

# **Método para a avaliação quantitativa da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação em edifícios**

## **The quantitative assessment methodology of the potential for rationalization of non structural masonry**

**Alberto Casado Lordsleem Jr.<sup>1</sup> & Maria Luíza Rodrigues Neves<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia de Construção Civil e Urbana USP, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – POLI/UPE, Recife, PE - acasado@upe.poli.br*

<sup>2</sup>*Engenheira Civil, Mestranda POLI/UPE, Recife, PE – mluizaneves@yahoo.com.br*

**RESUMO:** Este trabalho busca apresentar o desenvolvimento e implantação de uma metodologia de avaliação quantitativa do potencial de racionalização das alvenarias de vedação em edifícios de múltiplos pavimentos. São apresentados o método, os critérios de avaliação, a ponderação adotada e a aplicação da pesquisa, realizados com 14 empresas construtoras. Os resultados obtidos permitiram disponibilizar uma importante ferramenta de auxílio aos gerentes de obras na avaliação quantitativa do potencial de racionalização da alvenaria de vedação, identificando ações que podem conduzir à melhoria da tecnologia construtiva.

**ABSTRACT:** This paper presents the development of a methodology for quantitative evaluation of the potential for rationalization of the non structural masonries on multiple floors buildings. It will be presented the methodology, the most relevant criterias and the research within 14 construction companies. The methodology developed is a tool to help managers in the quantitative assessment of the potential for rationalization of non structural masonry, identifying actions that lead to the improvement of constructive technology.

### **1. INTRODUÇÃO**

Muitas das mudanças percebidas hoje nos processos de produção das construtoras são decorrentes da adoção de medidas empregadas nos últimos anos na racionalização de métodos construtivos e pela implementação de sistemas de gestão da qualidade.

Essas transformações estão associadas as novas formas de organização e atuação no setor da construção civil, fortemente marcada pelo aumento do *market share*, expansão geográfica e diversificação de atividades [6].

A competitividade de mercado tem sido o grande estímulo para que as empresas invistam na modernização de suas formas de produção, de maneira a obterem o aumento da produtividade dos serviços, a diminuição da rotatividade da mão-de-obra, a redução do retrabalho e a eliminação de falhas pós entrega e, por consequência, a redução dos custos de produção [2], [4], [11].

Particularmente, a racionalização construtiva através das alvenarias de vedação do edifício tem-se tornado um elemento diferencial na estratégia das empresas e de sobrevivência neste cenário de competição do mercado.

As paredes de alvenaria são os elementos mais frequentemente empregados no processo construtivo tradicional brasileiro, sendo muitas vezes responsáveis por parcela expressiva do desperdício verificado nas obras de construção de edifícios (as perdas de tijolos/blocos estão comumente entre 15 e 20%) [1].

A figura 1 ilustra características dos elementos da alvenaria de vedação tradicional.

Os desafios que emergem da crise financeira mundial e que não escapam à construção civil brasileira, reforçam a busca das empresas construtoras por soluções voltadas à racionalização construtiva [10].

A figura 2 ilustra características dos elementos da alvenaria de vedação racionalizada.

Através da racionalização das alvenarias de vedação é possível a redução de custos, o aumento de produtividade e a própria diminuição de problemas patológicos no conjunto das esquadrias e das instalações hidrossanitárias e nos revestimentos, os quais, juntos, certamente somam de 20% a 40% do custo total dos edifícios [7].



Figura 1 – Alvenaria de vedação tradicional: desperdício de tijolos cerâmicos



Figura 2 – Alvenaria de vedação racionalizada: organização, projeto para produção, produtividade

Diante do exposto, este artigo buscou desenvolver uma metodologia para avaliar quantitativamente o potencial de racionalização da alvenaria de vedação, a partir da qual foi possível realizar o diagnóstico da tecnologia empregada através de análise comparativa com as melhores práticas existentes.

## 2. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A metodologia adotada para a consecução do trabalho foi dividida em 4 etapas, descritas a seguir.

- etapa 1: desenvolvimento da metodologia piloto de avaliação através da elaboração de um questionário contendo os requisitos

mais relevantes à racionalização da alvenaria de vedação. A ponderação para cada requisito foi atribuída pelos autores de acordo com o grau de relevância normalmente atribuído nas referências bibliográficas sobre racionalização [3], [5], [7], [8], [9], [12];

- etapa 2: aplicação da metodologia piloto de avaliação quantitativa do potencial de racionalização. Nesta etapa, participaram 09 empresas construtoras por meio de 09 edificações na cidade do Recife/PE durante o período de 03 meses;
- etapa 3: adaptação e aprimoramento da metodologia piloto para melhor apropriação à realidade da avaliação do potencial de racionalização das alvenarias de vedação. Para tanto, os critérios de avaliação adotados foram refinados e, em seguida, realizou-se uma pesquisa junto a 03 empresas construtoras para ponderação daqueles de maior importância para a racionalização da alvenaria. Além disso, foram estabelecidas faixas de pontuação para avaliar, por meio de uma análise qualitativa, a situação do potencial de racionalização atual das obras;
- etapa 4: aplicação da metodologia: aplicação da metodologia aprimorada e acompanhamento dos indicadores em 02 obras durante um período de 06 meses, buscando comprovar a eficiência dos indicadores.

As empresas e obras participantes da pesquisa foram codificadas por letras visando preservar a identificação das mesmas.

## 3. RESULTADOS POR ETAPA DA PESQUISA

### 3.1 Primeira etapa: desenvolvimento da metodologia piloto de avaliação

A metodologia piloto para a avaliação da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação foi fundamentada no desenvolvimento de um elemento operacional (questionário) específico, no qual foram estabelecidos os seguintes requisitos de avaliação:

- requisito 1 – materiais e componentes na produção da alvenaria;
- requisito 2 – recebimento e armazenamento de materiais;
- requisito 3 – serviço de alvenaria;
- requisito 4 – mão-de-obra;
- requisito 5 – projeto e execução da alvenaria de vedação.

A tabela 1 descreve detalhadamente os requisitos de avaliação e os pesos atribuídos, os quais foram conferidos pelos autores da pesquisa com base na relevância identificada nas bibliografias pertinentes.

Para cada item de verificação foram adotados critérios de pontuação, buscando obter-se uma média final, como apresentado a seguir:

a) materiais e componentes:

- Betoneira = 0,5 pontos; Argamassadeira = 1 ponto; Manual = 0 ponto;
- Térreo = 0 ponto; Pavimento = 1 ponto; Outro pavimento = 0,5 ponto;
- Cimento+Cal+Areia ou Argamassa industrializada = 1 ponto; Cimento+Areia = 0 ponto.

b) recebimento e armazenamento:

- N (Não) = 0 ponto;
- S (Sim) = 1 ponto.

c) serviço de alvenaria:

- Prática menos racional = 0 ponto; Prática intermediária = 0,5 ponto; Prática mais racional = 1 ponto;
- Variável de acordo com a prática mais racional = variação de 0 até 1.

d) mão-de-obra:

- Prática menos eficiente = 0 ponto;
- Prática intermediária = 0,5 ponto;
- Prática mais eficiente = 1 ponto.

e) projeto e execução:

- N (Não) = 0 ponto;
- S (Sim) = 1 ponto.

Após o desenvolvimento do questionário, a ponderação dos critérios de avaliação e a atribuição da pontuação aos itens de verificação, definiram-se os indicadores de desempenho a serem utilizados na metodologia de avaliação, quais sejam:

- IRA (Indicador de Racionalização Atual): expressão quantitativa da caracterização do atual estágio da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação da obra;

- IPR (Indicador do Potencial de Racionalização): expressão quantitativa da caracterização do potencial de melhoria da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação da obra.

As equações 1 e 2 expressam o modelo matemático desenvolvido para os indicadores de desempenho utilizados na pesquisa.

$$I_{RA} = (I_1.P_1 + I_2.P_2 + I_3.P_3 + I_4.P_4 + I_5.P_5).100 \quad (1)$$

onde:

$I_{RA}$  – indicador de racionalização atual;

$I_N$  – média aritmética de cada requisito avaliado;

$P_N$  – peso atribuído a cada requisito.

$$I_{PR} = 100\% - I_{RA} \quad (2)$$

onde:

$I_{PR}$  – indicador do potencial de racionalização.

Observa-se na equação 1 o  $I_N$ , o qual corresponde à média aritmética de cada um dos requisitos avaliados, e o  $P_N$ , correspondendo aos pesos atribuídos a cada requisito. Desta forma, o somatório do  $I_N$  com o respectivo  $P_N$  multiplicado por 100 fornecerá, em percentagem, o indicador de racionalização atual da obra.

A equação 2 fornece o percentual do potencial de racionalização, ou seja, o que a obra necessita racionalizar buscando atingir o melhor índice. Para encontrar o  $I_{PR}$ , é necessário diminuir o  $I_{RA}$  de 100%, como visualizado na equação 2.

Com a metodologia piloto desenvolvida procedeu-se a aplicação piloto, dando início à 2ª etapa da pesquisa.

### 3.2 Segunda etapa: aplicação da metodologia piloto de avaliação

A aplicação piloto foi desenvolvida junto a 09 obras de diferentes empresas construtoras no período de 03 meses. As empresas participantes da pesquisa possuem a certificação de qualidade ISO 9000; as obras pesquisadas foram edificações residenciais de múltiplos pavimentos, com estrutura de concreto armado e estavam na fase de alvenaria.

Para a aplicação da metodologia, o engenheiro residente da obra coletava e fornecia espontaneamente as informações necessárias para o preenchimento do questionário.

Com base nesses registros, procedia-se a

obtenção dos pontos de cada obra visando encontrar os 02 indicadores de desempenho representativos da avaliação do potencial de racionalização da obra.

A tabela 2 apresenta os resultados individuais dos critérios, decorrentes da aplicação piloto nas 09 obras participantes da pesquisa.

Pode-se perceber pelos resultados da tabela 2 que o requisito com uma melhor avaliação da racionalização atual foi o de recebimento e armazenamento de materiais e componentes. Essa constatação deve-se principalmente a existência de procedimentos específicos no sistema de gestão da qualidade de cada empresa para o recebimento e armazenamento de materiais.

No que se refere ao potencial de racionalização, os critérios com maior necessidade de melhorias foram serviço de alvenaria e projeto e execução. Em relação a estes últimos, o fato do maior potencial de racionalização incidir sobre eles pode estar associado à prática local ainda incipiente do desenvolvimento de projetos para produção, ocasionando à tomada de decisões em obra, acarretando prejuízos à etapa de execução do serviço.

A tabela 3 apresenta a média do potencial de racionalização e da racionalização atual de cada obra, associada a todos os critérios analisados, assim como a média geral do conjunto de obras.

Cabe ressaltar que a metodologia piloto pode ser utilizada como *benchmarking*, ou seja, permitir uma avaliação comparativa dos indicadores entre obras de uma mesma empresa (*benchmarking* interno) ou entre obras de empresas distintas (*benchmarking* externo), buscando um aperfeiçoamento organizacional e a superioridade competitiva.

De acordo com os resultados e as experiências obtidas na aplicação piloto, sentiu-se a necessidade de uma adaptação da metodologia, visando um aprimoramento da mesma.

### 3.3 Terceira etapa: adaptação e aprimoramento da metodologia

A 3ª etapa da pesquisa objetivou adaptar e aprimorar a metodologia piloto através do refinamento e ponderação dos requisitos de avaliação.

Para tanto, foram introduzidas as seguintes alterações:

- estabelecimento de novo critério de avaliação, relativo à segurança do trabalho e ergonomia;
- subdivisão do requisito de avaliação Projeto e Execução em três outros critérios, quais sejam: Projeto, Planejamento e Execução da Alvenaria, no qual se associou este último ao de Serviço de Alvenaria tornando-se um só requisito;
- os critérios relativos a Materiais e Componentes, Recebimento e Armazenamento e Mão-de-obra permaneceram, sendo excluídos dois itens de verificação, quais sejam: fabricantes dos materiais utilizados e tipo de auxílio a produção da alvenaria, os quais foram julgados não pertinentes à avaliação do potencial de racionalização.

É importante salientar que os critérios de pontuação para os itens de verificação continuaram os mesmos.

Uma vez refinados, os requisitos foram ponderados para a atribuição de seus respectivos pesos. Para tanto, realizou-se uma pesquisa junto a 03 empresas construtoras para a calibração dos pesos preliminares. A tabela 4 apresenta a caracterização das empresas participantes.

Para a efetivação da pesquisa nessa 3ª etapa, foi realizada uma visita nas obras participantes, nas quais o supervisor de obras e o engenheiro residente atribuíram os pesos julgados adequados a cada critério de avaliação.

A tabela 5 apresenta os pesos atribuídos por cada construtora com sua média e os itens de verificação para cada critério de avaliação.

Pode-se verificar na tabela 5 que há uma discrepância em relação aos pesos atribuídos pelas empresas no que se refere aos requisitos de Mão-de-obra e Execução da Alvenaria. Os critérios relativos ao Recebimento e Armazenamento de materiais, Segurança e Ergonomia e Planejamento obtiveram valores muito semelhantes.

Comparando a tabela 5 com os resultados obtidos na metodologia piloto, também se observa que os pesos dos requisitos diferem entre si. Este fato pode ser justificado devido à introdução e subdivisão dos critérios de avaliação na adaptação da metodologia.

Percebeu-se ainda a possibilidade de avaliar a racionalização da alvenaria atual através de uma classificação qualitativa de acordo com a

pontuação obtida na avaliação quantitativa.

Desse modo, foram estabelecidas 5 faixas de pontuação associadas a 5 possibilidades de classificação, cada uma delas pertinentes a uma situação da racionalização: inexistente, ruim, regular, bom e ótimo, conforme é possível observar na tabela 6.

De acordo com a tabela 6 observam-se 03 faixas para avaliar a situação da racionalização atual nas obras, a seguir explicitadas:

- crítica (vermelho): a racionalização inexistente ou não está sendo aplicada ou acompanhada corretamente pelos profissionais responsáveis, obtendo assim um potencial de racionalização baixo;
- insatisfatória (amarelo): nesta situação, o potencial de racionalização é considerado moderado. A racionalização da alvenaria necessita de mudanças na sua gestão para aumentar seu potencial;
- satisfatória (verde): a obra possui um potencial de racionalização considerado alto, podendo aumentá-lo através de melhorias no gerenciamento. A obtenção da pontuação acima de 90%, a racionalização é considerada excelente.

### 3.4 Quarta etapa: aplicação da metodologia

Após o aprimoramento da metodologia piloto, sucedeu-se a aplicação da metodologia modificada para acompanhar e avaliar o potencial de racionalização da alvenaria em 02 obras de construção durante um período de 06 meses. A tabela 7 apresenta a caracterização das obras que participam da pesquisa nesta 2ª etapa.

A tabela 8 ilustra o resumo dos indicadores obtidos na obra N.

De acordo com a tabela 8, a média do potencial de racionalização atual ( $I_{RA}$ ) durante os 06 meses de visita foi de 65,3% e o potencial de racionalização de 34,7%. A figura 3 ilustra o gráfico com a média geral dos indicadores de cada item avaliado.

Pode-se observar que o resultado geral apresentado na figura 3 aponta um maior potencial de racionalização para o Item 7 – Execução da alvenaria e Item 3 – Mão de obra; e um nível de racionalização atual mais elevado no Item 4 – Segurança, Item 1 – Materiais e Componentes.

Uma justificativa para a racionalização atual ter

apresentado índices mais elevados nos itens 4 e 1 está associado, respectivamente, a utilização contínua dos equipamentos de proteção e a utilização e produção correta dos materiais empregados no serviço de alvenaria.

Embora a obra apresente um índice de 65,3% de racionalização atual é possível perceber que ainda existe um potencial de racionalização, o qual indica a possibilidade de maior atuação do gerente de obra no serviço de alvenaria.

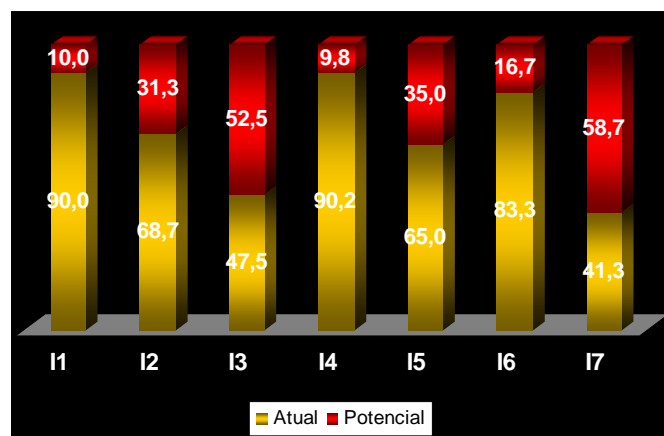


Figura 3 – Média dos indicadores  $I_N$  da obra N

A racionalização atual na obra N possuiu uma classificação qualitativa regular e encontra-se numa situação considerada insatisfatória, situando-se na faixa amarela de acordo com a tabela 6, requerendo maior atenção dos gerentes no seu acompanhamento.

Em relação à obra O, a tabela 9 apresenta a média dos 06 questionários preenchidos durante os 06 meses de visita à obra.

A obra O obteve um índice de racionalização atual de 38,6% e o potencial a racionalizar de 61,4%. Cabe ressaltar que a obra O não possui projeto de alvenaria. Este fato pode justificar a exígua diferença dos indicadores durante os meses avaliados, bem como o baixo índice obtido no indicador de racionalização atual.

Sem o acompanhamento de um projeto torna-se difícil para as empresas uma mudança considerável no processo de produção da alvenaria, uma vez que não se tem uma referência para controle da qualidade da execução.

Em contrapartida, com a existência de um projeto o gerente de obra pode intervir quando determinado item do indicador de racionalização estiver insatisfatório, através do acompanhamento correto do projeto pelos responsáveis.

Com relação à classificação qualitativa, a obra O obteve uma racionalização classificada como ruim situando-se na faixa vermelha, considerada crítica de acordo com a tabela 06. Conclui-se, que não está havendo uma racionalização ou um correto acompanhamento do serviço, uma vez que a obra O possui um potencial a racionalizar elevado de 61,4%.

A figura 4 ilustra o gráfico com a média geral dos indicadores de cada item de verificação avaliado na obra O.

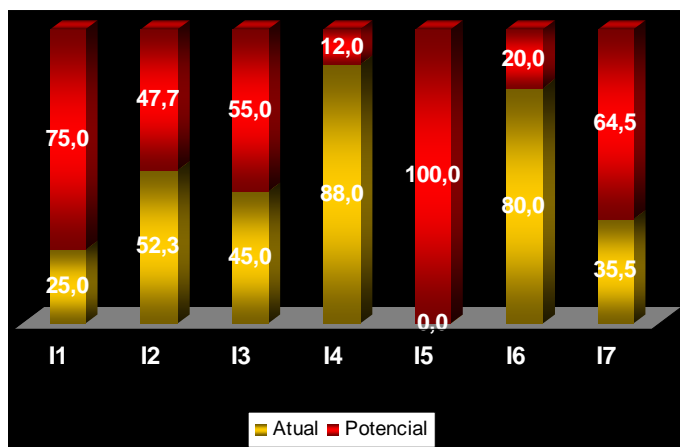


Figura 4 – Média dos indicadores  $I_N$  da obra O

Através da figura 4, percebe-se que o resultado aponta um maior potencial de racionalização para os itens 5 (Projeto de alvenaria), 1 (Materiais e Componentes) e 7 (Execução da alvenaria); e um nível de racionalização atual mais elevado no Item 4 – Segurança, Item 6 – Planejamento de execução.

A argamassa de assentamento da obra O era produzida no térreo (betoneira) através de cimento, areia e aditivo. Este fato pode gerar desperdícios de materiais e com isso diminuir a racionalização do serviço, o que ajuda a explicar o elevado índice do potencial de racionalização para o Item 1 (Materiais e Componentes).

Outra importante constatação relativa aos resultados obtidos refere-se à aplicação periódica da avaliação quantitativa está associada ao diagnóstico de um momento da execução. Caso não ocorram mudanças oriundas como consequência dos resultados obtidos inicialmente, é possível que não seja percebida variação nos indicadores, conforme se percebeu na obra O.

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia descrita neste artigo constitui-se de uma ferramenta auxiliar na avaliação quantitativa e qualitativa da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação, permitindo ao usuário analisar o potencial de racionalização e indicar as possíveis melhorias para que a empresa possa efetuar a necessária análise.

O indicador desenvolvido pode ser um elemento de busca de inovações tecnológicas, visto que identifica focos específicos de atuação (itens do *check-list*) até então desconhecidos pela empresa. Pode ainda, ser utilizado como *benchmarking*, permitindo a avaliação comparativa entre as obras da empresa (*benchmarking* interno) e desta com obras de outras empresas (*benchmarking* externo).

Outro ponto fundamental observado na pesquisa refere-se a importância da utilização do projeto de alvenaria visando maximizar a racionalização do serviço. Através do projeto o gerente de obra pode intervir quando determinado item do indicador de racionalização estiver insatisfatório, através do acompanhamento correto do projeto pelos responsáveis.

Os resultados obtidos quantitativamente aproximam-se da avaliação qualitativa. Essa percepção, particularmente, foi efetuada na oportunidade em que foram realizadas as visitas nas obras.

Cabe destacar que a metodologia deve ser utilizada com critério, merecendo os devidos ajustes em função da experiência em seu emprego e das particularidades de cada obra.

#### REFERÊNCIAS

1. AGOPYAN, V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. Disponível em: <http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/104.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2009.
2. ANDRADE, A. C. Integração de controles relativos à qualidade, prazo e custo: aplicação à alvenaria. São Paulo, 2005. 201 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
3. BARROS, M.M.S.B. Metodologia para

- implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996
4. COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; LIMA, H. R.; BARTH, K. B. Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil: manual de Utilização. Porto Alegre, 2005.
  5. DUEÑAS PEÑA, M. Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. São Paulo, 2003. 160p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
  6. LORDSLEEM JR., A.C.; FRANCO, L.S.; BEZERRA, N.M. Metodologia de avaliação do potencial de racionalização da tecnologia construtiva das alvenarias de vedação. In: V SIBRAGEC. Campinas, 2007.
  7. LORDSLEEM JR, A.C. Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.
  8. NAKAMURA, J. Alvenaria de blocos cerâmicos. Equipe de Obra, n.18, jul. 2008.
  9. SOUSA, H. Alvenarias em Portugal: situação atual e perspectivas futuras. In: Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B. Lourenço & H. Sousa (Eds.), Porto, FEUP, 2002. p.17-40.
  10. SOUZA, R. Empresas redesenham seu modelo de negócios. São Paulo: Gazeta Mercantil, 2009.
  11. SOUZA, U. E. L. Como reduzir perdas nos canteiros – Manual de gestão do consumo de materiais. São Paulo: PINI, 2005.
  12. THOMAZ, E. Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção. São Paulo: PINI, 2001. 449p.

Tabela 1 – Requisitos de avaliação, itens de verificação e pesos da metodologia piloto

Requisitos	Itens de verificação	Peso
Materiais e Componentes	- Tipo (concreto ou cerâmico), dimensões e resistência dos blocos - Utilização de blocos especiais na obra - Tipo e forma de produção da argamassa de assentamento e de fixação - Materiais e traço da argamassa de assentamento e de fixação - Local de produção da argamassa de assentamento e de fixação - Fabricante dos materiais utilizados	15%
Recebimento e Armazenamento de blocos/tijolos e argamassas	- Realização de ensaio em laboratório (em relação à norma técnica) - Existência de local no canteiro para recebimento do material - Definição do local para armazenamento dos produtos - Existência de dispositivos para a redução de esforço na descarga - Material palletizado - Proteção e controle do armazenamento dos produtos	15%
Serviço de Alvenaria	- Realização de treinamento específico para alvenaria - Equipamentos de transporte para os materiais - Equipamentos de controle e de produção - Formas de fixação vertical alvenaria/pilar e alvenaria/alvenaria - Preparação para esquadrias	30%
Mão-de-obra	- Composição da equipe de produção, de controle e de supervisão - Tipo de auxílio à produção	10%
Projeto e Execução	- Existência de projeto específico para alvenaria - Preenchimentos das juntas verticais de alvenaria - Colocação de tela ou ferro-cabelo - Fixação horizontal superior alvenaria/alvenaria ou alvenaria/laje	30%
<b>Total</b>		100%

Tabela 2 – Resumo dos indicadores de cada critério de avaliação da aplicação piloto

I <sub>N</sub>	Requisitos de avaliação	Obras									I <sub>RA</sub>	I <sub>PR</sub>
		A	B	C	D	E	F	G	H	I		
I <sub>1</sub>	Materiais e componentes	0,67	0,67	0,67	0,58	0,58	0,50	0,83	1,00	0,67	0,69	0,31
I <sub>2</sub>	Recebimento e armazenamento	0,73	0,60	0,80	0,90	0,90	0,90	0,40	0,50	0,70	0,71	0,29
I <sub>3</sub>	Serviço de alvenaria	0,53	0,54	0,59	0,52	0,67	0,60	0,60	0,45	0,55	0,56	0,44
I <sub>4</sub>	Mão-de-obra	0,58	0,60	0,60	0,70	0,60	0,60	0,90	0,70	0,60	0,65	0,35
I <sub>5</sub>	Projeto e execução	0,83	0,40	0,70	0,27	0,90	0,83	0,57	0,37	0,70	0,62	0,38

Tabela 3 – Resumo da média dos indicadores de desempenho avaliados na aplicação piloto

Indicadores de desempenho	Obras									Média geral
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
I <sub>PR</sub>	33,2	47,0	33,5	47,3	24,6	29,8	37,4	46,0	36,0	37,2
I <sub>RA</sub>	66,8	53,0	66,5	52,7	75,4	70,2	62,6	54,0	64,0	62,8

Tabela 4 – Caracterização das empresas participantes da ponderação dos critérios de avaliação

Empresa	Tipo de obra	Obras em curso	Porte da empresa	Certificação
Empresa J	Residencial	09	Grande porte	ISO 9001/2000
Empresa L	Residencial	35	Grande porte	ISO 9001/2000
Empresa M	Residencial	05	Grande porte	ISO 9001/2000



Tabela 5 – Requisitos de avaliação, pesos e itens de verificação da metodologia adaptada

Requisitos de avaliação	Itens de verificação	Empresas			Média
		J	L	M	
Materiais e Componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo (concreto ou cerâmico) e dimensões dos blocos</li> <li>- Utilização de blocos especiais na obra</li> <li>- Forma de produção da argamassa de assentamento e de fixação (manual, argamassadeira, betoneira)</li> <li>- Materiais empregados para a produção da argamassa de assentamento e de fixação</li> <li>- Local de produção da argamassa de assentamento e de fixação (térreo, próprio pav., outro pav.)</li> </ul>	25%	22%	10%	19%
Recebimento e Armazenamento de blocos/tijolos e argamassas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realização de ensaio em laboratório (para aceitação do produto relativo à norma técnica)</li> <li>- Existência de local pré-definido no canteiro para recebimento do material</li> <li>- Definição do local para armazenamento dos produtos (definitivo ou necessidade de duplo manuseio)</li> <li>- Existência de dispositivos para a redução de esforços dos operários no descarregamento dos blocos</li> <li>- Material palletizado</li> <li>- Proteção e controle do armazenamento dos produtos</li> </ul>	5%	7%	10%	7%
Mão-de-obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realização de treinamento da mão-de-obra específico de alvenaria</li> <li>- Composição da equipe de produção, de controle e de supervisão</li> </ul>	30%	25%	10%	22%
Segurança e ergonomia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Treinamento da mão-de-obra específico de segurança</li> <li>- Equipamentos de proteção coletiva</li> <li>- Equipamentos de proteção individual</li> <li>- Ergonomia</li> </ul>	3%	3%	5%	4%
Projeto de Alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projeto específico para alvenaria</li> <li>- Caderno de detalhes</li> <li>- Recomendações técnicas</li> </ul>	20%	11%	20%	17%
Planejamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento da sequência de execução da alvenaria</li> <li>- Planejamento de blocos direcionados ao pavimento</li> <li>- Planejamento dos blocos (próximo ao local de trabalho)</li> </ul>	10%	14%	15%	13%
Execução da Alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos de transporte para os materiais (do armazenamento/produção ao posto de trabalho)</li> <li>- Equipamentos de controle e de produção</li> <li>- Formas de fixação vertical alvenaria/pilar e alvenaria/alvenaria</li> <li>- Preparação para esquadrias</li> <li>- Preparação da superfície da estrutura e locação da 1ª fiada</li> <li>- Preenchimentos das juntas verticais de alvenaria</li> <li>- Colocação de tela ou ferro-cabelo</li> <li>- Fixação superior alvenaria/alvenaria ou alvenaria/laje</li> </ul>	7%	18%	30%	18%
<b>Total</b>		100%	100%	100%	100%

Tabela 6 – Classificação qualitativa da racionalização atual da alvenaria

Faixa	Classificação qualitativa	Situação da racionalização	Observação
0%	Inexistente	<b>Crítica</b>	A racionalização não existe.
1 a 50%	Ruim		A racionalização não está sendo aplicada ou acompanhada corretamente.
51 a 70%	Regular	<b>Insatisfatória</b>	A racionalização existe, porém requer maior atenção no acompanhamento.
71 a 90%	Bom	<b>Satisfatória</b>	Racionalização alta, podendo aumentar seu potencial através de melhorias.
91 a 100%	Ótimo		A racionalização está excelente.

Tabela 7 – Caracterização das obras participantes da aplicação da metodologia modificada

Elementos característicos	Obra N	Obra O
Tipo	Residencial	Residencial
Número de funcionários	35	27
Nº. de pavimentos-tipo	27	19
Nº. de pavimentos garagem	2	2
Certificação da empresa	NBR ISO 9001:2000	NBR ISO 9001:2000
Início e término da obra	Mar/2007 - Jun/2011	Jan/2007 - Dez/2009
Existe projeto de alvenaria	Sim	Não
Local da vedação	Fachada	Interna/fachada

Tabela 8 – Resumo dos 06 questionários da obra N

I <sub>N</sub>	Descrição	Mês						Soma	Média
I <sub>1</sub>	Materiais e componentes	0,88	0,88	0,88	0,92	0,92	0,92	5,4	90,0%
I <sub>2</sub>	Recebimento e armazenamento	0,57	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	4,12	68,7%
I <sub>3</sub>	Mão de obra	0,45	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5	2,85	47,5%
I <sub>4</sub>	Segurança	0,89	0,89	0,9	0,91	0,91	0,91	5,41	90,2%
I <sub>5</sub>	Projeto de alvenaria	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	3,9	65,0%
I <sub>6</sub>	Planejamento de execução	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	83,3%
I <sub>7</sub>	Execução da alvenaria	0,39	0,41	0,42	0,4	0,43	0,43	2,48	41,3%
I <sub>RA</sub>	Racionalização atual (%)	57,8	59,4	65,9	69,2	69,6	69,6	391,5	65,3
I <sub>PR</sub>	Potencial de racionalização (%)	42,2	40,6	34,1	30,8	30,4	30,4	208,5	34,7

Tabela 9 – Resumo dos 06 questionários da obra O

I <sub>N</sub>	Descrição	Mês						Soma	Média
I <sub>1</sub>	Materiais e componentes	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,5	25,0%
I <sub>2</sub>	Recebimento e armazenamento	0,57	0,57	0,43	0,43	0,57	0,57	3,14	52,3%
I <sub>3</sub>	Mão de obra	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,7	45,0%
I <sub>4</sub>	Segurança	0,83	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	5,28	88,0%
I <sub>5</sub>	Projeto de alvenaria	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
I <sub>6</sub>	Planejamento de execução	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	4,8	80,0%
I <sub>7</sub>	Execução da alvenaria	0,35	0,36	0,35	0,35	0,36	0,36	2,13	35,5%
I <sub>RA</sub>	Racionalização atual (%)	36,1	39,1	37,9	37,9	39,1	41,7	231,8	38,6
I <sub>PR</sub>	Potencial de racionalização (%)	63,9	60,9	62,1	62,1	60,9	58,3	368,2	61,4