Ano 14 - Nº 59
novembro 2015

www.revistaprisma.com.br

prisma

soluções construtivas com pré-moldados de concreto

mandarim editora

R$ 15,00

ISSN 1677248-2

Pisos intertravados convencionais e permeáveis são utilizados para pavimentar as vias do Parque Olímpico, a maior das 34 sedes cariocas da Olímpiada

Os pisos intertravados na Olímpiada 2016

CT 30

Artigos Técnicos podem ser encaminhados para análise e eventual publicação para alvenaria@revistaprisma.com.br

Sistemas Industrializados de Concreto

A INFLUÊNCIA DO PROJETO PARA PRODUÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM BLOCOS DE CONCRETO: ANÁLISE COMPARATIVA DE INDICADORES

Palavras-chave: Alvenaria de vedação, Bloco de concreto, Projeto para produção, Indicadores, Construção Civil.

As paredes de vedação em alvenaria são os elementos mais frequentemente empregados no processo construtivo tradicional brasileiro, condicionando fortemente o desempenho e o custo total do edifício. São ainda consideradas responsáveis por parcela expressiva do desperdício verificado nas obras. Por outro lado, é inegável a contribuição do projeto para a produção das vedações verticais em alvenaria, visando à racionalização da construção de edifícios, pois contribui para superar as dificuldades de execução, as incompatibilidades de projetos e a falta de integração entre projetistas e a equipe de execução. O presente artigo vai ao encontro desse contexto, apresentando os resultados da pesquisa de estudo de caso relativa à influência do projeto para produção e para a racionalização da alvenaria de vedação com blocos de concreto, por meio da avaliação comparativa dos indicadores de perdas, produtividade, prazo, custo e satisfação. A pesquisa envolveu duas torres semelhantes de um mesmo empreendimento: uma torre cuja alvenaria foi executada baseada em projeto para produção e a outra executada sob o processo tradicional de elevação de alvenaria. A metodologia contemplou a definição da coleta de dados, a compilação e a análise dos resultados. Comparativamente, os resultados obtidos demonstraram as seguintes diferenças a favor da alvenaria de vedação baseada em projeto para produção: redução de perdas de blocos de concreto de 15,3% e de argamassa industrializada de 10,4%; produtividade do pedreiro no processo tradicional de 11,0 m^2/dia e, no racionalizado com projeto, de 9,7 m^2/dia; redução de prazo em 10,7%; redução de custo em 3,2% e satisfação da equipe gerencial e de produção acima de 83%.

Alberto Casado Lordsleem Júnior e Victor Amadeu Lopes Silva

EXPEDIENTE
O Caderno Técnico Sistemas Industrializados de Concreto é um suplemento da revista Prisma, publicado pela Editora Mandarim Ltda. ISSN 1809-4708
Artigos para publicação devem ser enviados para o e-mail alvenaria@revistaprisma.com.br
Conselho Editorial: Prof. Dr. Jefferson Sidney Camacho (coordenador); Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian (secretário); Eng. Davidson Figueiredo Deana; Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos; Prof. Dr. Emil de Souza Sanchez Filho; Prof. Dr. Flávio Barboza de Lima; Eng. Dr. Rodrigo Piernas Andolfato; Prof. Dr. João Bento de Hanai; Prof. Dr. João Dirceu Nogueira Carvalho; Prof. Dr. Luis Alberto Carvalho; Prof. Dr. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro; Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Júnior; Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco; Prof. Dr. Márcio Antonio Ramalho; Prof. Dr. Márcio Correa; Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo; Prof. Dr. Odilon Pancaro Cavalheiro; Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Bastos; Prof. Dr. Valentim Capuzzo Neto; Profa. Dra. Fabiana Lopes de Oliveira; Profa. Dra. Henriette Lebre La Rovere; Profa. Dra. Neusa Maria Bezerra Mota; Profa. Dra. Rita de Cássia Silva Sant´Anna Alvarenga.
Editor: Silvério Rocha (editor@revistaprisma.com.br) - tel. (11) 3337-5633

A INFLUÊNCIA DO PROJETO PARA PRODUÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM BLOCOS DE CONCRETO: ANÁLISE COMPARATIVA DE INDICADORES

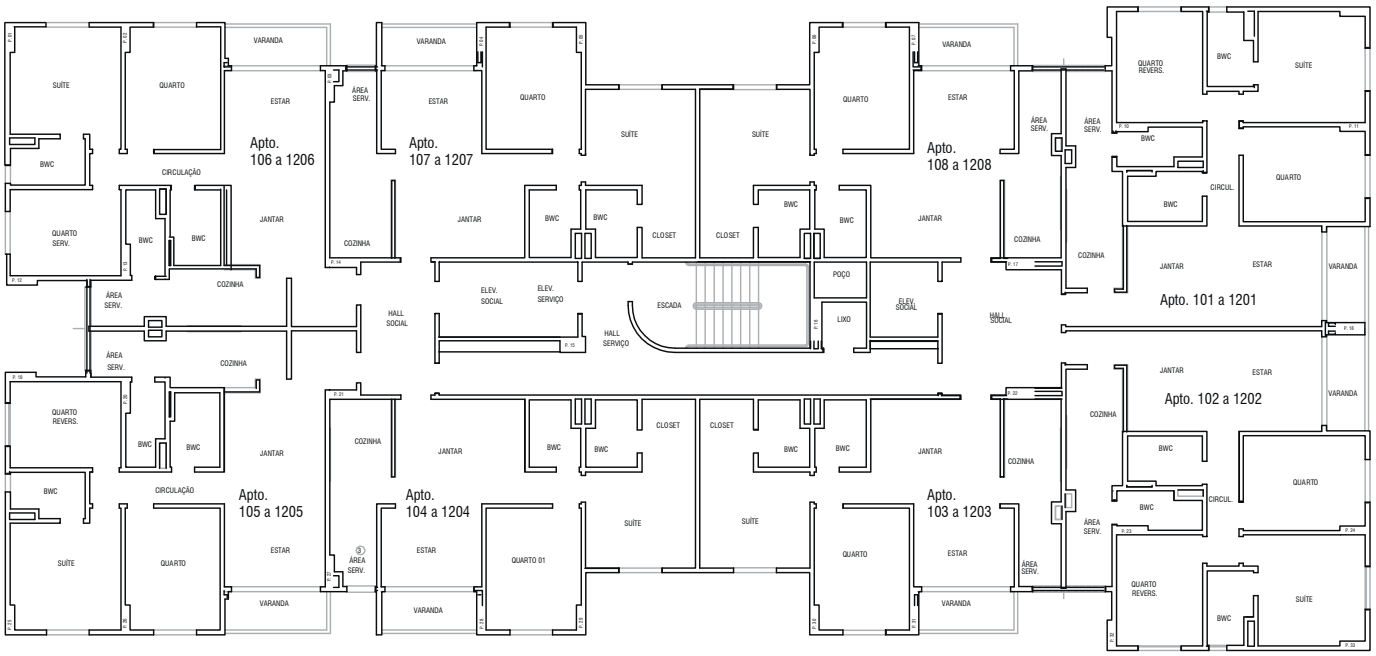

Figura 1 – Planta de 1ª fiada do projeto para produção do pavimento-tipo: disposição das vedações verticais do edifício

1 INTRODUÇÃO

Frente às situações recorrentes de aumento da competitividade e redução de custos, as empresas de construção de edifícios buscam sistematicamente alternativas que atendam à melhoria da organização, o aumento da produtividade e do nível de produção; além da introdução de inovações tecnológicas como solução à complexidade dos novos projetos, ao atendimento às exigências relativas ao desempenho e à sustentabilidade das edificações.

A racionalização construtiva coloca-se neste cenário como um elemento diferencial na estratégia das empresas (BARROS; SABBATINI, 2003; CEOTTO, 2008; PINHO, 2013).

Particularmente, a racionalização por intermédio das alvenarias de vedação do edifício, pode significar uma vantagem relevante para se alcançar o sucesso (DUEÑAS PEÑA, 2003; AQUINO, 2004; MAGALHÃES, 2004; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2007), pois:

- são os elementos mais frequentemente e tradicionalmente empregados na construção, sendo muitas vezes responsáveis por parcela expressiva do desperdício em obra;
- possuem profunda relação com a ocorrência de patologias, pois são os elementos mais suscetíveis à fissuração e, não raras vezes, verificam-se em edifícios concluídos ou não as recuperações das alvenarias, seja por aspectos estéticos, psicológicos ou de desempenho;
- podem influenciar em até 40% do custo total da obra, considerando-se as inter-relações com o conjunto das esquadrias, das instalações elétricas e hidrossanitárias e dos revestimentos;
- determinam grande parte do desempenho do edifício como um todo, por serem responsáveis pelos aspectos relativos ao conforto, à higiene, à saúde e à segurança de utilização.

Nesse contexto, a racionalização da produção das alvenarias de vedação por meio do projeto para produção torna-se imprescindível, pois exige a definição prévia de ações a serem implementadas, que contribuam para o desenvolvimento das atividades de planejamento, execução e controle.

Os projetos para produção têm o propósito de detalhar tecnicamente o produto, detalhar todo o processo produtivo e definir indicadores de tolerância e de controle, subsidiando as informações de suporte técnico e organizacional da obra, tornando-se assim uma ferramenta de gestão da produção e da qualidade (DUEÑAS PEÑA, 2003).

Muito embora seja inegável a relevante contribuição do projeto para produção à aproximação entre o produto e a produção, de maneira a promover a melhoria do processo produtivo das alvenarias de vedação, há ainda poucos e sistematizados estudos que exprimam quantitativamente os ganhos decorrentes do seu desenvolvimento e utilização (CORRÊA; ANDERY, 2006; MANESCHI; MELHADO, 2008).

Sendo assim, este artigo busca apresen-

tar uma pesquisa de estudo de caso relativa à influência do projeto para produção da alvenaria de vedação com blocos de concreto, através da avaliação comparativa dos indicadores de perdas, produtividade, prazo, custo e satisfação de duas torres semelhantes de um mesmo empreendimento, na qual a alvenaria de vedação de uma torre (1) foi executada sob as características do processo tradicional e, na outra torre (2) foi executada baseada em projeto para produção.

Não faz parte do escopo deste artigo discutir o conteúdo do projeto para produção da alvenaria de vedação com blocos de concreto, visto que já foi o alvo de outros trabalhos (SOUSA, 2009; LORDSLEEM JR., 2012).

2 METODOLOGIA

A consecução desta pesquisa contemplou três etapas, descritas na sequência:

- etapa 1: definição do método para coleta de perdas, produtividade, prazo, custo e satisfação relativos à alvenaria de vedação;
- etapa 2: realização da coleta de dados em empreendimento da cidade do Recife com duas torres idênticas, cuja alvenaria de vedação foi executada com e sem o projeto para produção;
- etapa 3: compilação e análise comparativa dos resultados obtidos.

O empreendimento-alvo da pesquisa é constituído por duas torres de edifícios residenciais idênticas, aqui denominadas de 1 e 2, cujas alvenarias de vedação do pavimento-tipo foram executadas sem e com projeto para produção, respectivamente.

Cada edifício é constituído de térreo, 12 pavimentos-tipo, cobertura e reservatório superior. Cada pavimento-tipo dispõe de oito apartamentos, cada qual constituído de sala (estar/jantar), cozinha, três quartos (uma suíte), banheiro social e de serviço. O esquema da disposição das vedações verticais pode ser observado na Figura 1, cuja lâmina do pavimento-tipo do edifício tem 38,32 m de comprimento e 18,05 m de largura.

O processo construtivo do edifício é caracterizado pela produção da estrutura em concreto armado com fôrmas de madeira e vedações verticais em alvenaria de blocos de concreto (largura x altura x comprimento: 9x19x39, 9x19x19, 9x19x9 e 9x19x4 cm).

3 COLETA DE DADOS

3.1 Indicador de perdas

Nesse indicador quantificou-se a argamassa industrializada de assentamento em quilogramas e os blocos de concreto em unidades utilizadas na etapa de elevação das alvenarias externas e internas das torres 1 e 2.

O projeto para produção da alvenaria de vedação foi desenvolvido para ser utilizado na torre 2, visto que a torre 1 já havia iniciado a execução da alvenaria quando da contratação do referido projeto. Assim, pôde-se realizar um comparativo entre o material utilizado nas duas torres e entre cada torre e o quantitativo do projeto para produção.

Conforme pode ser observada na Figura 1, a disposição das vedações oriundas do projeto de arquitetura apresentou potencial favorável à produtividade na execução do projeto para produção de alvenaria, pois as alvenarias eram retilíneas e os apartamentos com terminações 1, 6, 7 e 8 são espelhos dos apartamentos com terminações 2, 5, 4 e 3, respectivamente. Por outro lado, a área pequena dos ambientes associada a uma quantidade elevada de paredes de alvenaria foi considerado um fator de dificuldade para a obtenção de melhor produtividade.

Seguem nas Tabelas 1, 2 e 3 as quantidades de materiais consumidas nas torres 1 e 2; além do quantitativo estabelecido no projeto para produção voltado à racionalização da alvenaria de vedação.

3.2 Indicador de produtividade

A unidade de medida utilizada para o indicador de produtividade da equipe de elevação de alvenaria foi de m^2/dia para cada profissional. Para tanto, fez-se necessária a

Tabela 1 – Quantitativos de argamassa (kg) e blocos (unidade) da torre 1

Torre 1	**Quantitativo torre 1** (sem projeto para produção)				
	Argamassa de assentamento	Bloco inteiro	Meio bloco	Compensador de 9 cm	Compensador de 4 cm
Alvenaria externa	72.621	24.792	5.208	7.980	7.785
Alvenaria interna	229.500	121.620	22.740	35.472	39.375
Total da torre 1	302.121	146.412	27.948	43.452	47.160

Tabela 2 – Quantitativos de argamassa (kg) e blocos (unidade) da torre 2

Torre 2	**Quantitativo torre 2** (com projeto para produção)				
	Argamassa de assentamento	Bloco inteiro	Meio bloco	Compensador de 9 cm	Compensador de 4 cm
Alvenaria externa	66.778	19.224	4.908	4.932	6.528
Alvenaria interna	204.000	104.760	21.624	16.128	19.200
Total da torre 2	270.778	123.984	26.532	21.060	25.728

Tabela 3 – Quantitativos estabelecidos no projeto para produção de argamassa (kg) e blocos (unidade)

Quantitativo do projeto para produção	Argamassa de assentamento	Bloco inteiro	Meio bloco	Compensador de 9 cm	Compensador de 4 cm
Alvenaria externa	40.662	17.736	4.728	4.068	2.736
Alvenaria interna	124.212	92.940	19.776	14.520	16.332
Total do projeto	164.874	110.676	24.504	18.588	19.068

coleta de dados referente à quantidade de funcionários pertencente a cada equipe de elevação das torres 1 e 2, às áreas de alvenaria interna e externa, aos pontos de elétrica pertencentes às alvenarias internas e externas e aos ciclos em dias para a execução de cada serviço de elevação.

Logo, a fórmula adotada para o cálculo da produtividade (P) foi:

P = (área/ciclo) / nº de profissionais

Onde: • a área em m²;
• o ciclo em dias.

Na Tabela 4, tem-se a quantidade de área e pontos elétricos da alvenaria.

Na Tabela 5, tem-se a produtividade da elevação de alvenaria externa e interna da torre 1.

Na torre 1, o número de profissionais (equipe considerada para o cálculo da produtividade) não está inteiro, pois o serviço de instalações elétricas, caixas e quadros foi realizado com uma equipe posterior à elevação da alvenaria. Com isso, o número de profissionais de elétrica que trabalhou nas instalações da elevação foi dividido de forma proporcional aos pontos de elétrica pertencentes às alvenarias externa e interna e somado aos pedreiros que trabalharam nas respectivas elevações das alvenarias.

Na Tabela 6, tem-se a produtividade da elevação de alvenaria externa e interna da torre 2.

Na torre 2, a execução das instalações elétricas, caixas e quadros foi realizada em conjunto com a elevação da alvenaria; logo, os profissionais de elétrica foram somados aos pedreiros, resultando em um número inteiro de profissionais (equipe considerada para o cálculo da produtividade).

Cabe considerar que a equipe (profissionais) que atuou na torre 2 recebeu treinamento prévio relativo ao emprego do projeto para produção, tendo em vista que nenhum profissional havia trabalhado com os princípios da racionalização construtiva.

Tabela 4 – Área (m²) e pontos de elétrica (unidade)

Indicador de Produtividade				
	m²/pavimento-tipo	%	Pontos de elétrica	%
Elevação de alvenaria de periferia, escada e poço do elevador	225,9	24,7%	36	11,0%
Elevação de alvenaria interna	690,1	75,3%	292	89,0%
Total em alvenaria de vedação vertical	916,0	100,0%	328	100,0%

Tabela 5 – Produtividade da mão de obra na torre 1

Torre 1	Método executivo convencional e execução simultânea dos serviços			
Serviços	Equipe (nº de profissionais)	Ciclo (dias)	Área (m²)	Produtividade (m²/dia)
Elevação de alvenaria de periferia, escada e poço do elevador	3,4	3,0	225,9	21,9
Elevação de alvenaria interna	9,6	6,0	690,1	12,0
Instalações elétricas, caixas e quadros	4,0	5,0	-	-

Tabela 6 – Produtividade da mão de obra na torre 2

Torre 2	Método executivo racionalizado e execução separada dos serviços				
Serviços	Equipe (n° de profissionais)	Ciclo (dias)	Área (m2)	Produtividade (m²/dia)	Observação
Elevação de alvenaria de periferia, escada e poço do elevador	4,0	3,0	225,9	18,8	---
Elevação de alvenaria interna + instalações elétricas, caixas e quadros	9,0	9,0	690,1	8,5	3 Pavimentos (1º ao 3º)
	9,0	7,00	690,1	10,9	9 Pavimentos (4º ao 12º)
Média elevação de alvenaria interna+instalações elétricas, caixas e quadros				9,7	---

Tabela 7 – Início e término de alvenaria da torre 1

Torre 1	Método executivo convencional e execução simultânea dos serviços				
Serviços	Início	Término	Ciclo (dias/ pavimento)	Duração (dias)	Observação
Elevação de alvenaria de periferia, escada e poço do elevador	08/12/2010	11/03/2011	3	36	-
Elevação de alvenaria interna	17/12/2010	11/04/2011	6	72	-
Instalações elétricas, caixas e quadros	13/01/2011	18/04/2011	5	60	-
			Total	168	Dias trabalhados
			Total	83	Intervalo entre início e término dos serviços

Tabela 8 – Início e término de alvenaria da torre 2

Torre 2	Método executivo racionalizado e execução separada dos serviços				
Serviços	Início	Término	Ciclo dias/ pavimento)	Duração (dias)	Observação
Elevação de alvenaria de periferia, escada e poço do elevador	1º/3/2011	07/06/2011	5	60	-
Elevação de alvenaria interna + instalações elétricas, caixas e quadros	9/6/2011	18/07/2011	9	27	3 Pavimentos (1º ao 3º)
	19/7/2011	17/10/2011	7	63	9 Pavimentos (4º ao 12º)
			Total	150	Dias trabalhados
			Total	150	Intervalo entre início e término dos serviços

Tabela 9 – Custos (R$) da alvenaria na torre 1

Torre 1	Indicador de custo						
	Argamassa de assentamento	Bloco inteiro	Meio bloco	Compensador de 9 cm	Compensador de 4 cm	Equipe de produção	Total
Alvenaria externa	14.164,8	31.488,4	3.470,4	3.035,1	2.960,4	11.845,1	66.964,2
Alvenaria interna	44.763,7	154.460,4	15.091,56	13.479,8	14.869,0	68.765,0	311.429,5
Equipe de instalações elétricas, caixas e quadros	---	---	---	---	---	28.402,4	28.402,4
Custo torre 1	58.928,5	185.948,8	18.562,0	16.515,0	17.829,4	109.012,5	406.796,1

Tabela 10 – Custos (R$) da alvenaria na torre 2

Torre 2	Indicador de custo						
	Argamassa de assentamento	Bloco inteiro	Meio bloco	Compensador de 9 cm	Compensador de 4 cm	Equipe de produção	Total
Alvenaria externa	13.024,9	24.418,3	3.196,6	1.875,0	2.480,6	20.213,6	65.209,1
Alvenaria interna	39.790,0	133.045,2	14.056,9	6.128,6	7.296,0	128.468,2	328.784,9
Custo torre 2	52.814,9	157.463,5	17.253,5	8.003,6	9.776,6	148.681,8	393.994,0

Tabela 11 – Avaliação das ações voltadas à racionalização da alvenaria

Indicador de satisfação						
Respostas	Engenheiro	Mestre de obra	Pedreiro 1	Pedreiro 2	Servente	Resposta satisfatória
1 - Experiência anterior com projeto	Sim	Não	Não	Não	Não	1 - Sim
2 - Dificuldade de adaptação	Não	Não	Não	Não	Não	2 - Não
3 - Apresentação do projeto pelo projetista	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	3 - Sim
4 - Treinamento da equipe	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	4 - Sim
5 - Percepção da eficiência da logística de materiais	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	5 - Sim
6 - Entendimento das elevações e detalhes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	6 - Sim
7 - Controle da qualidade da execução	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	7 - Sim
8 - Melhoria comparativa entre as torres 1 e 2	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	8 - Sim
9 - Percepção de diminuição da produtividade na torre 2	Não	Não	Não	Não	Não	9 - Sim
10 - Contribuição na diminuição de perdas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	10 - Sim
11 - Satisfação final no uso do projeto	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	11 - Sim
12 - Uso futuro de projeto	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	12 - Sim

3.3 Indicador de prazo

A partir do cronograma da obra e linha de balanço, foi observado o prazo de início e término dos serviços de elevação de alvenaria externa e interna dos torres 1 e 2.

Na Tabela 7 são apresentadas as datas de início e término e durações dos serviços de alvenaria da torre 1. Na Tabela 8 são apresentadas as datas de início e término e durações dos serviços de alvenaria da torre 2.

Na torre 1, a execução da alvenaria ocorreu no sentido crescente dos pavimentos e de forma simultânea, com um pavimento de diferença entre a alvenaria externa e interna.

Na torre 2, a execução da elevação da alvenaria externa seguiu o sentido crescente dos pavimentos. Ao término do último pavimento teve início a elevação da alvenaria interna e seu sentido foi decrescente ao dos pavimentos, decisão tomada em função da disponibilização dos pedreiros da torre 1. O sentido decrescente foi uma proposta do projetista de vedação.

3.4 Indicador de custo

Para obtenção dos valores de custos dos serviços de elevação de alvenaria das torres 1 e 2, foi realizado um levantamento com o quantitativo gasto em aquisição de argamassa industrializada de assentamento, blocos e seus submódulos e salários dos funcionários no período de execução do serviço. Nas Tabelas 9 e 10, estão contidos os custos dos materiais e os somatórios totais das torres 1 e 2, respectivamente.

3.5 Indicador de satisfação

A maioria dos profissionais que pertenceram à equipe de elevação da alvenaria não havia trabalhado ainda sob os princípios da racionalização com a utilização do projeto para produção, como os operários da torre 2, onde cada parede teve sua paginação e detalhamento definidos.

Para obtenção do indicador de satisfação, foi elaborado um questionário com 12 perguntas, cujas respostas podiam ser satisfatórias ou não, com uma coluna para o registro de observações. Esse questionário foi aplicado junto à equipe de cinco funcioná-

rios envolvida com o serviço de alvenaria da torre 2: engenheiro, mestre, dois pedreiros e servente. Cada pergunta tinha uma resposta, satisfatória ou não, a partir da qual se conseguiu chegar a um percentual de satisfação individual de cada entrevistado e um percentual global.

Na Tabela 11, tem-se a avaliação individual do sistema de racionalização.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

4.1 Indicador de perdas

Os resultados relativos ao indicador de perdas estão apresentados na Tabela 12 e estão expressos em kg para argamassa e unidades para os blocos e seus submódulos, além da diferença percentual. Considerou-se o consumo de materiais para as elevações externa e interna de ambas as torres.

Analisando-se os resultados da Tabela 12, tanto para a argamassa quanto para os blocos, percebe-se que a torre 2 apresentou consumo de materiais inferior àquele da torre 1. Destaca-se o máximo de 51,53% na diferença percentual de compensadores de 9 cm, representando uma economia de 22.392 unidades.

Também foi realizada a análise comparativa relativa ao consumo real de materiais entre a torre 1 e o quantitativo estabelecido no projeto para produção desenvolvido para a torre 2; além da comparação relativa ao consumo real de materiais entre a torre 2 e o seu projeto para produção, conforme as Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Analisando-se os resultados das Tabelas 13 e 14, pode-se depreender que:

• no confronto entre as quantidades de materiais realmente consumidas da torre 1 e aquelas informadas pelo projeto para produção, ocorre uma perda bastante expressiva. A maior diferença encontrada foi de 28.092 unidades do compensador de 4 cm, resultando em 59,57% de diferença percentual em relação ao projeto;

Tabela 12 – Perdas de argamassa (kg) e bloco de concreto (un.) entre as torres 1 e 2

	Torre 1	Torre 2	Diferença	Percentual
Argamassa de assentamento	302.121,2	270.778,2	31.343,0	10,4%
Bloco inteiro	146.412,0	123.984,0	22.428,0	15,3%
Meio bloco	27.948,0	26.532,0	1.416,0	5,1%
Compensador de 9 cm	43.452,0	21.060,0	22.392,0	51,5%
Compensador de 4 cm	47.160,0	25.728,0	21.432,0	45,5%

Tabela 13 - Perdas de argamassa (kg) e bloco (unidade) da torre 1 versus projeto para produção da alvenaria

	Torre 1	Projeto para produção	Diferença	Percentual
Argamassa de assentamento	302.121,2	164.874,0	137.247,2	45,4%
Bloco inteiro	146.412,0	110.676,0	35.736,0	24,4%
Meio bloco	27.948,0	24.504,0	3.444,0	12,3%
Compensador de 9 cm	43.452,0	18.588,0	24.864,0	57,2%
Compensador de 4 cm	47.160,0	19.068,0	28.092,0	59,6%

Tabela 14 - Perdas de argamassa (kg) e bloco (unidade) da torre 2 versus projeto para produção da alvenaria

	Torre 2	Projeto para produção	Diferença	Percentual
Argamassa de assentamento	270.778,2	164.874,0	105.904,2	39,1%
Bloco inteiro	123.984,0	110.676,0	13.308,0	10,7%
Meio bloco	26.532,0	24.504,0	2.028,0	7,6%
Compensador de 9 cm	21.060,0	18.588,0	2.472,0	11,7%
Compensador de 4 cm	25.728,0	19.068,0	6.660,0	25,9%

• no confronto entre as quantidades de materiais realmente consumidas da torre 2 e aquelas informadas pelo projeto para produção, ainda ocorre uma perda razoável; porém muito menor do que aquela resultante da torre 1;

• considerando-se a torre 2 e o projeto para produção, a maior diferença percentual de perda foi encontrada para a argamassa de assentamento, provavelmente pelo incipiente emprego de blocos de concreto e da palheta (desempenadeira estreita de madeira) pela equipe de produção. Entre os componentes de bloco de concreto, a maior perda do compensador de 4 cm pode ter origem na necessidade de melhoria das condições de armazenamento, assim como nos cortes de componentes para ajustes de modulação.

Ressalta-se ainda a não fiscalização adequada no recebimento dos blocos de concreto e, consequentemente, a ausência de reposição dos blocos quebrados (quebras oriundas do transporte externo) pelo fornecedor, fato que ajudaria a diminuir ainda mais o índice de perdas da torre 2 em relação ao projeto. Estimativas dos autores deste artigo, considerando uma reposição em torno de 5% e, tomando-se como referência o bloco inteiro, o indicador de perda cairia para 5,73%, mais próximo de 3% estabelecido pelo TCPO 14 (2012).

4.2 Indicador de produtividade

Os resultados relativos ao indicador de produtividade estão apresentados na Tabela 15 e estão expressos em m^2/dia, além da diferença percentual.

Analisando-se os resultados da Tabela 15, tanto na elevação das alvenarias internas quanto nas alvenarias externas da torre 1 percebeu-se uma melhor produtividade em

Tabela 15 - Resultados da produtividade (m²/dia)

	Torre 1	Torre 2	Diferença	Percentual
Elevação de alvenaria de periferia, escada e poço do elevador	21,9	18,8	-3,1	-14,0%
Elevação de alvenaria interna + instalações elétricas, caixas e quadros	12,0	9,7	-2,3	-19,0%

Tabela 16 – Resultados do prazo

	Torre 1	Torre 2	Diferença	Percentual
Dias trabalhados	168	150	18	10,7%
Intervalo em dias entre o início e término dos serviços	83	150	-67	-80,7%

Tabela 17 – Resultados do custo (R$)

	Torre 1	Torre 2	Diferença	Percentual
Argamassa de assentamento	58.928,52	52.814,88	6.113,64	10,4%
Bloco inteiro	185.948,76	157.463,52	28.485,24	15,3%
Meio bloco	18.561,96	17.253,48	1.308,48	7,1%
Compensador de 9 cm	16.515,00	8.003,64	8.511,36	51,5%
Compensador de 4 cm	17.829,36	9.776,64	8.052,72	45,2%
Equipe de produção	109.012,48	148.681,81	-39.669,33	-36,4%
Total	406.796,08	393.993,97	12.802,11	3,2%

relação à torre 2. Provavelmente, esse resultado reflete a situação existente, na qual nenhum profissional da equipe de elevação havia trabalhado com os princípios de racionalização baseados no desenvolvimento do projeto para produção.

Na elevação externa houve uma diferença de produtividade de 3,07 m²/dia entre a torre 1 e a torre 2; já na elevação interna executada posteriormente à externa essa diferença caiu para 2,29 m²/dia. Acredita-se que o efeito aprendizagem, o qual diminui a produtividade no início de um serviço ainda desconhecido – baseado no projeto para produção – e a localização interna contribuíram para os resultados obtidos.

4.3 Indicador de prazo

Os resultados relativos ao indicador de prazo estão apresentados na Tabela 16 e estão expressos em dias, além da diferença percentual.

Analisando-se os resultados da Tabela 16, faz-se necessário salientar que a execução das alvenarias externas e internas da torre 1 ocorreu de forma simultânea; enquanto, na torre 2 de forma separadas, isso explica o atraso de 67 dias da torre 2 em relação à torre 1 entre o início do primeiro serviço e o fim do último serviço, gerando uma diferença percentual negativa de 80,72%.

Entretanto, ao se levar em consideração os dias trabalhados de cada equipe executora dos serviços de elevação de alvenaria até a conclusão do produto final, a torre 2 obteve uma economia de 18 dias, gerando uma diferença percentual positiva de 10,71%.

4.4 Indicador de custo

Os resultados relativos ao indicador de custo estão apresentados na Tabela 17 e estão expressos em reais, além da diferença percentual.

Analisando-se os resultados da Tabela 17, percebe-se que a torre 2 obteve economia em quase todos os elementos avaliados em relação à torre 1, fazendo com que ao final dos processos executivos houvesse uma economia total de R$ 12.802,11, equivalente a 3,15%.

Ressalta-se a exceção da equipe de produção, profissionais que trabalharam na execução da alvenaria, os quais apresentaram custo superior na torre 2 em relação à torre 1. Isto se deve ao intervalo em dias entre o início e término dos serviços, visto que na torre 2 a duração da execução da alvenaria foi cerca de 80% superior ao da torre 1, conforme programação estabelecida pela própria gerência da obra.

Cabe destacar ainda que não foram considerados nos custos apropriados alguns outros itens vantajosos no emprego da racionalização construtiva ao projeto para produção, os quais aumentariam ainda mais a economia obtida pela torre 2, como por exemplo: os rasgos para embutimento de instalações, a limpeza e o transporte de resíduos, a quantidade de caçambas e de uso de aterro; além dos custos intangíveis oriundos do ambiente desorganizado e custos indiretos da administração.

Tabela 18 – Resultados da satisfação

Entrevistados	Quantidade de acertos	Percentual
Engenheiro	11,0	91,7%
Mestre-de-obra	10,0	83,3%
Pedreiro 1	10,0	83,3%
Pedreiro 2	9,0	75,0%
Servente	10,0	83,3%
Indicador de satisfação final		83,3%

4.5 Indicador de satisfação

Os resultados relativos ao indicador de satisfação estão apresentados na Tabela 18 e estão expressos em unidades positivas de satisfação (quantidade de acertos), além do percentual positivo de satisfação.

Analisando-se os resultados da Tabela 18, percebe-se um indicador de satisfação acima de 83%, tendo-se o maior percentual atribuído pelo engenheiro da obra e com todos os demais participantes da pesquisa satisfeitos com o resultado obtido com a utilização do projeto para produção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos na pesquisa realizada, pode-se atestar a importância do projeto para produção da alvenaria de vedação com blocos de concreto como elemento contributivo para a racionalização da construção.

Os resultados alcançados são bastante satisfatórios quando comparados às perdas e aos custos do processo construtivo tradicional; porém, podem ser ainda melhores com a experiência e a efetiva implementação do projeto para produção.

A análise comparativa entre as torres 1 e 2 mostrou resultados satisfatórios em relação aos indicadores pesquisados a favor da existência e aplicação do projeto para produção.

A produtividade mostrou potencial de melhoria, considerando ainda que a equipe de produção era iniciante no uso do projeto para produção da alvenaria, com resultados próximos entre as duas torres. Quanto à satisfação, considerando a utilização do projeto para produção, todos os profissionais entrevistados aprovaram os resultados de racionalização dos serviços; além de outros benefícios encontrados na sua execução, como a logística de abastecimento, detalhamento das paredes, melhor qualidade no serviço, menor quantidade de retrabalho e uma obra mais limpa e sustentável.

As mudanças organizacionais ocorridas em função do desenvolvimento e aplicação do projeto para produção permitiram, em um mesmo empreendimento, atingir um patamar tecnológico mais evoluído na segunda torre, cuja alvenaria de vedação foi executada sob os princípios da racionalização construtiva. Ficaram comprovadas, sem contar os benefícios intangíveis, as melhorias resultantes na redução dos custos e aumento da qualidade, além da expectativa da diminuição dos custos e das solicitações de reparos após a entrega.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, J. P. R. Análise do desenvolvimento e da utilização de projeto para produção de vedação vertical na construção civil. São Paulo, 2004. 184p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BARROS, M. M. S. B; SABBATINI, F. H. Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. São Paulo, 2003. 24p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/172.

CEOTTO, L. H. Projetos coordenados. Téchne, São Paulo, n. 135, p.40-45, 2008.

CORRÊA, C. V.; ANDERY, P. R. P. Dificuldades para a implementação de projetos para a produção de alvenaria: um estudo de caso. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 104-125, nov. 2006.

DUEÑAS PEÑA M. Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. São Paulo, 2003. 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LORDSLEEM JR., A. C. Melhores práticas - alvenaria de vedação com blocos de concreto. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2012.

MAGALHÃES, E. F. Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. 177p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MANESCHI, K.; MELHADO, S. B. Escopo de projeto para produção de vedações verticais e revestimentos de fachada. In: VIII WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., 2008, São Paulo. Anais. São Paulo: PCC/EPUSP, 2008. CD-ROM.

SOUSA, R.V.R. Interface projeto-obra: diretrizes para a preparação da execução de vedação em obras de edifícios verticais. Recife, 2009. 174p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

PINHO, S. A. C. Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento: perdas, consumo e produtividade. Recife, 2013. 268p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

TCPO. Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. 14. ed. São Paulo: Pini, 2012.

AUTORES

Alberto Casado Lordsleem Júnior é graduado em engenharia civil pela UFPE (1994); com mestrado (1997), doutorado (2002) e pós-Doutorado (2010) em Engenharia de Construção Civil e Urbana pela Escola Politécnica da USP; Livre-Docência pela Universidade de Pernambuco (2012). É professor associado; docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC), docente de cursos de especialização e coordenador do MBA em Tecnologia e Gestão da Construção de Edifícios da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Coordenador do Politech - Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologia e Gestão da Construção de Edifícios. E-mail: acasado@poli.br

Victor Amadeu Lopes Silva é engenheiro civil, mestrando na Universidade Federal de Pernambuco