas diretrizes sendo determinadas no ato da execução, sem nenhum tipo de planejamento e também sem fiscalização das suas ações.

Vale ressaltar que a ausência de normas técnicas voltadas para o segmento das texturas contribui para o uso indiscriminado de materiais, adquiridos sob a análise de informações basicamente comerciais, esquecendo-se da análise do seu desempenho, e levando-se em conta o preço unitário.

Entretanto, esse cenário não deverá durar por muito tempo. Já é possível notar uma determinada movimentação no meio técnico, com a criação de um Comitê Brasileiro para as atividades de normalização voltadas para tintas, vernizes e produtos correlatos. Sob a liderança da ABRAFATI (2012), estão representados no CB-164, desde Novembro/2011, os principais especialistas em tintas, as instituições de pesquisas e os órgãos técnicos, o que permitirá resultados ainda melhores no processo de ordenamento do setor. O que se espera é que os “produtos correlatos” possam abranger os revestimentos texturizados.

O desenvolvimento de metodologias para a avaliação de desempenho das texturas acrílicas também já é uma realidade, que vem sendo aprimorada com estudos realizados pelos pesquisadores do laboratório de materiais de Construção Civil do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), com base em normalização estrangeira.

Lacunas de estudo podem ser exploradas nesse segmento, com a adequação de métodos de ensaios aplicáveis à realidade do mercado nacional, de acordo com as exigências e particularidades de cada região do país, devido à ampla variação das condições ambientais no território brasileiro.

Com a realização deste trabalho foi possível agrupar o conhecimento adquirido nos últimos anos de estágio, com relevante atuação na área de tecnologia dos materiais, inclusive com acabamentos texturizados, o que de certa forma ajudou e contribuiu para o enriquecimento do tema.

O que se espera é que este projeto não fique apenas na teoria, devendo se estender para a prática, e contribuir com a melhoria da qualidade das obras adequadas ao sistema em questão, dando continuidade a um dos objetivos específicos do trabalho. ●

MODELO SUGERIDO PELO AUTOR		FVS - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇOS EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO TEXTURIZADO		FVS 01 Página: 1/1
Obra: Profissional Executor:				
Local do Serviço: <input type="checkbox"/> Torre <input type="checkbox"/> Áreas comuns		Apontamento do Local de Aplicação:		
LEGENDA	Ainda não verificado "Em branco"	Reprovado	Aprovado após reinspeção	
		X	O	
REQUISITOS P/ VERIFICAÇÃO				
AMBIENTE OU FACHADA VERIFICADA				
	Data de início	Data de início	Data de início	Data de início
1/ A massa única está concluída e possui 30 dias de conclusão?				
2/ O substrato está íntegro, livre de matéria orgânica e demais impurezas?				
3/ Os peitoris estão concluídos e arrematados?				
4/ Os detalhes que não serão revestidos estão protegidos?				
5/ A base foi selada com selador apropriado?				
6/ A textura apresenta-se uniforme, sem falhas, manchas ou escorrimentos?				
7/ Após o término do serviço, o local foi limpo?				
OBSERVAÇÕES, OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE E TRATAMENTO:				
VERIFICADOR (NOME E ASSINATURA)		ENGENHEIRO DA OBRA (NOME E ASSINATURA)		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 13245 (2011):** Tintas para Construção Civil – Execução de pinturas em edificações não industriais – Preparação de superfície. Rio de Janeiro, 2011. 6 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575 (2012):** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2012. 52 p.

ABRAFATI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS. Disponível em <[www.abrafati.com.br](http://www.abrafati.com.br)>. Acesso em: 29 fev. 2012.

BECERE, O. **Revestimentos de ligantes sintéticos: proposta de métodos de ensaios para avaliação de desempenho.** Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2007.

BRITEZ, A. **Diretrizes para especificação de pinturas externas texturizadas acrílicas em substrato de argamassa.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2007.

CUNHA, A. **O estudo da tinta/textura como revestimento externo em substrato de argamassa.** Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2011.

LARA NETO, D. Revestimento de quartzito. *Téchne*, n. 33, p. 55-58, São Paulo, 1998.

SABBATINI, F. H. *et al.* Notas de aula – Aula 15 – Sistemas de Pintura. **Tecnologia da Construção de Edifícios II**, São Paulo, Escola Politécnica da USP, 2006. Disponível em: <[www.pcc.usp.br](http://www.pcc.usp.br)>. Acesso em: 7 abr. 2012.

UEMOTO, K. L. **Projeto, execução e inspeção de pinturas.** 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 111 p. (Coleção Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras).

# VIABILIDADE ECONÔMICA DA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO COM ARGAMASSA PROJETADA

Ana Paula Araujo <sup>1</sup>

Jardel Pereira Gonçalves <sup>2</sup>

## Resumo

“ Este trabalho visa avaliar a viabilidade econômica (custos diretos e indiretos) da execução de revestimento vertical interno utilizando a projeção mecânica (fluxo contínuo) com bomba e argamassa industrializada (argamassa projetada). A estratégia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso, com o intuito de obter uma análise comparativa das aplicações, manual e por projeção, do serviço de execução de revestimento em argamassa. Foram definidas duas obras na cidade de Salvador nas quais foi realizado o acompanhamento do processo, o levantamento dos custos envolvidos (diretos e indiretos) em cada sistema e o cálculo dos índices de produtividade, de perdas e de análise de desempenho dos mesmos. Os resultados obtidos apontam que o aumento da produtividade, a redução do prazo e, conseqüentemente, a redução dos custos, viabilizam o uso da execução do revestimento aplicado por projeção mecânica em relação à aplicação manual. ”

**Palavras-chave** » revestimento; argamassa; projeção.

---

<sup>1</sup> Engenheira civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: paulabps@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Civil e professor do Departamento de Construção e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: jardelpg@ufba.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Construção Civil no Brasil tem apresentado índices de crescimento bastante elevados, porém a oferta de material e mão de obra existente não tem sido suficiente para suprir as necessidades do setor. Esta carência tem gerado problemas no cumprimento dos prazos estabelecidos para entrega dos empreendimentos. Uma das maneiras de buscar a redução desse atraso é com técnicas associadas à utilização de sistemas racionais em canteiros de obras, como a utilização de produtos industrializados e novos métodos construtivos, nos quais se enquadram as argamassas aplicadas por projeção mecânica.

A substituição da técnica de aplicação manual de argamassas de revestimento pela projeção mecânica tem se mostrado eficiente devido ao aumento da produtividade, a partir da mecanização da produção, e à redução da variabilidade da energia de lançamento intrínseca à aplicação manual. O estudo desenvolvido por Antunes (2005) mostrou que: a projeção manual apresenta energia bastante variável, visto que a velocidade empregada pelo pedreiro varia de 1,5 a 15 m/s; e que a energia de projeção pode afetar a taxa de defeitos na interface argamassa-base, gerando problemas de aderência a curto ou longo prazo. Sendo a aderência da argamassa uma de suas propriedades mais importantes, e sabendo-se que a mesma depende da energia com que a argamassa foi aplicada, a padronização dessa energia pela projeção mecânica mostra-se bastante interessante, pois tende a gerar produtos mais homogêneos. A projeção pode proporcionar maior homogeneidade do revestimento e um aumento da sua resistência de aderência em relação à aplicação manual (FERNANDES; JOHN, 2007).

Existem dois tipos de equipamento para projeção mecânica de argamassas: as bombas de projeção convencionais e o projetor por *spray* a ar comprimido. Nas bombas de projeção convencionais a argamassa fresca é bombeada mecanicamente através de um mangote flexível até uma pistola (ou bico) de projeção, na qual é projetada pela introdução de ar comprimido. Algumas dessas bombas são acopladas aos misturadores, de forma que a argamassa fresca preparada no misturador é descarregada diretamente para dentro da bomba de projeção. Nesse arranjo, os misturadores de argamassas podem receber a argamassa seca transportada pneumáticamente dos silos ou depositada em sacos, sendo o sistema operado por uma pessoa (CRESCÊNCIO *et al.*, 2000).

Os projetores a ar comprimido são equipamentos muito simples, de baixo custo, uma vez que a argamassa não é bombeada através de um mangote, sendo colocada diretamen-

te no recipiente onde é introduzido ar comprimido. As desvantagens dessa configuração são: o peso do equipamento carregado com argamassa, que pode dificultar a execução do serviço pelo esforço físico exigido do operador; e o volume do recipiente, que limita a projeção, sendo necessárias diversas paradas para recarga do equipamento (FERNANDES; JOHN, 2007).

A viabilidade do uso de cada sistema de aplicação da argamassa projetada depende do tipo de obra, quantidade de serviço, mecanismo de transporte vertical e horizontal, tipo de argamassa, equipamento de projeção e outros aspectos do canteiro. Estes aspectos estão associados também aos custos diretos e indiretos da obra que economicamente define sua utilização. O estudo de viabilidade econômico-financeira é tal, que pretende caracterizar uma técnica que proporcione um lucro ao final do negócio em relação à outra, bem como ser capaz de evitar saldos negativos proporcionando, conseqüentemente, um fluxo de caixa positivo em qualquer momento do empreendimento. Para o sucesso de uma construção é fundamental o seu planejamento por meio de um estudo de viabilidade econômica, do desenvolvimento de orçamento da obra e da elaboração de cronogramas que sirvam de parâmetros para um acompanhamento físico-financeiro. Segundo Bernstein e Damodaran (2000), quando a decisão de investir está baseada na análise comparativa da quantidade de recursos entrantes e de saídas referentes ao custeio de determinado processo, resultando em um lucro, trata-se de viabilização econômica.

O orçamento de construção consiste na determinação do custo dos serviços, elaborado com base nos projetos e memorial descritivo, considerando-se todos os custos diretos e indiretos envolvidos, as condições contratuais e demais fatores que possam influenciar no custo total (LIMMER, 1997). Ao analisarmos a viabilidade econômica de um sistema construtivo, devemos apurar não só os preços dos insumos separadamente. Deve-se levar em conta também o consumo de mão de obra, custos com transportes e armazenamentos, índices e produtividade, além das perdas inerentes ao processo. Desta forma, a escolha entre os sistemas projetado e manual deve levar em consideração os benefícios e dificuldades que cada um impõe, bem como as características da empresa, sua cultura, suas competências e necessidades. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade econômica por meio do orçamento (custos diretos e indiretos) da execução, por projeção mecânica (fluxo contínuo) com bomba e argamassa industrializada, do revestimento vertical interno.

## 2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta pesquisa pode ser classificada como exploratória e descritiva, utilizando-se como estratégia o estudo de caso. O trabalho foi desenvolvido por meio de três principais etapas (Figura 1): revisão bibliográfica, estudo exploratório e estudos de caso.

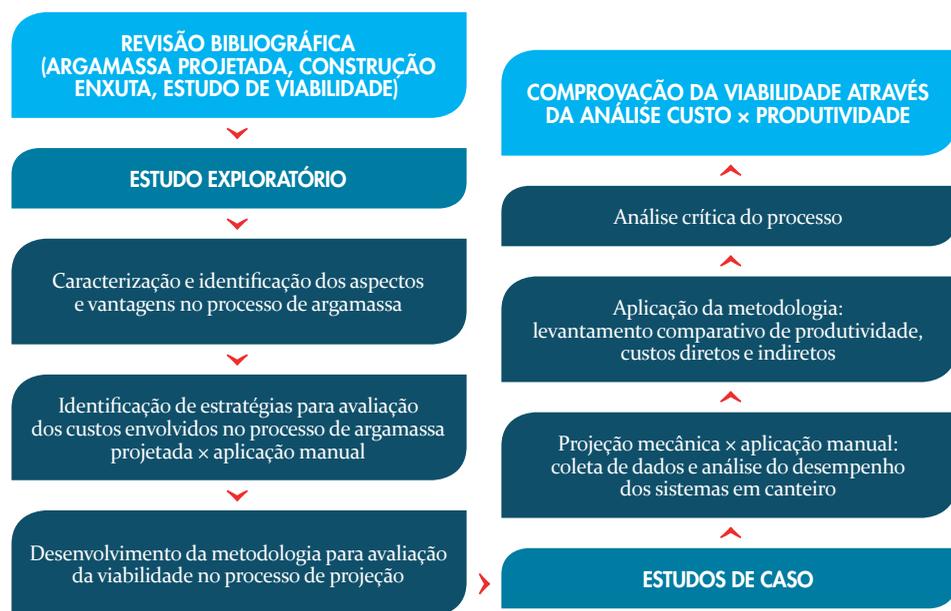


FIGURA 1 • Estratégia de pesquisa

Os estudos foram realizados em duas obras da mesma construtora, na cidade de Salvador – BA, que se encontravam na fase de execução do revestimento interno. A pesquisa será voltada apenas para a aplicação da argamassa em paredes internas. Na Tabela 1 temos a descrição dos empreendimentos estudados. A metodologia de avaliação adotada nos dois estudos de caso consiste na aplicação de um *checklist* em canteiro e acompanhamento do processo executivo, por meio de entrevistas, visitas e observação direta. Maiores detalhes sobre o *checklist*, acompanhamento, registros fotográficos etc., podem ser observados em Araújo (2011). A análise da viabilidade econômica foi realizada no orçamento levando-se em consideração os custos diretos e indiretos das obras estudadas, associada às variáveis apresentadas na Tabela 2:

OBRA	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	DESCRIÇÃO DO REVESTIMENTO ESTUDADO
1	Habitação de interesse social com seis torres, contendo oito apartamentos por pavimento cada, em um total de 252 apartamentos. 131 m <sup>2</sup> de paredes a serem revestidas em cada apartamento.	Revestimento interno em massa única sem chapisco; acabamento: pintura; espessura média: 1,3 cm; aplicação do revestimento: projeção mecânica em todos os ambientes
2	Empreendimento residencial de alto padrão com duas torres, contendo quatro apartamentos por pavimento, em um total de 280 apartamentos. 331,50 m <sup>2</sup> de paredes a serem revestidas em cada apartamento.	Revestimento interno em massa única sem chapisco; acabamento: cerâmica nos banheiros e cozinha, pintura nos demais cômodos; espessura média: 1,8 cm; aplicação do revestimento: aplicação manual nos banheiros, projeção mecânica nos demais ambientes

TABELA 1 • Descrição das obras envolvidas no estudo

ITENS ANALISADOS	VARIÁVEIS	INSTRUMENTOS DE COLETA
PERDAS	Consumo de materiais	Medição de perdas por consumo de materiais, considerando consumo teórico de 19 kg/m <sup>2</sup> /cm
	Perda incorporada por espessura do revestimento	Medição de perdas através da espessura de revestimento
PRODUTIVIDADE	Hh/m <sup>2</sup> de revestimento executado	Medição da produtividade em canteiro através da RUP (razão unitária de produtividade)
LAYOUT CANTEIRO	Armazenamento de materiais	Checklist de logística e armazenamento
	Vias de circulação utilizadas	
	Logística de distribuição dos materiais	
CUSTOS DIRETOS	Material	Levantamento dos consumos em canteiro; cotação de preços através de entrevista com o engenheiro da obra
	Mão de obra	
	Equipamentos	
	Logística de transporte e armazenamento	
CUSTOS INDIRETOS	Salários e encargos	Arquivos da construtora; entrevista com o engenheiro da obra
	Transporte e alimentação	
	Planos	
	EPIs	
	Outras despesas	

TABELA 2 • Variáveis utilizadas no estudo

### 2.1 Análise de viabilidade – obra 1

Antes de iniciar o estudo de viabilidade deste estudo de caso, é importante fazer algumas observações. Nesta obra foi utilizada argamassa projetada em todo o revestimento interno, não havendo a utilização da argamassa aplicada manualmente. Por esse motivo, a análise de viabi-

lidade será realizada comparando os custos da argamassa projetada, praticados em canteiro, com os custos e produtividade da argamassa aplicada manualmente, utilizados no orçamento inicial da obra. A argamassa industrializada era fornecida em sacos e descarregada em paletes na obra, armazenada no térreo, e transportada até as torres pelo equipamento denominado manipulador, que também fazia o transporte vertical da argamassa nos pavimentos. A equipe de projeção era composta por cinco pedreiros sarrafeando e desempolando, dois ajudantes de apoio, um ajudante prático operando a máquina e um pedreiro projetando a argamassa.

### 2.1.1 ANÁLISE DE CUSTO × PRODUTIVIDADE

Após o cálculo de todos os custos envolvidos no processo, observou-se que o valor calculado por m<sup>2</sup> da argamassa aplicada por projeção é menor que o valor orçado para argamassa aplicada manualmente, conforme Tabela 3. É importante ressaltar que o valor correspondente às perdas já está incluso no preço unitário dos materiais.

CUSTO DO REVESTIMENTO APLICADO COM PROJEÇÃO		CUSTO DO REVESTIMENTO ORÇADO COM APLICAÇÃO MANUAL, E=2,5 CM	
Item	Valor	Item	Valor
Valor da mão de obra terceirizada (incluso máquina de projeção)	R\$ 11,56/m <sup>2</sup>	Valor da mão de obra (não terceirizada e com encargos)	R\$ 14,37/m <sup>2</sup>
Valor do material (argamassa industrializada, água)	R\$ 6,19/m <sup>2</sup>	Valor do material (argamassa dosada em obra, traço 1 : 3)	R\$ 3,15/m <sup>2</sup>
Custos para transporte e descarrego de um palete de argamassa	R\$ 13,24/palete	Custos para transporte e descarrego de 1 m <sup>2</sup> de argamassa dosada em obra	R\$ 12,39/m <sup>3</sup>
		Custo da betoneira 400 litros: R\$ 0,12/m <sup>2</sup>	R\$ 0,12/m <sup>2</sup>
Custos indiretos relativos à equipe de revestimento (EPIs, alimentação etc.)	Por conta do empreiteiro	Custos indiretos relativos à equipe de revestimento (EPIs, alimentação etc.)	R\$ 146.320,20 – para 12 meses
<b>Total</b>	<b>R\$ 18,03/m<sup>2</sup></b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 22,24/m<sup>2</sup></b>
<b>PERDAS LEVANTADAS: 7,9%</b>		<b>PERDAS CONSIDERADAS: 10,0%</b>	

TABELA 3 • Comparativo de custos: argamassa projetada × aplicação manual

A produtividade da argamassa projetada, por sua vez, foi consideravelmente superior, tendo como consequência um prazo de execução menor do que o previsto, conforme Quadro 1. Comparando a produtividade dos dois sistemas e considerando a mesma equipe, nota-se que haveria uma redução de seis meses no prazo de execução do revestimento, apenas substituindo a aplicação manual pela projetada.

APLICAÇÃO MANUAL – TEÓRICO		PROJEÇÃO MECÂNICA	
Quantidade a ser revestida (m <sup>2</sup> )	34.130,00	Quantidade a ser revestida (m <sup>2</sup> )	34.130,00
Número de pedreiros (duas frentes de trabalho)	12	Número de pedreiros (duas frentes de trabalho)	12
RUP equipe (Hh/m <sup>2</sup> )	0,80	RUP pedreiro projetista (Hh/m <sup>2</sup> )	0,067
		RUP equipe (Hh/m <sup>2</sup> )	0,403
Produtividade (m <sup>2</sup> /h)	1,25	Produtividade (m <sup>2</sup> /h)	2,48
Jornada de trabalho (h)	8,8	Jornada de trabalho (h)	8,8
Produtividade diária (m <sup>2</sup> )	132	Produtividade diária (m <sup>2</sup> )	262,24
Duração prevista (meses)	12	Duração realizada (meses)	6

QUADRO 1 • Comparativo da produtividade utilizando aplicação mecânica e manual

### 2.1.2 SIMULAÇÃO DOS CUSTOS INDIRETOS RELACIONADOS AO REVESTIMENTO

Se tivermos a execução do revestimento vertical interno fazendo parte do caminho crítico do projeto, então podemos ter uma redução considerável no prazo de entrega da obra apenas substituindo a argamassa manual pela projetada, pois as tarefas que fazem parte do caminho crítico condicionam a duração total do projeto. A simulação da economia nos custos indiretos pôde ser realizada por meio da planilha orçamentária de custos indiretos da obra. Para este estudo, foram analisados apenas os custos macros considerados fixos – mas que variam mensalmente –, sendo desconsiderados aqueles que permanecem constantes independentemente do prazo da obra. Vale ressaltar que foram considerados apenas os itens de maior impacto econômico. Em cada mês reduzido no prazo final, em função da execução do revestimento, podemos ter uma economia em torno de R\$ 156.394,72 (Tabela 4). Este é um valor considerável, correspondendo a 1,0% do valor orçado para a construção do empreendimento. Ou seja, neste estudo de caso, a economia pode ser de até 6% do valor final de construção em relação ao valor orçado, apenas substituindo a aplicação da argamassa pela projetada.

FOLHA	ITEM	QUANT.	MESES	VALOR UNITÁRIO (R\$)	ENCARGOS SOCIAIS	VALOR TOTAL (R\$)
Pessoal						
C	Gerente de contrato	1	1	12.500,00	69,06%	21.132,50
C	Eng. de produção	1	1	7.300,00	69,06%	12.341,38
C	Eng. de qualidade	1	1	5.500,00	69,06%	9.298,30
E	Estagiário	9	1	900,00	–	8.100,00
D	Enc. adm. financeiro	1	1	2.200,00	72,54%	3.795,88

FOLHA	ITEM	QUANT.	MESES	VALOR UNITÁRIO (R\$)	ENCARGOS SOCIAIS	VALOR TOTAL (R\$)
D	Assist. setor pessoal	1	1	1.358,52	72,54%	2.343,99
D	Almoxarife	1	1	1.680,00	72,54%	2.898,67
D	Auxiliar administrativo	1	1	720,00	72,54%	1.242,29
D	Técnico de segurança	2	1	2.200,00	72,54%	7.591,76
D	Apropriador	1	1	1.400,00	72,54%	2.415,56
C	Mestre de obras	1	1	3.900,00	69,06%	6.593,34
D	Encarregado de pedreiro	2	1	2.200,00	72,54%	7.591,76
D	Encarregado de carpinteiro	1	1	2.200,00	72,54%	3.795,88
D	Auxiliar de pessoal	1	1	1.350,00	72,54%	2.329,29
P	Servente para manutenção sanitário/vestiário	2	1	585,69	126,24%	2.650,13
P	Operador de betoneira	2	1	999,46	126,24%	4.522,36
P	Operador de manipulador	2	1	999,46	126,24%	4.522,36
	Aluguel betoneira	2	1	500,00		1.000,00
	Aluguel manipulador	2	1	15.000,00		1.000,00
D	Recepcionista	1	1	998,80	72,54%	1.723,33
P	Vigia diurno	1	1	817,00	126,24%	1.848,38
P	Vigia noturno	1	1	1.145,00	126,24%	2.590,45
<b>Transporte e alimentação</b>						
C	Alimentação	4	1	506,00	-	2.024,00
E	Alimentação	9	1	352,00	-	3.168,00
D	Alimentação	11	1	204,60	-	2.250,60
P	Alimentação	8	1	180,40	-	1.443,20
D/P	Cesta básica (limitada a dez salários mínimos)	19	1	77,09	-	1.464,71
D/P/E	Vale-transporte	28	1	129,25	-	3.619,00
<b>Planos</b>						
C	Plano de saúde	4	1	120,55	-	482,20
D/E	Plano de saúde	20	1	119,10	-	2.382,00
P/D	Plano de saúde	15	1	28,75	-	431,25
C/E	Plano dental	13	1	6,35	-	82,55
E	Seguro de vida	9	1	2,60	-	23,40
P	Seguro de vida	4	1	1,68	-	6,72
<b>EPIs para administração</b>						
	Bota	28	0,25	58,31	-	408,17
	Capacete	28	0,08	28,85	-	67,32
	Protetor auricular	28	4	1,65	-	184,80

FOLHA	ITEM	QUANT.	MESES	VALOR UNITÁRIO (R\$)	ENCARGOS SOCIAIS	VALOR TOTAL (R\$)
	Camisa	28	1	27,90	-	781,20
	Óculos ampla visão	28	0,25	14,00	-	98,00
<b>Outras despesas</b>						
	Medicamentos	1	1	250,00	-	250,00
	Despesas de escritório	1	1	1.500,00	-	1.500,00
	Consumo de energia	1	1	5.000,00	-	5.000,00
	Telefone e rádio	1	1	1.000,00	-	1.000,00
	Consumo de água	1	1	3.000,00	-	3.000,00
	Acesso à internet	1	1	150,00	-	150,00
	Manutenção do canteiro de obras	1	1	1.250,00	-	1.250,00
	Vigilância armada	1	1	14.000,00	-	14.000,00
<b>VALOR GERAL MENSAL (R\$)</b>						<b>156.394,72</b>

TABELA 4 • Simulação dos custos indiretos mensais (fonte: adaptado da construtora)

## 2.2 Análise de viabilidade – obra 2

Nesse empreendimento foi utilizada a argamassa projetada nas salas, quartos e cozinhas. Nos banheiros, o revestimento foi executado utilizando argamassa aplicada manualmente, e dessa forma será possível fazer uma análise comparativa dos dois sistemas em canteiro. Nesse empreendimento também utilizaram a argamassa industrializada em sacos. Tal material era descarregado em paletes na obra e armazenado no térreo. A descarga era feita com *bobcats* com empilhadeiras acopladas, que transportavam o material até a cremalheira, sendo posteriormente distribuída nos pavimentos.

### 2.2.1 ANÁLISE DE CUSTO × PRODUTIVIDADE

Após o cálculo de todos os custos relacionados à execução do serviço, chegamos aos custos unitários apresentados na Tabela 5.

CUSTO DO REVESTIMENTO APLICADO COM PROJEÇÃO		CUSTO DO REVESTIMENTO APLICADO MANUALMENTE	
Item	Valor	Item	Valor
Valor da mão de obra terceirizada	R\$ 9,80/m <sup>2</sup>	Valor da mão de obra (não terceirizada e com encargos)	R\$ 7,50/m <sup>2</sup>
Valor do material (argamassa industrializada, água)	R\$ 8,05/m <sup>2</sup>	Valor do material (argamassa industrializada, água)	R\$ 8,31/m <sup>2</sup>
Aluguel da bomba de projeção	R\$ 8.000 und/mês	Aluguel da betoneira	R\$ 660,00 und/mês
Mobilização e desmobilização da bomba	R\$ 500,00/und	Operador de betoneira (com encargos)	R\$ 2261,18 und/mês
Custos para transporte e descarrego de um palete de argamassa	R\$ 20,34/paleta	Custos para transporte e descarrego de um paleta de argamassa	R\$ 20,34/paleta
Custos indiretos relativos à equipe de revestimento (EPLs, alimentação etc.)	Por conta do empreiteiro	Custos indiretos relativos à equipe de revestimento (EPLs, alimentação etc.)	R\$ 172.902,04 – para 16 meses
<b>Total</b>	<b>R\$ 20,43/m<sup>2</sup></b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 19,84/m<sup>2</sup></b>
PERDAS LEVANTADAS: 5,8%		PERDAS LEVANTADAS: 9,2%	

TABELA 5 • Comparativo de custos: argamassa projetada x aplicação manual

No Quadro 2 temos o comparativo de produtividades, no qual a argamassa aplicada por projeção também apresentou uma produtividade superior. Comparando a produtividade dos dois sistemas e considerando a mesma equipe, haveria uma redução de três meses no prazo de execução do revestimento, apenas substituindo a aplicação manual pela projetada. Porém, quando comparamos os custos diretos da aplicação do revestimento pelos dois métodos, observamos que o valor da aplicação por projeção é cerca de 3% maior que o valor do revestimento aplicado manualmente.

APLICAÇÃO MANUAL		APLICAÇÃO MECÂNICA	
Quantidade a ser revestida (m <sup>2</sup> )	92.820,00	Quantidade a ser revestida (m <sup>2</sup> )	92.820,00
Número de pedreiros (duas frentes de trabalho)	14	Número de pedreiros (duas frentes de trabalho)	14
RUP equipe (Hh/m <sup>2</sup> )	0,53	RUP pedreiro projetista (Hh/m <sup>2</sup> )	0,06
		RUP equipe (Hh/m <sup>2</sup> )	0,418
Produtividade (m <sup>2</sup> /h)	1,89	Produtividade (m <sup>2</sup> /h)	2,39
Jornada de trabalho (h)	8,8	Jornada de trabalho (h)	8,8
Produtividade diária (m <sup>2</sup> )	232,85	Produtividade diária (m <sup>2</sup> )	294,62
Duração prevista (meses):	16	Duração prevista (meses)	13

QUADRO 2 • Comparativo da produtividade utilizando aplicação mecânica e manual

## 2.2.2. SIMULAÇÃO DOS CUSTOS INDIRETOS RELACIONADOS AO REVESTIMENTO

Novamente, se tivermos a execução do revestimento interno fazendo parte do caminho crítico do projeto, então podemos ter uma redução de até três meses no prazo de entrega da obra apenas substituindo a argamassa manual pela projetada. Vale ressaltar que essa redução de prazo não depende somente da substituição do método de aplicação do revestimento. O planejamento de uma obra é um processo criterioso, e a definição do avanço das etapas do projeto depende de fatores como recursos financeiros disponíveis, prazos de compra e entrega de materiais, situação do mercado, entre outras informações.

Analisando a Tabela 6 deduzimos que em cada mês reduzido no prazo final, em função da execução do revestimento, teremos uma economia em torno de R\$ 355.550,80. Como a diferença de custos entre a aplicação manual e projetada é de R\$ 54.506,00, conclui-se que um mês de redução no prazo é mais do que o suficiente para tornar o sistema economicamente viável.

FOLHA	ITEM	QUANT.	MESES	VALOR UNITÁRIO (R\$)	ENCARGOS SOCIAIS	VALOR TOTAL (R\$)
Pessoal						
C	Gerente de contrato	1	1	12.500,00	69,06%	21.132,50
C	Eng. de produção	2	1	7.300,00	69,06%	24.682,76
C	Eng. de produção júnior	2	1	3.800,00	69,06%	12.848,56
C	Eng. de qualidade	1	0,3	7.300,00	69,06%	3.702,41
C	Eng. de planejamento	1	0,7	7.300,00	69,06%	8.638,97
C	Eng. de planejamento júnior	1	0,7	3.800,00	69,06%	4.497,00
C	Arquiteto júnior	1	1	3.800,00	69,06%	6.424,28
E	Estagiário	4	1	1.100,00	-	4.400,00
D	Assist. setor pessoal	1	0,3	1.358,52	72,54%	703,20
D	Almoxarifê	1	1	1.680,00	72,54%	2.898,67
D	Auxiliar administrativo	2	0,3	720,00	72,54%	745,37
D	Assist. administrativo	1	0,3	1.358,52	72,54%	703,20
D	Técnico de edificações	1	1	2.200,00	72,54%	3.795,88
D	Apropriador	1	0,3	1.400,00	72,54%	724,67
C	Mestre de obras	1	1	3.900,00	69,06%	6.593,34
D	Encarregado de pedreiro	2	1	2.200,00	72,54%	7.591,76
D	Encarregado de carpinteiro	1	1	2.200,00	72,54%	3.795,88
D	Cabo de turma	2	1	1.500,00	72,54%	5.176,20

FOLHA	ITEM	QUANT.	MESES	VALOR UNITÁRIO (R\$)	ENCARGOS SOCIAIS	VALOR TOTAL (R\$)
D	Analista administrativo	1	0,3	1.680,00	72,54%	869,60
D	Encarregado adm. financeiro	2	0,3	2.200,00	72,54%	2.277,53
D	Auxiliar técnico	1	1	720,00	72,54%	1.242,29
D	Auxiliar de escritório	1	0,3	720,00	72,54%	372,69
D	Auxiliar de pessoal	1	0,3	720,00	72,54%	372,69
D	Encarregado de pessoal	2	0,3	2.200,00	72,54%	2.277,53
P	Operador de betoneira	2	1	999,46	126,24%	4.522,36
P	Operador de cremalheira	4	1	999,46	126,24%	9.044,71
P	Operador de bobcat	2	1	1.000,46	226,24%	6.527,80
	Aluguel de betoneira	2	1	500,00	-	1.000,00
	Aluguel de cremalheira	4	1	23.000,00	-	92.000,00
	Aluguel de bobcat	2	1	9.600,00	-	19.200,00
	Aluguel de grua	1	1	35.000,00	-	35.000,00
P	Servente para manutenção sanitário/vestiário	1	1	585,69	126,24%	1.325,07
D	Recepcionista	1	0,3	998,80	72,54%	517,00
P	Vigia diurno	1	1	817,00	126,24%	1.848,38
P	Vigia noturno	1	1	1.145,00	126,24%	2.590,45
<b>Transporte e alimentação</b>						
C	Alimentação	10	1	506,00	-	5.060,00
E	Alimentação	4	1	352,00	-	1.408,00
D	Alimentação	20	1	204,60	-	4.092,00
P	Alimentação	10	1	180,40	-	1.804,00
D/P	Cesta básica (limitada a dez salários mínimos)	30	1	77,09	-	2.312,70
D/P/E	Vale-transporte	34	1	129,25	-	4.394,50
<b>Planos</b>						
C	Plano de saúde	10	1	120,55	-	1.205,50
D/E	Plano de saúde	24	1	119,10	-	2.858,40
P/D	Plano de saúde Sindicato	30	1	28,75	-	862,50
C/E	Plano dental	14	1	6,35	-	88,90
E	Seguro de vida	4	1	2,60	-	10,40
P	Seguro de vida	10	1	1,68	-	16,80
<b>EPIs para administração</b>						
	Bota	34	0,25	58,31	-	495,64
	Capacete	34	0,08	28,85	-	81,74
	Protetor auricular	34	4	1,65	-	224,40

FOLHA	ITEM	QUANT.	MESES	VALOR UNITÁRIO (R\$)	ENCARGOS SOCIAIS	VALOR TOTAL (R\$)
	Camisa	34	1	27,90	-	948,60
	Óculos ampla visão	34	0,25	14,00	-	119,00
<b>Outras despesas</b>						
	Medicamentos	1	1	275,00	-	275,00
	Despesas de escritório	1	1	2.000,00	-	2.000,00
	Consumo de energia	1	1	4.800,00	-	4.800,00
	Telefone e rádio	1	1	2.000,00	-	2.000,00
	Consumo de água	1	1	4.700,00	-	4.700,00
	Acesso à internet	1	1	250,00	-	250,00
	Manutenção do canteiro de obras	1	1	1.500,00	-	1.500,00
	Vigilância armada	1	1	14.000,00	-	14.000,00
<b>VALOR GERAL MENSAL (R\$)</b>						<b>355.550,80</b>

TABELA 6 • Simulação dos custos indiretos mensais (fonte: adaptado da construtora)

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos estudos de caso com os métodos adotados neste trabalho, verifica-se um ganho de produtividade na execução do revestimento vertical interno utilizando o sistema de projeção mecânica com bomba em relação ao sistema manual, reduzindo com isso o prazo de execução da obra. No primeiro estudo de caso, os custos praticados no canteiro com a argamassa projetada foram menores do que os que constavam no orçamento prevendo a execução com aplicação manual. Essa análise comprova a viabilidade da utilização do sistema, e dessa forma, garante que a obra terá recursos financeiros suficientes para a conclusão do serviço. No segundo estudo de caso, foram comparados custos e índices de produtividade dos dois sistemas praticados em canteiro. Apesar dos custos diretos calculados serem 3,0% superiores no revestimento projetado, este último apresentou um aumento considerável de produtividade, o que tornou o processo economicamente viável através da redução nos custos indiretos. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2005.

ARAÚJO, A. P. **Viabilidade econômica da projeção mecânica utilizando argamassa industrializada.** Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Escola Politécnica, UFBA, Salvador, 2011. 101 f.

CRESCÊNCIO, R. M.; PARSEKIAN, G. A.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. Execução de revestimentos com argamassa projetada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000. v. 2, p. 1067-1074.

FERNANDES, H. C.; JOHN, V. M. Desenvolvimento de metodologia para estimativa da energia de lançamento das argamassas projetadas por *spray* a ar comprimido. **BT/PCC/474:** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007. 23 p.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras.** Rio de Janeiro: LTC Editora, 1997. 225 p.

## EFEITOS DA ADIÇÃO DO RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO (RCMG) NO DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS

Vanessa Ribeiro Peixoto da Matta <sup>1</sup>

Daniel Vêras Ribeiro <sup>2</sup>

### Resumo

“O ambiente construído do futuro está sendo edificado no começo de uma nova era ecológica, na qual a Construção Civil deve alinhar seus benefícios à sociedade, com a necessidade de tornar suas práticas mais sustentáveis a longo prazo. Entre as medidas cabíveis para alcançar o patamar da sustentabilidade está o reaproveitamento de resíduos sólidos como matérias-primas alternativas na produção de materiais inovadores. A indústria de rochas ornamentais no Brasil produz quantidades significativas de rejeitos que podem ser empregados como adições minerais em matrizes cimentícias. Neste estudo, verificou-se o efeito da adição do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) nas principais propriedades das argamassas de cimento Portland no estado endurecido. Os teores de adição variaram de 0% a 15% (em massa) e a relação água/cimento ( $\% = 0,59$ ) foi fixada como parâmetro de controle. Em seguida, foi avaliado o comportamento das argamassas quanto à resistência mecânica e parâmetros de durabilidade. Os resultados obtidos mostram que as propriedades das argamassas são otimizadas com a adição de 5% do resíduo, atestando que o uso do RCMG como filler é uma alternativa viável de destinação ambientalmente adequada para este resíduo.”

**Palavras-chave** » resíduos; mármore e granito; argamassas; desempenho.

<sup>1</sup> Engenheira civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [vrpmatta@hotmail.com](mailto:vrpmatta@hotmail.com).

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia de Materiais e professor do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [verasribeiro@hotmail.com](mailto:verasribeiro@hotmail.com).

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos sólidos resulta em significativa degradação ambiental e é uma realidade alarmante ao redor do mundo. A Europa, continente em que a geração de resíduos cresce em taxas comparáveis às do crescimento econômico, foi responsável por gerar 3 bilhões de toneladas de rejeitos em 2006 (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Em 2011, no Brasil, foram geradas 61,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos, 1,8% a mais do que no ano anterior (ABRELPE, 2012). Esse incremento é superior ao crescimento da própria população brasileira, que foi de 0,8% no mesmo período, de acordo com dados do IBGE. Percebe-se que é premente a necessidade de adotarem-se medidas para conter a geração desenfreada de resíduos pela sociedade, assim como de melhorar os sistemas de gestão de resíduos sólidos já existentes.

De acordo com a Organização das Nações Unidas, o desenvolvimento sustentável é “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (ONU, 1991). Isso implica em aumentar a produção de bens a partir de uma menor quantidade de recursos naturais e diminuir a poluição nesse processo (JOHN, 2000). Assim, entre as medidas a serem tomadas estão o aumento da durabilidade dos produtos, a partir do uso de materiais mais eficientes, e o desenvolvimento de materiais inovadores e tecnologias alternativas, capazes de absorver os resíduos sólidos como complemento ou substituição das matérias-primas convencionais.

O ambiente construído do futuro está sendo edificado no começo de uma nova era ecológica, na qual os governos e órgãos ambientais estão cada vez mais pressionando a indústria da Construção Civil, por meio de fiscalização, regulamentação, leis e impostos, para que esta se adeque ao paradigma do desenvolvimento sustentável.

A Construção Civil é hoje a maior consumidora de matérias-primas do mundo, empregando, em suas diversas atividades, cerca de 50% dos recursos naturais extraídos anualmente (SOUZA; DEANA, 2007). A maior parte desses recursos destina-se à produção de concretos e argamassas, materiais extensivamente empregados em edificações e na construção pesada. Em contrapartida, o fato de consumir um significativo volume de recursos também torna a Construção Civil um dos setores tecnológicos mais indicados para absorver os resíduos sólidos oriundos de processos industriais.

Dentre esses rejeitos está o proveniente do beneficiamento de rochas ornamentais, sobretudo mármore e granito, materiais extensivamente empregados em edificações e ele-

mentos decorativos. Na etapa de beneficiamento primário (corte), em que os blocos de rocha são desdobrados em chapas nas serrarias, é gerado um alto volume de resíduo em forma de lama abrasiva, composto por pó da rocha, água, cal e granalha. Considerando que de 20% a 30% dos blocos de rocha são reduzidos a pó durante a serragem (GONÇALVES, 2000), pode-se estimar que, em 2011, ano em que a produção nacional de rochas atingiu 9 milhões de toneladas, foram gerados por volta de 2 milhões de toneladas de resíduo de corte. Carentes de valor comercial, os rejeitos são depositados em aterros, bota-foras de material de construção ou lançados em rios, córregos ou esgotos. Com o objetivo de conferir uma destinação final adequada a esse abundante resíduo, seu emprego como matéria-prima alternativa, sobretudo no âmbito dos materiais de construção, vem sendo investigado por diversos pesquisadores. Sabe-se que a composição química do resíduo é um indicador de sua compatibilidade com as matrizes cimentícias, e sua forma granular com elevada finura o torna um material com bom potencial de utilização como adição mineral em concretos e argamassas, podendo agir como filler (GONÇALVES, 2000; MENEZES *et al.*, 2009; ARUNTAS *et al.*, 2010; CORINALDESI *et al.*, 2010).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica do uso do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) como adição a argamassas de cimento Portland. Foram adotados teores de 5%, 10% e 15% de adição do resíduo em relação à massa de cimento, para argamassas de cimento e areia sem o uso de aditivos. Estas foram analisadas quanto ao desempenho mecânico e a parâmetros de durabilidade. Os resultados desses testes permitiram verificar o efeito da adição nas principais propriedades das argamassas, assim como identificar o teor ótimo de adição às argamassas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Foram utilizados o cimento CP-II Z 32 da marca Poty, areia natural quartzosa, resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) e água proveniente dos poços de abastecimento da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

O resíduo, coletado na forma de lama, foi gerado durante a etapa de corte das rochas e é formado por uma proporção não definida de mármore e granito. Assim, sua composição quí-

mica pode apresentar variabilidade a depender do lote em estudo, como é comum ao tratar-se de resíduos de processos industriais.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

A composição química do cimento utilizado foi determinada com o auxílio da técnica de espectrometria por fluorescência de raios X (FRX). Também foram determinadas características físicas do cimento, como área superficial BET, distribuição do tamanho de partículas (por sedimentação) e massa específica (pelo picnômetro de gás hélio).

Para a análise da distribuição do tamanho de partículas da areia, assim como seu módulo de finura, foi realizado o peneiramento manual com um conjunto de peneiras ABNT, de acordo com a norma NBR 7211 (2005) (“Agregados para concreto – Especificação”). A massa específica da areia foi determinada pelo método do frasco de Chapman e sua massa unitária, pelo procedimento da NBR 7251 (1982) (“Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária”).

O RCMG, na forma de lama, foi seco em estufa e posteriormente destorroado, tornando-se um material em pó. Em seguida, foi caracterizado fisicamente com a determinação da massa específica (pelo picnômetro de gás hélio), distribuição do tamanho de partículas e área superficial BET. A caracterização mineralógica foi realizada por difração de raios X (DRX) e a composição química do resíduo foi determinada pela técnica de fluorescência de raios X (FRX).

### 2.2.2 FORMULAÇÃO E PREPARO DAS ARGAMASSAS

Definiu-se, inicialmente, o traço 1,00 : 2,60 : 0,59 (cimento : areia : água), sobre o qual foi acrescida a quantidade de resíduo referente a cada composição (0% – referência -, 5%, 10% e 15% em relação à massa de cimento). A relação água/cimento foi mantida constante e não foram empregados aditivos para uniformização da consistência.

As misturas foram realizadas mecanicamente, em betoneira, durante um tempo de 4 a 5 minutos. Foram confeccionados corpos de prova prismáticos (4 cm × 4 cm × 16 cm) e cilíndricos (5 cm × 10 cm), adensados em mesa vibratória. A desmoldagem dos espécimes foi realizada após 24h e estes foram submetidos à cura imersa até que atingissem as idades de ensaio.

### 2.2.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO

#### ◀ Resistência mecânica ▶

Os ensaios de resistência mecânica foram realizados nas idades de 3, 7, 28 e 63 dias. Para cada composição, os exemplares prismáticos foram utilizados para avaliar a resistência à tração na flexão ( $R_{t,F}$  – Equação 1). Após a ruptura por flexão, as metades de cada corpo de prova foram novamente utilizadas para a determinação do limite de resistência à compressão axial ( $R_c$ ), calculado pela Equação 2:

$$\text{EQUAÇÃO 1} \quad R_{t,F} = \frac{1,5 \cdot P \cdot L_A}{40^3}$$

$$\text{EQUAÇÃO 2} \quad R_c = \frac{P}{1600}$$

na qual  $P$  é a carga máxima de ruptura e  $L_A$  a distância entre os apoios no ensaio de flexão.

#### ◀ Densidade e porosidade aparentes ▶

As medidas de densidade e porosidade aparentes foram realizadas em exemplares com 28 dias de idade. O procedimento adotado baseia-se no princípio de Arquimedes e inicia-se com a determinação da massa seca ( $m_i$ ) dos espécimes. Em seguida, os corpos de prova são imersos em água até a saturação (48h), quando são determinadas a massa imersa ( $m_i$ ) e a massa saturada ( $m_{sat}$ ). A porosidade aparente ( $P_A$ ) e a densidade aparente ( $D_A$ ) são calculadas com o auxílio da Equação 3 e Equação 4.

$$\text{EQUAÇÃO 3} \quad P_A = 100 \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} (\%)$$

$$\text{EQUAÇÃO 4} \quad D_A = \rho_L \frac{m_s}{m_{sat} - m_i}$$

#### ◀ Absorção de água por capilaridade ▶

Três corpos de prova cilíndricos de cada composição foram utilizados para o ensaio, realizado na idade de 28 dias, de acordo com o procedimento descrito pela NBR 9779 (1995) (“Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade”). A absorção é calculada dividindo o aumento de massa pela área da superfície de contato do corpo de prova com a água. O coeficiente de absorção capilar ou absorvidade corresponde ao coeficiente angular do trecho retilíneo da curva de absorção até o ponto a partir do qual é verificada a mudança da declividade da curva (ponto de saturação), conforme a Equação 5:

**EQUAÇÃO 5**

$$i = B + \frac{1}{2} st$$

na qual  $i$  é igual à absorção ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),  $B$  é o coeficiente linear da reta (termo obtido experimentalmente),  $s$  é a absorvidade ( $\text{kg}/\text{m}^2 \times \text{min}^{0.5}$ ), e  $t$  é o tempo em minutos.

◀ **VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO DINÂMICO** ▶

O ensaio foi realizado em três corpos de prova cilíndricos de cada composição, aos 28 dias de idade, e é ilustrado na Figura 1.



**FIGURA 1** • Realização do ensaio de determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica

A velocidade de propagação de uma onda ultrassônica em um meio sólido depende das características deste, como sua densidade de massa e módulo de elasticidade. De forma

**EQUAÇÃO 6**

$$V = \frac{L}{t}$$

O procedimento consiste na aplicação direta dos dois transdutores (emissor e receptor) nas extremidades dos corpos de prova. O emissor converte a energia elétrica em energia mecânica de vibração (ultrassom) e o receptor, após captar o sinal, faz o inverso. É utilizado gel como meio acoplante, para estabelecer a ligação entre o transdutor e a peça com o mínimo de interferência. Na tela do aparelho, é possível aferir o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do pulso.

O ensaio de propagação de onda ultrassônica permite, também, avaliar o módulo de deformação dinâmico ( $E_d$ ), ou rigidez, de um material, através do critério de cálculo expresso pela NBR 15630 (2008) (“Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica”) e mostrado na Equação 7:

**EQUAÇÃO 7**

$$E_d = \frac{\rho V^2 [(1 + \nu)(1 - 2\nu)]}{(1 - \nu)}$$

na qual  $\rho$  é a densidade de massa no estado endurecido,  $V$  a velocidade do pulso, e  $\nu$  o coeficiente de Poisson, adotado como 0,2 na referida norma.

Visto que grande parte das manifestações patológicas nos revestimentos argamassados são desencadeadas pelo surgimento de fissuras, o módulo de deformação das argamassas é um parâmetro de grande interesse, que permite avaliar a durabilidade e a qualidade do revestimento. Nos revestimentos, a relação entre a área e o volume do material aplicado é ele-

vada, de modo que as solicitações provenientes das movimentações e ações da base exercem grande influência sobre a argamassa. O surgimento de fissuras é decorrente da elasticidade e resistência à tração inadequadas, sendo necessário determinar um nível de deformabilidade adequado para que o desempenho do sistema de revestimento seja aceitável.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização das matérias-primas

A areia natural utilizada possui massa unitária de 1,59 kg/dm<sup>3</sup>, massa específica de 2,62 kg/dm<sup>3</sup>, módulo de finura igual a 1,70, dimensão máxima característica de 2,36 mm e um teor de 1,3% de material pulverulento. Sua distribuição granulométrica, mostrada na Figura 2, permite classificá-la como muito fina (Zona 1), de acordo com a NBR 7211 (2005).

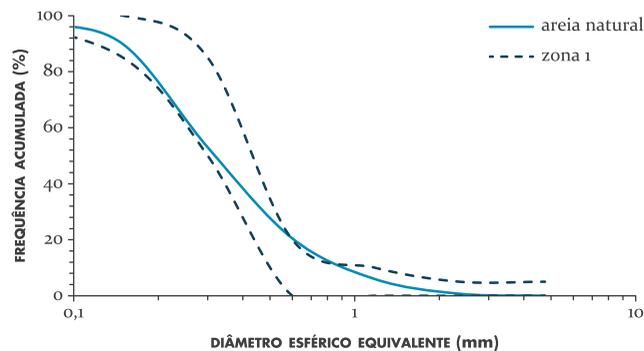


FIGURA 2 • Distribuição do tamanho de partículas da areia, obtida por peneiramento manual, e os limites da “Zona 1 – Areia muito fina” (NBR 7211, 2005)

O cimento utilizado, CP-II Z 32 da marca Poty, apresentou área superficial de 1,09 m<sup>2</sup>/g, massa unitária de 1,00 kg/dm<sup>3</sup> e massa específica de 3,25 kg/dm<sup>3</sup>. Sua composição química é apresentada na Tabela 1, onde PF é a perda ao fogo.

CONSTITUINTE	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PF
TEOR (%)	56,0	24,5	6,1	4,0	2,5	1,8	0,25	0,45	4,1

TABELA 1 • Composição química do cimento CP-II Z 32, obtida por FRX

A massa específica do RCMG é de 2,92 kg/dm<sup>3</sup> e sua área superficial é de 3,54 m<sup>2</sup>/g. Na Figura 3 são apresentadas as curvas de distribuição de tamanho de partículas do resíduo e do cimento CP-II Z 32. O diâmetro médio das partículas do RCMG é de 12 µm, ao passo que, para o cimento, esse valor é de 50 µm. O RCMG é, assim, mais fino que o cimento, apropriado para o uso como filer.

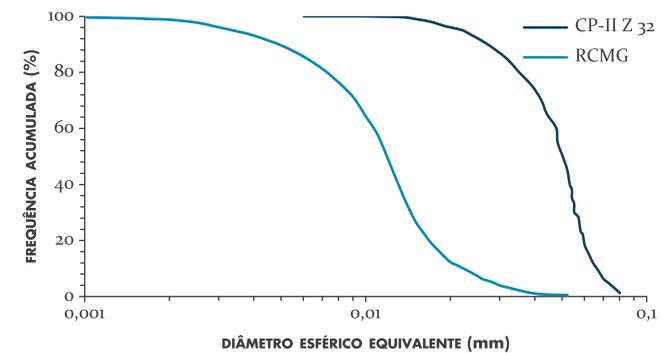


FIGURA 3 • Distribuição do tamanho de partículas do cimento Portland CP-II Z 32 da marca Poty, obtida pelo ensaio de sedimentação

A composição química do RCMG é apresentada na Tabela 2, na qual se observa a predominância da sílica (SiO<sub>2</sub>), óxido de cálcio (CaO) e alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) como seus principais constituintes, além do óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), proveniente do desgaste das lâminas de corte.

CONSTITUINTE	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	PF
TEOR (%)	37,60	17,70	9,04	8,21	4,89	2,5	1,79	0,78	0,33	0,07	17,29

TABELA 2 • Composição química do RCMG, obtida por FRX

O arranjo desses elementos na formação de fases cristalográficas do material é ilustrado no difratograma de raios X (Figura 4). Constatou-se a ocorrência de minerais tipicamente componentes do granito, como quartzo (SiO<sub>2</sub>), aluminossilicatos de cálcio (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) e flogopita (mineral da família das micas, classe dos filossilicatos, de fórmula química KMg<sub>3</sub>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>), assim como de dolomita – CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> –, devido à presença de mármore.

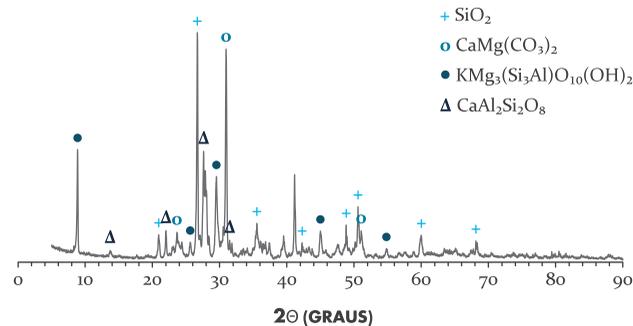


FIGURA 4 • Difratograma de raios X do RCMG

### 3.2 Análise de desempenho

#### 3.2.1 RESISTÊNCIA MECÂNICA

A Figura 5 mostra a evolução da resistência à tração na flexão das argamassas no decorrer das idades de ensaio (3, 7, 28 e 63 dias), em função do teor de RCMG adicionado. Observa-se que, aos 63 dias, a resistência média das argamassas contendo o resíduo supera o valor de referência em até 12,1%, no caso da composição contendo 5% de adição de RCMG (8,70 MPa contra 7,76 MPa). Isso contraria o observado por Gonçalves (2000), que sugere que pequenos teores de adição do RCMG em argamassas (até 20%) não alteram o comportamento destas quanto à resistência à tração na flexão, por melhorarem muito pouco o empacotamento das partículas.

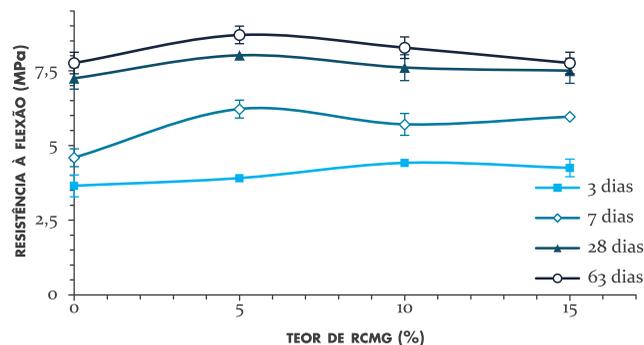


FIGURA 5 • Evolução da resistência à tração na flexão das argamassas em função do teor de RCMG adicionado

Após o rompimento por flexão, as metades de cada corpo de prova foram submetidas à compressão axial. A evolução da resistência à compressão axial é ilustrada na Figura 6. É observada uma tendência similar à constatada nos resultados de resistência à tração na flexão. Constatou-se que a adição do resíduo tende a elevar a resistência das argamassas até um valor máximo, a partir do qual este passa a decrescer. Aos 63 dias, obteve-se um ganho de resistência à compressão da ordem de 9,2% para teores de adição de até 5%, em relação à argamassa de controle (de 24,3 MPa para 26,5 MPa).

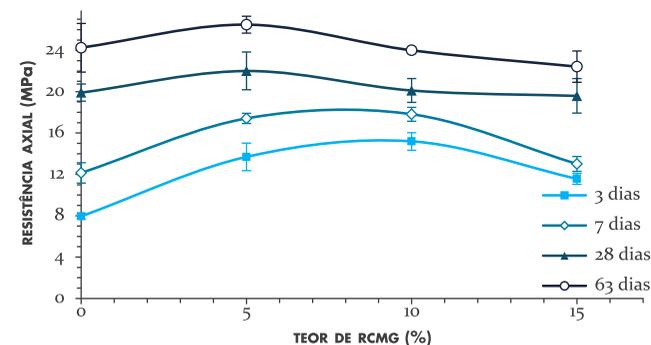


FIGURA 6 • Evolução da resistência à compressão das argamassas em função do teor de RCMG adicionado

O ganho de resistência pode ser atribuído ao efeito físico da adição mineral sobre o empacotamento das partículas. As partículas finas inertes tendem a preencher os espaços vazios existentes, aumentando a densidade e compacidade do material. A diminuição da resistência para teores de adição superiores a 5% é justificada pela provável formação de aglomerados de partículas do resíduo, devido à sua dispersão inadequada durante a mistura. O resíduo é composto de partículas de elevada finura, que tendem a se aglomerar e reter parte da água de amassamento, influenciando a reologia da pasta e, principalmente, reduzindo a água disponível para as reações de hidratação do cimento. Já no estado endurecido, os aglomerados equivalem a partículas vazias que, devido à falta de coesão, prejudicam a resistência mecânica (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009).

#### 3.2.2 DENSIDADE E POROSIDADE APARENTES

As Figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, a evolução da porosidade e densidade aparentes das argamassas aos 28 dias, em função dos teores de RCMG adicionados. Como

esperado, teores crescentes de adição promovem uma maior compacidade da argamassa, devido ao seu efeito filer. O efeito físico de preenchimento das partículas de RCMG, que promove o melhor empacotamento das partículas, também resulta em uma diminuição da porosidade aparente.

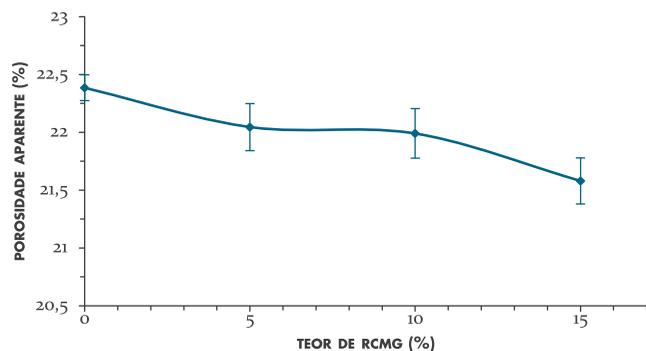


FIGURA 7 • Porosidade aparente das argamassas aos 28 dias

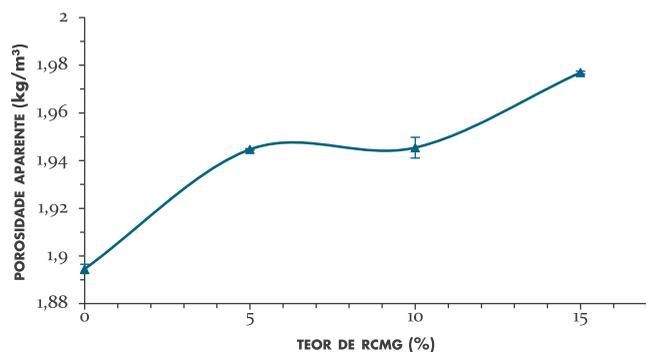


FIGURA 8 • Densidade aparente das argamassas aos 28 dias

### 3.2.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Os valores dos coeficientes de absorção capilar das argamassas estudadas, aos 28 dias, são apresentados na Figura 9. Nota-se que a absorvidade não sofre alterações significativas até o teor de 5% de adição, quando, então, cresce em função do aumento da quantidade de resíduo.

A maior quantidade de partículas finas tende a reduzir o diâmetro dos poros capilares, levando ao aumento da taxa de absorção de água. Esse comportamento também foi observado por Silva (2006), que estudou argamassas mistas de cal e cimento e constatou que, naquelas em que se acrescentou material pulverulento (areia britada de rocha calcária), a absorvidade alcançou valores mais elevados. Isso é devido, provavelmente, à diminuição do raio dos capilares, levando a água a atingir maiores alturas nos corpos de prova, apesar da diminuição da porosidade aparente (Figura 7).

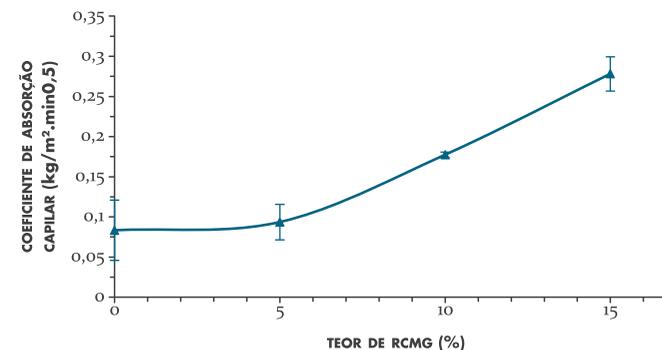


FIGURA 9 • Coeficientes de absorção capilar em função do teor de RCMG, aos 28 dias

De acordo com Kendall *et al.* (1983) *apud* O'Farrell *et al.* (2001), os poros capilares podem chegar a alguns milímetros de comprimento, o que pode ser suficiente para iniciar fissuras e reduzir a resistência das argamassas. Visto que as composições contendo 10% e 15% de RCMG apresentaram elevados valores de absorvidade, a queda da resistência verificada nestas argamassas pode ter sido também uma consequência da fragilidade imposta pelos "caminhos" de diâmetro capilar na matriz.

### 3.2.4 VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA E MÓDULO DE DEFORMAÇÃO DINÂMICO

Os resultados obtidos no ensaio de determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica são apresentados na Figura 10.

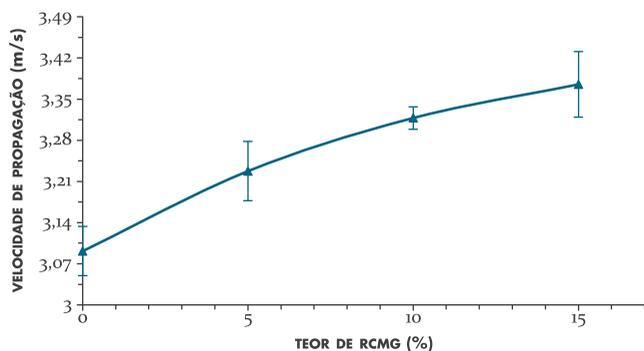


FIGURA 10 • Velocidade de propagação da onda ultrassônica nos corpos de prova de argamassa aos 28 dias

Conforme previsto, os resultados obtidos para a velocidade de propagação do pulso ultrassônico são crescentes com o teor de resíduo adicionado. Esse resultado é corroborado por Silva e Campitelli (2006), os quais constataram que, com o aumento da compacidade do conjunto ligante/agregado, devido principalmente ao aumento do teor de finos na mistura, a velocidade de propagação da onda ultrassônica é maior. Isso também leva a um aumento no módulo de deformação, cujos valores são mostrados na Figura 11.

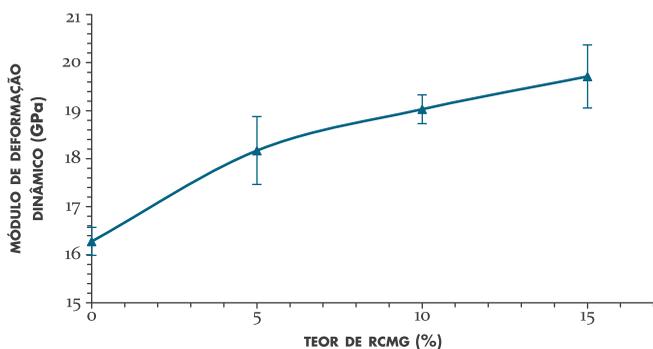


FIGURA 11 • Módulo de deformação dinâmico das argamassas, aos 28 dias, em função do teor de RCMG

O módulo de deformação dinâmico é calculado em função da velocidade de propagação do pulso de ultrassom (Equação 7), de modo que também aumenta com o incremento do teor de adição.

Visto que, como mostra a Equação 7, há uma relação direta entre módulo de deformação e massa específica, pode-se deduzir que, quanto maior a porosidade de um material, menor

o seu módulo de deformação. Isso é comprovado pelos resultados experimentais, conforme mostra a Figura 12.

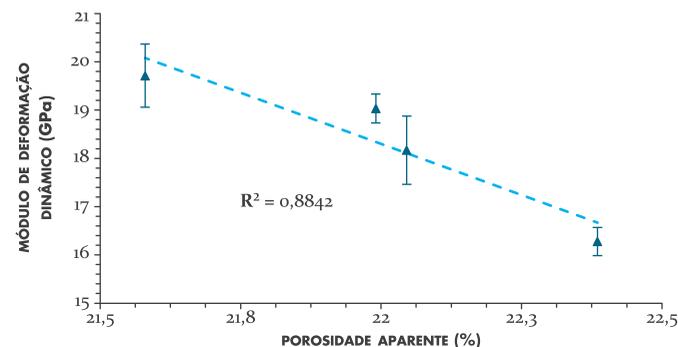


FIGURA 12 • Módulo de deformação dinâmico das argamassas, aos 28 dias, em função do teor de RCMG

Para a argamassa de referência, a porosidade aparente encontrada foi de 22,4%, sendo 16,3 GPa o seu módulo de deformação. Na composição contendo 15% de resíduo, no entanto, a redução da porosidade (21,5%) acarretou uma elevação significativa na rigidez da argamassa (18,7 GPa), o que representa uma maior suscetibilidade à fissuração, devido à sua menor capacidade de se deformar.

## 4 CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a adição do RCMG promove um incremento na resistência mecânica das argamassas (resistência à flexão e à compressão), atingindo os valores mais elevados para o teor de 5% de adição;
- o aumento da resistência pode ser atribuído à melhora do empacotamento das partículas, expressa no aumento da densidade aparente, associada a uma redução da porosidade e conseqüente aumento da velocidade de propagação de onda ultrassônica para teores crescentes de RCMG;
- a introdução de teores crescentes do resíduo levou ao aumento da absorvidade, visto que a presença de uma maior quantidade de partículas finas leva à redução do diâmetro dos poros capilares;

- a queda na resistência verificada para teores superiores a 5% de adição pode ser decorrente da formação de aglomerações de partículas do resíduo durante a mistura (devido ao fato de ser um material muito fino, que retém parte da água que seria consumida nas reações de hidratação), assim como do aumento da formação de “caminhos” de diâmetro capilar na matriz, que podem ser suficientes para iniciar e propagar fissuras, prejudicando o desempenho mecânico;
  - com o aumento da densidade da argamassa para teores crescentes de adição, eleva-se também a sua rigidez, o que pode ser prejudicial para as aplicações em revestimentos;
  - os resultados atestam a viabilidade técnica do uso do RCMG como adição às argamassas.
- Com base nos parâmetros avaliados, 5% podem ser definidos como o teor ótimo de adição. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2011**. São Paulo: Abrelpe, 2012.
- ARUNTAŞ, H.; GÜRÜ, M.; DAYI, M.; TEKIN, I. *Utilization of waste marble dust as an additive in cement production*. **Materials and design**, v. 31, p. 4039-4042, 2010.
- ABNT. **NBR 7211 (2005)**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7251 (1982)**: Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9779 (1995)**: Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15630 (2008)**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.
- CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na Construção Civil. **Cerâmica**, v. 55, p. 18-32, 2009.
- CORINALDESI, V.; MORICONI, G.; NAIK, T. R. *Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete*. **Construction and building materials**, v. 24, p. 113-117, 2010.
- EUROPEAN COMMISSION. **Priority funding areas**. 2012. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/about/priorities/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/about/priorities/index_en.htm)>. Acesso em: jan. 2013.
- GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2000. 135 f.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na Construção Civil**: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2000. 113 f.

MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; FARIAS FILHO, J.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Reciclagem de resíduos da Construção Civil para a produção de argamassas. **Cerâmica**, v. 55, p. 263-270, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

O'FARRELL, M.; WILD, S.; SABIR, B. B. *Pore size distribution and compressive strength of waste clay brick mortar*. **Cement and concrete composites**, v. 23, p. 81-91, 2001.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de pós-graduação em Construção Civil, UFPR, Curitiba, 2006. 180 f.

SILVA, N. G.; CAMPITELLI, V. C. Módulo de elasticidade dinâmico de argamassas de revestimento. In: II ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE CAMPOS GERAIS, Ponta Grossa, 2006. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng\\_civil/50%20MODULO%20ELASTICIDADE%20DINAM%20ARGAMASS%20REVESTIM.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng_civil/50%20MODULO%20ELASTICIDADE%20DINAM%20ARGAMASS%20REVESTIM.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2012.

SOUZA, U. E. L.; DEANA, D. F. **Levantamento do estado da arte**: consumo de materiais. São Paulo, 2007. Disponível em <[www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-5\\_consumo\\_materiais.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-5_consumo_materiais.pdf)>. Acesso em: 7 ago. 2012.

## ESTUDO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS APLICÁVEIS EM EMPREENDIMENTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL

Mariana Lima Correia <sup>1</sup>

Dayana Bastos Costa <sup>2</sup>

### Resumo

“Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada em 2009, o déficit habitacional no Brasil era de aproximadamente 5,8 milhões de domicílios. Buscando reverter esse quadro, o Governo Federal lançou em março de 2009 o Programa Minha Casa Minha Vida, que visa garantir o acesso à casa própria através da construção de empreendimentos habitacionais de interesse social (HIS). A Construção Civil brasileira apresenta um cenário ambiental também preocupante. O modo de produção prioriza custo e prazo, negligenciando outras questões, como sustentabilidade no projeto e canteiro. Apenas nos últimos anos, surgiram técnicas voltadas à Construção Civil visando diminuir os impactos ambientais gerados no processo. O objetivo principal deste trabalho é avaliar as ações sustentáveis que apresentam viabilidade de implantação em HIS. Em paralelo a isso, busca-se identificar empreendimentos HIS com certificações ambientais, assim como levantar práticas sustentáveis adotadas nestes empreendimentos. Foram realizados levantamentos de dados em dois empreendimentos em HIS e em outros dois empreendimentos de incorporação imobiliária, a partir da aplicação de *checklist* e entrevista. A análise da viabilidade de adoção de práticas sustentáveis em HIS utilizou como *benchmark* empreendimentos habitacionais de interesse social, certificados no Brasil e no mundo, e empreendimentos baianos de diferentes tipologias com alto nível de práticas sustentáveis. Os resultados obtidos apresentam diversas práticas sustentáveis passíveis de incorporação no modelo construtivo de HIS, destacando-se que o custo não é a principal razão para a não adoção delas, mas a falta de informação e iniciativa dos profissionais da área.”

**Palavras-chave** » sustentabilidade; certificação ambiental; habitação de interesse social.

## 1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil no Brasil atravessa, atualmente, um cenário desafiador composto principalmente por vertentes sociais e ambientais. A precariedade da Construção Civil quanto ao fator social é claramente perceptível através do déficit habitacional e do alto número de moradias ilegais, do acesso limitado ao saneamento básico (seja acesso à rede de água, esgoto, manejo dos resíduos sólidos ou drenagem) e das condições de degradação da infraestrutura do setor de transporte.

O cenário ambiental também é muito preocupante. Conforme Cardoso (2004), a Construção Civil é conhecida como o “setor dos 40”. Os impactos ambientais gerados pela atividade da Construção Civil no Brasil são responsáveis por, aproximadamente, 40% da emissão de CO<sub>2</sub>, 40% da geração dos resíduos, 40% das operações de transporte e consumo de 40% da energia. Além disso, ainda conforme Cardoso (2004), a Construção Civil é responsável por grandes interferências no ambiente em seu entorno, já que altera de forma significativa a paisagem, aumenta o fluxo de veículos, aumenta a emissão dos ruídos etc.

Essa situação ambientalmente desequilibrada está se agravando com o crescimento acelerado da Construção Civil nos últimos anos. Com uma forte demanda de construção para reverter o quadro social, o quadro ambiental é, de forma geral, suprimido. Essa demanda por novos empreendimentos aumenta o consumo de insumos inerentes ao processo construtivo. Outro agravante da grande demanda e do pouco tempo para construir é a negligência do fator qualitativo do produto gerado. Há uma tendência de utilizar materiais que, por exemplo, não apresentam boa durabilidade. Essa ação é também prejudicial do ponto de vista ambiental, pois com um menor tempo de vida útil esse material deverá sofrer reparos ou ser substituído mais cedo, aumentando assim, o consumo de novos insumos. Além desses problemas ligados intimamente a produção, há também o agravamento do efeito estufa, decorrente de todas as atividades da cadeia produtiva, agravamento das ilhas de calor nas grandes cidades, cidades mais impermeáveis, e poluição do ar, sonora, visual e da água (DEGANI, 2003).

Nesse contexto de inquietação, na década de 90, surgiram os modelos de certificação ambiental, que têm como objetivo avaliar o desempenho ambiental da construção em relação à concepção do projeto, planejamento, construção/reforma e o uso/operação. Cada modelo de certificação apresenta critérios conforme seu enfoque específico.



<sup>1</sup> Engenheira civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [marianalimamlc@gmail.com](mailto:marianalimamlc@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Civil e professora do Departamento de Construção e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. E-mail: [dayanabcosta@ufba.br](mailto:dayanabcosta@ufba.br).

De acordo com a revista *Téchne* (2010), a eficácia da aplicação das práticas de sustentabilidade é comprovada através de diversos estudos. Tais trabalhos mostram que os empreendimentos verdes reduzem em até 30% o consumo de energia, em 50% o consumo de água, em 35% a emissão de CO<sub>2</sub>, e em até 90% o descarte de resíduos, além de garantir um ambiente interno mais saudável e produtivo. Com o objetivo de alcançar esses resultados e por utilizarem a sustentabilidade como uma poderosa estratégia de marketing, algumas empresas incorporadoras, construtoras e projetistas tentam aderir a esse novo modelo de produção. Porém, a sua adesão é parcialmente limitada pelo custo atrelado às novas tecnologias.

Assim, como exemplo, pode-se citar a dificuldade em aplicar a certificação em empreendimentos habitacionais de interesse social, já que esse tipo de habitação tem como prioridade realizar o empreendimento com o custo mínimo necessário para atender aos requisitos de desempenho exigidos por norma. Neste sentido, nota-se que apesar de inúmeros estudos sobre certificação ambiental, sustentabilidade e habitação de interesse social, há uma lacuna considerável na literatura sobre a relação entre eles.

Com base nesse contexto, identificou-se a necessidade de analisar a viabilidade da aplicação de práticas de sustentabilidade ambiental em empreendimentos habitacionais de interesse social no Brasil, baseando-se no modelo de construção desse tipo de empreendimento, nas ações sustentáveis apresentadas nas metodologias de certificação ambiental e nas experiências voltadas às práticas de sustentabilidade bem sucedidas em empreendimentos similares.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo principal avaliar a viabilidade da aplicação de práticas sustentáveis em empreendimentos HIS, com base nas metodologias de Certificação Ambiental, e como objetivos secundários identificar empreendimentos HIS certificados ambientalmente e identificar práticas de sustentabilidade já implementadas em HIS.

## 2 CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL

A certificação ambiental é um atestado do nível de sustentabilidade que um empreendimento apresenta (SILVA, 2003 *apud* BUENO, 2010). Isto significa que, por meio de um método específico, cada metodologia de certificação irá avaliar o desempenho ambiental do empreendimento nas mais diversas áreas, atribuindo pesos diferentes em cada uma delas, de acordo com o enfoque do método certificador. O resultado final dessa avaliação dirá se o empreendimento está ou não certificado, e caso esteja, ele apresentará o nível da certificação, que também varia de acordo com a metodologia da certificação e, conseqüentemente, com a empresa

certificadora. Esses métodos existem em todo mundo e cada método apresenta diferentes prioridades de acordo com o contexto em que surgiu e que é aplicado.

Dentre as metodologias de certificação existentes, se destacaram como base da revisão bibliográfica deste trabalho as apresentadas no Quadro 1, quais sejam BREEAM, HQE e LEED, além de duas metodologias brasileiras, AQUA e Selo Casa Azul.

METODOLOGIAS DE CERTIFICAÇÃO	Ano de criação	País de origem
BREEAM ( <i>Building Research Establishment's Environmental Assessment Method</i> )	1988	Reino Unido
HQE ( <i>Haute Qualité Environnementale</i> )	1996	França
LEED ( <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> )	1996	Estados Unidos
AQUA (Alta Qualidade Ambiental)	2007	Brasil
Selo Casa Azul	2010	Brasil

QUADRO 1 • Metodologias de certificação e dados de origem

Existem diferenças entre as metodologias; porém, a partir do estudo de cada certificação, é possível identificar que essas metodologias apresentam preocupações em comum e ações específicas para a avaliação do empreendimento, como, por exemplo, temas relativos ao consumo de materiais, energia e água.

Buscando o aprofundamento nas metodologias de aplicação mais próximas da realidade dos empreendimentos HIS, o Quadro 2 foi elaborado a partir do agrupamento dos critérios de avaliação dos empreendimentos das metodologias AQUA, Selo Casa Azul e LEED for Homes.

As categorias escolhidas para agrupar os critérios identificados em cada metodologia foram: projeto, vizinhança, consumo de recursos, emissões, conforto e qualidade ambiental, canteiro e entrega. Essa análise das categorias e, mais especificamente, das práticas em comum, foi de fundamental importância na elaboração do *checklist* e da entrevista aplicados na fase de coleta de dados.

CATEGORIAS	METODOLOGIAS		
	AQUA	Selo Casa Azul	LEED for Homes
PROJETO	Escolha integrada de produtos e sistemas e processos construtivos.	Projeto e conforto.	Inovação e processo de projeto.
VIZINHANÇA	Relação do edifício com seu entorno.	Qualidade urbana, e projeto e conforto.	Localização e vínculos e conexões/acessos.
CONSUMO DE RECURSOS	Gestão da energia e gestão da água.	Eficiência energética, conservação de recursos materiais e gestão da água.	Eficiência no uso de água, materiais e recursos, e energia e atmosfera.

CATEGORIAS	METODOLOGIAS		
	AQUA	Selo Casa Azul	LEED for Homes
EMISSIONES	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício.	Conservação de recursos materiais.	Energia e atmosfera.
CONFORTO E QUALIDADE AMBIENTAL	Conforto higrotérmico, conforto acústico, conforto visual, conforto olfativo, qualidade sanitária dos ambientes, qualidade sanitária do ar, e qualidade sanitária da água.	Qualidade urbana.	Qualidade do ambiente interno.
CANTEIRO	Canteiro de obras com baixo impacto ambiental.	Conservação de recursos materiais e práticas sociais.	Sustentabilidade do sítio.
ENTREGA	Manutenção – permanência do desempenho ambiental.	Práticas sociais.	Conscientização do proprietário.

QUADRO 2 • Síntese das categorias das certificações AQUA, Selo Casa Azul e LEED for Homes

## 2.1 Práticas adotadas pelos empreendimentos habitacionais de interesse social certificados

No Reino Unido existe um código específico, “Code for Homes”, que faz parte da certificação BREEAM para avaliação da sustentabilidade de empreendimentos habitacionais. Este código tem a intenção de reduzir as emissões de carbono e criar empreendimentos mais sustentáveis. Ele foi implantado em abril de 2007 e passou a ser de caráter obrigatório às novas residências a partir de maio de 2008. O código avalia o empreendimento como um todo em todas as suas etapas. Seus critérios de avaliação são: energia e emissão de CO<sub>2</sub>; água; materiais; poluição; resíduos; gestão; ecologia; saúde e bem-estar; e drenagem. Cada categoria apresenta itens de avaliação que podem resultar ao empreendimento de uma a seis estrelas.

Nos Estados Unidos e outros países que adotam a metodologia o LEED, as habitações de interesse social tem sido avaliadas com o “LEED for Homes”, que visa o incentivo a práticas de construção sustentável de forma mais acessível. O reconhecimento e premiação de ações que busquem a eficiência do uso de recursos das habitações de interesse social dentro do sistema de avaliação do LEED for Homes compõem parte do programa.

No Brasil, o Selo Casa Azul tem sido a certificação mais usada em habitação de interesse social. Foram identificados somente dois empreendimentos com esta certificação no Brasil, que são os Condomínios E e G do Complexo Paraisópolis e o Complexo Chapéu Mangueira e Babilônia.

A seguir é apresentado um resumo das práticas sustentáveis adotadas em empreendimentos habitacionais sustentáveis:

- **PROJETO** – projeto de paisagismo, preservando ao máximo a vegetação nativa; área de lazer; especificação de materiais de maior durabilidade e qualidade, que possibilitem a fácil manutenção das fachadas e aumentem a vida útil das mesmas, reduzindo o consumo de materiais em longo prazo; e previsão de área permeável de modo a otimizar a drenagem local evitando alagamentos e a reduzir as ilhas de calor;
- **VIZINHANÇA** – estudo de viabilidade de implantação culminando na escolha de um local dotado de infraestrutura e serviços básicos, tais como presença de posto de saúde, escolas, comércio básico, rede de iluminação pública, rede de água e esgoto, e linha de transporte público;
- **CONSUMO DE RECURSOS** – utilização de lâmpadas econômicas e dispositivos economizadores de energia nas áreas comuns, medição individualizada de gás e água, uso de bacia sanitária com duplo acionamento, torneiras com reguladores de vazão e modulação de medidas, evitando perda de materiais (azulejos, pisos, alvenaria e fôrma) e otimizando o trabalho pela repetição;
- **EMISSÕES** – local adequado para coleta seletiva, emprego de madeira de reflorestamento e uso de tinta não tóxica;
- **CONFORTO E QUALIDADE AMBIENTAL** – uso de materiais e dispositivos de ventilação adequados e adaptados para o local de implantação do empreendimento;
- **CANTEIRO** – ações sociais com funcionários da obra e absorção de mão de obra local;
- **ENTREGA** – ações de conscientização a respeito da sustentabilidade do empreendimento voltadas aos usuários.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa desse trabalho foi o estudo de caso; mais especificamente, o estudo de caso qualitativo-descritivo que apresenta como fontes de evidências a aplicação de *checklist*, entrevistas e análise de documentos em fonte primária e secundária, tais como análise de fotografias, folders etc.

O estudo de caso qualitativo-descritivo é aquele em que o objetivo é conseguir informações e/ou conhecimento acerca de um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles podendo ser de caráter quantitativo como qualitativo (YIN, 2001; MARCONI; LAKATOS, 2008).

A pesquisa é composta pelas seguintes etapas:

- **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** – presente em toda pesquisa, é a etapa que compreende todo o embasamento teórico e de exemplos práticos de certificação ambiental em HIS.
- **PREPARAÇÃO DOS DADOS** – etapa de elaboração do *checklist* e entrevista sobre as práticas sustentáveis com base nos dados obtidos na revisão bibliográfica.
- **COLETA DE DADOS** – etapa da aplicação do *checklist* e entrevista em dois empreendimentos HIS situados na Bahia, nas cidades de Valença e Jequié. Com o objetivo de avaliar as ações adotadas em empreendimentos tidos como exemplos de sustentabilidade, a coleta de dados também foi aplicada em dois empreendimentos não HIS (comercial e residencial), situados em Salvador.
- **ANÁLISE DE DADOS** – etapa da análise e tabulação dos dados obtidos, da identificação das ações já praticadas, dos fatores motivadores e dificultadores para implantação das mesmas, das oportunidades de melhoria, das ações de aplicação viável, das ações que ainda dependem de uma disseminação do conhecimento, de um avanço tecnológico ou de uma redução de custos. É nessa etapa que também ocorre o cruzamento desses resultados com as práticas adotadas nos empreendimentos HIS certificadas no Brasil e no mundo.

Os dados foram analisados a partir dos constructos: projeto, vizinhança, consumos dos recursos, emissões, conforto e qualidade ambiental, canteiro e entrega, conforme detalhado no Quadro 3.

CONSTRUCTOS	VARIÁVEIS
<b>PROJETO</b>	<i>Monitoramento dos objetivos ambientais, compatibilização de projetos, presença de área de lazer e arborização, e requisitos de acessibilidade.</i>
<b>VIZINHANÇA</b>	<i>Implantação em local com rede de abastecimento de água, energia, drenagem, esgotamento sanitário, pavimentação e linha de transporte público.</i>
<b>CONSUMO DE RECURSOS</b>	<i>Materiais: utilização de agregado reciclado e uso de medidas modulares.</i> <i>Energia: uso de fonte de energia alternativa, medição individualizada de gás, e uso de dispositivos economizadores de energia.</i> <i>Água: reaproveitamento de águas pluviais, uso de dispositivos economizadores de água, e medição individualizada de água.</i>
<b>EMISSÕES</b>	<i>Prioridade em consumir materiais fabricados ou extraídos em locais próximos à obra, programa de gerenciamento de resíduos da Construção Civil, e local adequado para descarte de resíduos.</i>
<b>CONFORTO E QUALIDADE AMBIENTAL</b>	<i>Dispositivos de ventilação natural permanente em copas e banheiros, não utilização de produtos à base de amianto, e uso de tintas à base de água.</i>

CONSTRUCTOS (cont.)	VARIÁVEIS (cont.)
CANTEIRO	Programação de limpeza no entorno da obra, planejamento de atividades ruidosas, programa de tratamento de reclamações da vizinhança, programa de capacitação dos funcionários, e absorção de mão de obra local.
ENTREGA	Distribuição de manuais aos moradores e programa de conscientização dos funcionários a respeito das características sustentáveis do empreendimento.

QUADRO 3 • Constructos e variáveis

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesse item, os resultados obtidos durante a etapa do estudo de caso nos empreendimentos HIS e em não HIS serão apresentados e analisados de acordo com as categorias de avaliação e práticas apresentadas anteriormente no Quadro 3.

### 4.1 Projeto

#### ◀ Empreendimentos HIS ▶

Na categoria *Projeto*, os empreendimentos HIS se destacaram quanto à preocupação com acessibilidade, tais como adoção de portas e corredores com dimensões adaptadas aos requisitos de acessibilidades e inclinação de rampas de acesso dentro dos valores admissíveis exigidos por norma. Os empreendimentos também apresentaram preocupação quanto ao espaço reservado para o lazer, priorizando, dentre outros itens, a arborização das áreas comuns.

Segundo os entrevistados, os empreendimentos não apresentaram como prática a compatibilização de projetos, pois o projeto utilizado nesses empreendimentos já havia sido repetido em outras construções e os mesmos acreditavam que as possíveis interferências já haviam sido esgotadas, não compensando o custo.

Outra prática não empregada nessa categoria foi a definição dos objetivos ambientais, que é a adoção de uma visão estratégica e sistêmica da construção a partir da listagem das práticas sustentáveis que se desejam seguir. Como exemplo disso, há o uso de fonte de energia alternativa, uso de bacia sanitária com duplo acionamento, adoção do programa de gerenciamento de resíduos etc. É a partir da listagem e do monitoramento da aplicação dessas ações que é possível identificar as dificuldades e os pontos de melhoria, levando a

uma otimização contínua do processo construtivo. Segundo os empreendimentos entrevistados, essa prática não havia sido cogitada por desconhecimento de suas vantagens.

#### ◀ Empreendimentos não HIS ▶

Durante a elaboração de projetos, existe a preocupação em relação às áreas de lazer, item essencial para o público-alvo dessa tipologia de empreendimento, e em relação às questões acessibilidade, por se tratar de práticas já normatizadas e consideradas fundamentais.

Os projetos foram compatibilizados antes da execução para evitar interferência entre os diversos projetos (elétrico, hidráulico, estrutural...) e para minimizar perda de materiais e retrabalho, aumentando a qualidade do serviço.

Os objetivos ambientais foram listados durante a concepção do projeto e estão em fase de monitoramento. No empreendimento comercial, isso se deve à exigência da metodologia de certificação em curso, e no residencial, pela exigência decorrente do local de implantação (área de preservação ambiental). Outro motivo que ocasionou a adoção dessa prática por ambos os empreendimentos foi a extrema importância atribuída a esse item, pelo diferencial estratégico e visão sistêmica e global que ele proporciona.

#### 4.1.1 VIZINHANÇA

##### ◀ Empreendimentos HIS ▶

Nessa categoria, era uma prática comum os empreendimentos apresentarem rede elétrica em seus locais de implantação. Porém, um dos empreendimentos não foi implantado em área com rede de água potável, pavimentação, rede de esgoto e drenagem e linha de transporte público próximo. Segundo o entrevistado, isso se deve a posse pré-existente do local de implantação, inviabilizando a obtenção de um novo terreno devido ao custo.

##### ◀ Empreendimentos não HIS ▶

Os empreendimentos entrevistados foram implantados em áreas que possuem infraestrutura de água, esgoto, drenagem, pavimentação e transporte público. Todos esses itens foram decisivos durante o estudo de viabilidade do empreendimento.

#### 4.1.2 CONSUMO DE RECURSOS

##### ◀ Empreendimentos HIS ▶

Em relação ao consumo de água, a prática adotada pelos dois empreendimentos é a utilização de hidrômetros. As práticas não adotadas, como o uso de bacia sanitária de duplo

acionamento, o uso de torneiras automáticas com sensor e reaproveitamento de águas pluviais, apresentaram como fator impeditivo o custo.

Em relação ao consumo de energia, os empreendimentos não apresentaram adoção em comum à nenhuma das práticas questionadas. As ações adotadas parcialmente são: uso de lâmpadas de baixo consumo, uso de fonte de energia alternativa (solar) e medição individualizada de gás. O custo também foi o fator impeditivo para a não adoção de um número maior de práticas.

Em relação aos materiais, nenhuma das práticas listadas no Quadro 3 é aplicada pelos dois empreendimentos. A prática adotada de forma parcial é uso de agregado reciclado, sendo que um dos empreendimentos não adotou a reciclagem por falta de conhecimento e outro adotou a prática apenas no contrapiso. No último citado, houve dificuldades como logística, poeira e ruído ao processar os blocos de concreto danificados, além de fatores técnicos, como falta de ensaios e estudo confiável sobre suas propriedades. A prática não adotada por nenhum é o uso de dimensões padronizadas/moduladas, devido à resistência dos profissionais de arquitetura.

#### ◀ Empreendimentos não HIS ▶

Quanto às práticas relativas ao consumo de água, são adotadas pelos empreendimentos não HIS o uso de bacias sanitárias de duplo acionamento e o reaproveitamento de águas pluviais, além da medição individualizada de água no empreendimento residencial. Por sua vez, as torneiras de acionamento automático foram adotadas por um dos empreendimentos. Essas medidas foram incorporadas por reduzirem o consumo desse recurso, trazendo benefícios ambientais e, como consequência, economia financeira para os usuários.

Quanto às práticas relativas ao consumo de energia, os empreendimentos adotaram todas as práticas no Quadro 3: uso de dispositivos economizadores de energia, como sensores de presença e lâmpadas de baixo consumo; utilização de fonte de energia alternativa; e destaque para medição individualizada de gás no empreendimento residencial. Os motivos para implantar dispositivos de economia de energia são os mesmos assinalados na economia de água. Já o motivo para instalar os medidores individualizados de gás é o aumento da conscientização individual dos usuários sobre o consumo racional desse bem.

Quanto ao consumo de materiais, os entrevistados indicaram como principal motivo para não adoção de dimensões padronizadas a resistência dos arquitetos. A modulação é realizada apenas em pequena escala pela paginação de pisos, alvenarias e forros de gesso.

Quanto ao uso de agregado reciclado, a adesão é parcial. Um dos empreendimentos acredita que o foco deve ser em não gerar resíduo, e por isso, não programou o uso. O outro empreendimento utilizará o agregado reciclado na camada de base da garagem, porém relatou que a pouca oferta inviabiliza o uso em maior escala.

### 4.1.3 EMISSÕES

#### ◀ Empreendimentos HIS ▶

Quanto às práticas adotadas no critério de emissões, existe uma logística em priorizar o consumo de insumos próximos da obra, diminuindo o consumo de combustíveis e a emissão de gases geradores do efeito estufa. Porém, em apenas um empreendimento existe o dimensionamento do local de descarte de resíduos que atenda a todos os moradores em uma área de fácil acesso. A elaboração de um Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil não foi realizada devido à não obrigatoriedade nessas obras.

#### ◀ Empreendimentos não HIS ▶

As práticas da categoria *Emissões* apresentaram adesão total por parte dos empreendimentos não HIS. Dentre essas ações, merecem destaque: a priorização no consumo de recursos extraídos/fabricados próximos à obra, pelos mesmos motivos dos empreendimentos HIS; o planejamento do volume e espaço reservado para descarte de resíduos gerados pelos usuários, inclusive de materiais recicláveis; e a elaboração do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

### 4.1.4 CONFORTO E QUALIDADE AMBIENTAL

#### ◀ Empreendimentos HIS ▶

A prática adotada por todos os empreendimentos é a instalação de dispositivos de ventilação natural permanente nas cozinhas e banheiros, por meio de janelas e basculantes. As ações adotadas por um deles se referem à não utilização de produtos à base de amianto e ao uso de tintas à base de água, por conhecerem os perigos que esses produtos oferecem à saúde dos funcionários e à dos futuros usuários.

#### ◀ Empreendimentos não HIS ▶

Novamente, os empreendimentos não HIS apresentaram adesão total às práticas. Dentre as práticas questionadas na entrevista estão a instalação de dispositivos de ventilação permanente nos banheiros e cozinhas, por meio de janelas e basculantes; não utilização de

produtos à base de amianto; e uso de tintas à base de água, sendo esses fatores decisivos na compra dos produtos, pelos motivos já citados nos empreendimentos HIS.

#### 4.1.5 CANTEIRO

##### ◀ Empreendimentos HIS ▶

Categoria que apresentou o melhor desempenho. As ações que contribuíram para o alcance desse resultado foram: limpeza periódica do entorno da obra; plano de ação para tratar reclamações da vizinhança; planejamento das atividades que causam incômodo sonoro; adoção de programa de capacitação profissional; e prioridade em absorver mão de obra local. Este último, às vezes, não é atingido com a frequência esperada, pois a mão de obra local (cidades do interior) nem sempre apresenta a qualificação necessária para desempenhar a atividade.

##### ◀ Empreendimentos não HIS ▶

O resultado para esta categoria foi novamente de total aplicação das práticas. Dentre as ações adotadas por todas, destacam-se: programação de limpeza do entorno da obra, por prezarem o bom relacionamento com a vizinhança; programa para tratamento de eventuais reclamações, por meio do contato direto com os engenheiros responsáveis pela obra; sensibilização dos funcionários quanto aos incômodos sonoros e planejamento das atividades causadoras destes, muitas vezes recusando recebimento de material fora do horário programado; capacitação profissional dos funcionários por meio de treinamentos constantes integrados (saúde, meio ambiente, segurança e técnica); prioridade na contratação de mão de obra local; e reaproveitamento de águas cinzas e pluviais.

#### 4.1.6 ENTREGA

##### ◀ Empreendimentos HIS ▶

Neste item houve adoção total da distribuição dos Manuais do Usuário, adoção parcial de um plano de educação dos usuários quanto à gestão de resíduos, e não foi adotada a elaboração de um plano educativo de conscientização dos funcionários do empreendimento quanto às características de sustentabilidade do mesmo.

##### ◀ Empreendimentos não HIS ▶

Essa categoria apresentou adoção total. As principais práticas adotadas foram elaboração e distribuição de Manuais de Uso, Operação e Manutenção; distribuição de jornais tri-

mestrais, contemplando o plano de educação dos usuários quanto à gestão de resíduos do empreendimento; e plano educativo de conscientização dos funcionários do empreendimento quanto às características de sustentabilidade do mesmo.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os Quadros 4 e 5 apresentam uma síntese dos resultados. O Quadro 4 apresenta quais ações já são adotadas pelos empreendimentos HIS e o Quadro 5 as ações não adotadas, seus respectivos motivos e quais delas são viáveis para aplicação em HIS – baseadas na revisão da literatura e nas entrevistas em empreendimentos não HIS.

CATEGORIA	AÇÕES ADOTADAS
PROJETO	Projeto contemplando acessibilidade e área de lazer.
VIZINHANÇA	Local de implantação dotado de iluminação.
CONSUMO DE RECURSOS	Medição individualizada de água.
EMISSIONES	Logística em priorizar o consumo de insumos próximos à obra.
CONFORTO E QUALIDADE AMBIENTAL	Presença de dispositivos de ventilação natural nas copas e banheiros.
CANTEIRO	Limpeza periódica do entorno da obra, plano de ação para tratar reclamações da vizinhança, planejamento das atividades geradoras de ruído e programa de capacitação profissional.
ENTREGA	Distribuição dos Manuais do Usuário.

QUADRO 4 • Práticas adotadas nos empreendimentos HIS estudados, por categoria

A partir da comparação entre os Quadros 3 e 4, conclui-se que a categoria que apresenta melhor desempenho em HIS é a de *Canteiro*. Cruzando os dados obtidos a partir do Quadro 4 e das práticas abordadas nos manuais técnicos das certificações AQUA, Selo Casa Azul e LEED for Homes, foi possível concluir que o modelo que mais se aproxima da realidade desse tipo de empreendimento é o Selo Casa Azul. Este modelo apresenta exigências que já são, em maior parte, cumpridas por esses empreendimentos, porém ainda há um déficit considerável na adoção de outras práticas, como mostra o Quadro 5.

CATEGORIA	AÇÕES NÃO ADOTADAS	FATOR IMPEDITIVO	ANÁLISE DE VIABILIDADE	BENCHMARK
PROJETO	Compatibilização de projetos.	Custo.	Viável: custo da compatibilização é inferior aos custos para solucionar as interferências na obra	Não HIS entrevistados.
	Listagem e monitoramento dos objetivos ambientais.	Falta de informação.	Viável: incluir no planejamento da obra.	HIS (Brasil e mundo).
VIZINHANÇA	Local de implantação com rede de água potável, pavimentação, rede de esgoto e drenagem, e linha de transporte público.	Custo.	Viável: análise criteriosa do local de implantação por meio de um estudo de viabilidade de implantação.	HIS (Brasil e mundo) e não HIS entrevistados.
	Uso de bacia sanitária de duplo acionamento, torneiras automáticas e águas pluviais, lâmpadas de baixo consumo, fonte alternativa e medição individualizada de gás.	Custo.	Viável: será necessário um investimento baixo para aplicação dessas ações, exceto na utilização de fonte de energia alternativa.	HIS (Brasil e mundo) e não HIS entrevistados.
CONSUMO DE RECURSOS	Uso de agregado reciclado.	Oferta/falta de informação.	Ainda não viável. Solução: iniciativa da Construção Civil para incentivar a entrada de empresas no ramo de agregados reciclados e para novos estudos.	-
	Uso de dimensões padronizadas.	Resistência dos arquitetos.	Viável: incentivo à criatividade em paralelo à sustentabilidade.	HIS (Brasil e mundo).
EMISSÕES	Dimensionamento do local de descarte de resíduos	Falta de informação.	Viável: incluir no planejamento da obra. Realizado pelo engenheiro a partir do estudo da geração de resíduos por indivíduo.	HIS (Brasil e mundo) e não HIS entrevistados.
	Projeto de gerenciamento de resíduos da Construção Civil	Não obrigatório/falta de iniciativa.	Viável: conscientização do benefício ambiental. Baixo custo.	HIS (Brasil e mundo) e não HIS entrevistados.
CONFORTO E QUALIDADE AMBIENTAL	Não utilização de produtos à base de amianto e uso de tintas à base de água.	Falta de regulamentação mais criteriosa/falta de iniciativa.	Viável: estabelecer critérios rigorosos para compra de materiais e contratação de fornecedores.	HIS (Brasil e mundo) e não HIS entrevistados.
CANTEIRO	Uso de mão de obra local.	Capacitação deficiente.	Parcialmente viável: movimento da Construção Civil para incentivar a criação de mais institutos profissionalizantes.	HIS (Brasil e mundo) e não HIS entrevistados.
ENTREGA	Informar os funcionários sobre sustentabilidade do empreendimento.	Falta de informação.	Viável: elaboração de uma cartilha a respeito da sustentabilidade do empreendimento.	HIS (Brasil e mundo) e não HIS entrevistados.

QUADRO 5 • Práticas não adotadas nos empreendimentos HIS estudados, fatores impeditivos e análise de viabilidade por categoria

Os fatores abordados no Quadro 5 que impedem a adoção de algumas práticas sustentáveis são barreiras para uma construção mais sustentável. Dentre esses se destacam, por ordem de prioridade: falta de informação/iniciativa dos profissionais da engenharia, custo, resistência dos profissionais, capacitação deficiente, ausência de regulamentação do uso de alguns materiais e do estudo aprofundado do comportamento de outros. Essas barreiras podem ser quebradas a partir da aplicação da visão estratégica e sistêmica da sustentabilidade dos empreendimentos. Essa visão deve englobar os objetivos financeiros das empresas, os objetivos sociais dos órgãos financiadores e os objetivos ambientais da sociedade. O incentivo financeiro à adoção das práticas sustentáveis poderia partir, parcialmente, do órgão financiador, diminuindo o impacto do custo. Em contrapartida, as empresas poderiam incentivar a reciclagem de conhecimento do seu corpo técnico por meio das novas técnicas de gestão sustentável. A Universidade tem o papel de disseminar o conhecimento, estudar novas tecnologias e cobrar uma regulamentação mais criteriosa dos materiais. Por fim, a sociedade tem o papel fundamental de incentivar a adoção dessas práticas.

## 6 CONCLUSÃO

O modo de construção das habitações de interesse social apresenta como prioridade o baixo custo na produção. Essa preocupação é extremamente válida, afinal o objetivo das habitações de interesse social é expandir o acesso à casa própria, reduzir o déficit habitacional, e proporcionar uma evolução qualitativa e quantitativa na vida das pessoas.

Para muitos, o custo é o limitador no caminho para a sustentabilidade. Este trabalho mostrou que o custo não é o principal motivo para a não adoção de práticas sustentáveis nesses empreendimentos. Mais do que o incremento nos custos de produção desse tipo de empreendimento, a falta de informação e iniciativa, além da ainda incipiente ciência sobre o comportamento de materiais recicláveis e a falta de preparo do mercado da Construção Civil para absorver a demanda por soluções ambientalmente corretas, compõem o retrato das barreiras na busca por uma Construção Civil mais ecologicamente correta, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente diversa.

A análise das ações já adotadas nesses empreendimentos leva à conclusão de que os incentivos na adoção dessas decorrem da prática cultural, já característica da Construção Civil,

ou decorrente de obrigações legais. A categoria que se destaca e apresenta maior evolução quantitativa de práticas e qualitativa de motivação é a *Canteiro de Obras*.

A revisão da literatura evidencia que é possível expandir as práticas adotadas em HIS. A ponte para viabilizar a adoção dessas é a iniciativa por parte de todos os agentes da Construção Civil: engenheiros, pesquisadores, fabricantes, operários e a sociedade. Esta tem direito a um ambiente sustentável, o que deve ser a principal motivação na busca de soluções e ações sustentáveis. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREEAM. *Sanderstead Road, Croydon, UK*. Disponível em: <[www.breeam.org/page.jsp?id=271](http://www.breeam.org/page.jsp?id=271)>. Acesso em: 10 out. 2012.

BUENO, C. **Avaliação de desempenho ambiental em edifícios habitacionais**: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – UFSCAR, São Paulo, 2010.

CAIXA. **Caixa concede Selo Casa Azul a projeto do Complexo Chapéu Mangueira e Babilônia**. Disponível em: <[http://www1.caixa.gov.br/imprensa/noticias/asp/popup\\_box.asp?codigo=6912006](http://www1.caixa.gov.br/imprensa/noticias/asp/popup_box.asp?codigo=6912006)>. Acesso em: 10 out. 2012.

CARDOSO, F. F. Redução de impactos ambientais dos canteiros de obra: exigências das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** São Paulo: Finep, 2004. p. 3560-3569.

COELHO, L. Certificação ambiental. *Téchne*, São Paulo, 2010. Disponível em: <[www.revis-tatechne.com.br/engenharia-civil/155/carimbo-verde-162886-1.asp](http://www.revis-tatechne.com.br/engenharia-civil/155/carimbo-verde-162886-1.asp)>. Acesso em: 27 fev. 2012.

DEGANI, C. M. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2003.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**: Agenda 21. Brasília, 2 ago. 1994. Tradução do Ministério das Relações Exteriores.

GREENBIZ. *Bringing the Benefits of Green Building to Everyone*. Disponível em: <[www.greenbiz.com/blog/2010/10/28/bringing-benefits-green-building-everyone](http://www.greenbiz.com/blog/2010/10/28/bringing-benefits-green-building-everyone)>. Acesso em: 10 out. 2012.

LAKATOS, E. **Técnicas de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2008.

---

SINDUSCON-SP. **Déficit Habitacional 2009**. Disponível em: <[www.sindusconsp.com.br/downloads/economia/estudossetoriais/deficit2009.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/economia/estudossetoriais/deficit2009.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2012.

---

*THE WORLD NEWS*. **Projeto Paraisópolis recebeu o Selo Casa Azul – Nível Ouro**. Disponível em: <[www.cte.com.br/site/noticias\\_ler.php?id\\_noticia=7005](http://www.cte.com.br/site/noticias_ler.php?id_noticia=7005)> Acesso em: 10 out. 2012.

---

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

---

Este livro foi projetado com a Kohav Comunicação pela Área de Comunicação da OAS como parte integrante do Prêmio OAS/EP-UFBA – Inovação, Produtividade e Empreendedorismo, edição 2012.

No texto foram usadas as famílias tipográficas Futura Std, projetada por Paul Renner, e Constantia, projetada por John Hudson.

A capa e o miolo foram impressos na gráfica Colorset em papel-cartão Duo Design 300g/m<sup>2</sup> e papel Couché fosco 115 g/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Tiragem de 500 exemplares.