



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DE CONFORMIDADE NA EXECUÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

**Aretusa O. Rodrigues (1); Letícia R. Berr (2); Fabiana M. Bonesi (3); Carlos T.
Formoso (4)**

- (1) Núcleo Orientado para Inovação de Edificações – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: aretusarodrigues@hotmail.com
(2) Núcleo Orientado para Inovação de Edificações – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: leticiaberr@gmail.com
(3) Núcleo Orientado para Inovação de Edificações – Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: fabi_bonesi@hotmail.com
(4) Núcleo Orientado para Inovação de Edificações – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: formoso@ufrgs.br

RESUMO

Devido ao grande déficit habitacional no Brasil, o Governo Federal vem fomentando novos programas de financiamento para a construção de moradias. Como consequência, tem aumentado muito o número de unidades produzidas para o mercado de baixa renda e também o ritmo destas obras. Em contrapartida vários problemas de qualidade têm sido detectados nestes empreendimentos. Alguns estudos estão sendo realizados para verificar a incidência e as causas desses problemas. A maior parte das causas das manifestações patológicas é proveniente de falhas de execução e de projetos. O presente trabalho tem como objetivo identificar as principais não-conformidades existentes na execução do processo construtivo de alvenaria estrutural em EHIS (Empreendimentos de Habitação de Interesse Social). Para a realização desse estudo utilizou-se da tecnologia da informação, um software foi desenvolvido através de um *check-list* que contém os principais constituintes da execução do processo construtivo de alvenaria estrutural, padronizando, assim, a coleta de dados em todas as obras. Os resultados obtidos foram dispostos em uma escala de 0 à 10 pontos. A média geral da análise das conformidades obteve índice de 7,29. Os itens que obtiveram índices abaixo 5 foram considerados as principais não-conformidades e os que obtiveram índices acima de 9 foram considerados as principais conformidades encontradas na execução do processo construtivo de alvenaria estrutural.

Palavras-chave: qualidade; conformidade; alvenaria estrutural; habitação de interesse social.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil há anos já vem sofrendo de um grande déficit habitacional, concentrado principalmente nas camadas populacionais de baixa renda (SANTOS, 1999), além da existência de uma grande parcela do estoque de moradias do país que não conta com infra-estrutura adequada. Em estudos recentes o déficit habitacional estimado em 2007 foi de 6,273 milhões de domicílios (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009).

Em função disso, o Governo Federal vem fomentando ao longo do tempo programas e ações com a intenção de diminuir esse déficit habitacional no país, especialmente da população de baixa renda. Uma dessas ações do governo federal é o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) que criou o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS) que tem como objetivo centralizar e gerenciar recursos orçamentários para os programas estruturados no âmbito do SNHIS, destinados a implementar políticas habitacionais direcionadas à população de menor renda (BRASIL, 2005).

Devido ao incentivo do governo federal, a construção de edificações voltadas para classes de menor poder aquisitivo no Brasil está ocorrendo em grande escala e baixo custo, no entanto, tais construções têm exigido alto número de ações de manutenção em razão das manifestações patológicas frequentemente encontradas (FIESS *et al.*, 2004).

Objetivando essa solução habitacional do país, o processo de alvenaria estrutural vem sendo muito utilizado nas construções populares, em especial devido ao seu baixo custo (COÊLHO, 1998). Uma das vantagens desse processo destacada por Hendry (1990) é que as paredes de alvenaria simultaneamente fornecem estrutura, divisão do espaço, isolamento térmico e acústico, bem como a proteção contra incêndios e condições meteorológicas.

Apesar da alvenaria ser um processo construtivo muito tradicional e utilizado desde início da atividade humana, no Brasil essa técnica começou a ser utilizada no início do século XVI com os portugueses, porém os primeiros edifícios construídos com alvenaria de blocos estruturais só surgiram na década de 60 (RAMALHO; CORRÊA, 2004). Ao longo da última década esta tecnologia se consolidou intensamente em empreendimentos habitacionais voltados para população de baixa renda.

Diante dessa política sócio-econômica brasileira, existem muitos estudos que estão sendo realizados para análise do processo de alvenaria estrutural (COÊLHO, 1998), principalmente devido aos problemas de manifestações patológicas encontradas, verificando suas incidência e causas.

Richter (2007) realizou um estudo avaliando as dimensões de conformidade, na fase de projeto e execução, e de confiabilidade, na fase de uso, de empreendimentos de alvenaria estrutural no Estado do Rio Grande do Sul, e verificou que as manifestações patológicas que ocorrem na fase de uso têm várias causas relacionadas tanto a projeto como a execução. Continuando esse estudo Alexandre (2008) fez um mapa de relações de causa e efeito e analisou os riscos das principais manifestações patológicas (fissuras) encontradas por Richter (2007).

Corroborando com esses resultados Fiess *et al.* (2004) verificou que em EHS do Estado de São Paulo a maior parte das causas das manifestações patológicas é proveniente de falhas de execução (50%) e de projetos (35%).

Os resultados dos estudos demonstram que os problemas encontrados nos EHS são referentes, principalmente, à qualidade da construção. Qualidade essa, que segundo Garvin (2002) pode possuir cinco abordagens principais: a transcendente (qualidade é a excelência inata); a baseada no produto (qualidade é a medida da quantidade de alguns ingredientes ou atributos possuídos pelo produto); a baseada no usuário (qualidade é o reflexo das preferências dos clientes); a baseada na produção (qualidade é a conformidade com especificações); e, a baseada no valor (qualidade é o desempenho ou conformidade a um preço ou custo aceitável). O mesmo autor identificou oito dimensões da qualidade: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida.

Como o presente trabalho está focado nos problemas de qualidade relacionados à fase de produção (execução), seu foco é na dimensão da conformidade. Para Taguchi (1990) existem duas abordagens

distintas da conformidade: a primeira é atender as especificações e a segunda relaciona a conformidade com o grau de variabilidade em torno de uma dimensão estabelecida como meta ou de uma linha central. Na construção de edificações a dimensão da conformidade está fortemente relacionada à aplicação das normas técnicas, devendo partir de um conjunto de procedimentos e especificações claras (BARROS NETO, 1999).

O presente trabalho tem como objetivo identificar as principais não-conformidades existentes na execução do processo construtivo de alvenaria estrutural em EHIS. Este, porém, apresenta algumas limitações, além do foco ser somente no processo construtivo de alvenaria estrutural e em EHIS, os empreendimentos analisados localizavam-se no Estado do Rio Grande do Sul e a análise das conformidades limitou-se aos dados que estavam disponíveis nos *check-lists* utilizados.

Este trabalho faz parte de um projeto financiado pelo programa HABITARE em parceria com a CEF (Caixa Econômica Federal) através do Programa de sistema de indicadores de qualidade e procedimentos para retroalimentação na habitação de interesse social (QualiHIS). O Núcleo Orientado para Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) está desenvolvendo um sistema de indicadores para os EHIS, que permite aos principais agentes envolvidos avaliar a qualidade do processo e do produto final em projetos e programas habitacionais através de três processos principais: acompanhamento de obras, avaliação da satisfação por parte dos usuários e gestão da operação e manutenção de empreendimentos. Este trabalho está relacionado ao processo de acompanhamento de obras.

2 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa consistiu na aplicação de um *check-list* através do qual se pode avaliar a conformidade de alguns processos considerados como críticos, em empreendimentos em construção, mais especificamente na fase do processo construtivo de alvenaria estrutural. Esta ferramenta de coleta foi desenvolvida por um grupo de pesquisadores do NORIE da UFRGS, tendo com estratégia padronizar a coleta de dados e estabelecer critérios para a priorização dos dados a serem coletados. Este dois aspectos são importantes, na medida que a própria natureza da indústria da construção e o baixo índice de industrialização dos componentes de construção dificultam uma coleta eficiente de dados nos canteiros de obras e, conseqüentemente, dificulta ações de melhoria nos processos construtivos e no produto edifício (OHASHI; MELHADO, 2004).

Os dados foram coletados durante o ano de 2008 e 2009 em EHIS financiados pela CEF. Foram avaliadas 19 obras de 10 construtoras, localizadas no Rio Grande do Sul, a maioria na região metropolitana de Porto Alegre.

A pesquisa foi dividida em duas etapas: (a) na primeira etapa foi desenvolvido e testado um *check-list* piloto, verificando se este estava adequado aos processos de execução de alvenaria estrutural realizados na obra - essa coleta ocorreu entre agosto de 2008 e março de 2009 através de planilhas de papel; (b) a segunda etapa foi realizada com o *check-list* definitivo, a partir de abril do ano de 2009 e se estendeu até o final desse mesmo ano, sendo que primeiramente foi utilizado planilhas de papel, que foram gradualmente substituídas por um computador de mão denominado *PDA* (*Personal Digital Assistant*). Após testado e ajustado o *software* para coleta e processamento de dados (no final do ano de 2009), as coletas começaram a ser realizadas somente por meio do *PDA* (Figura 1).



Figura 1 – Utilização de planilha de papel e PDA.

O *check-list* utilizado é composto de várias seções:

- (a) caracterização do empreendimento: define-se a tipologia da obra analisada (casas isoladas, casas em fita, prédios, sobrados isolados ou sobrados em fita) e os materiais utilizados (tipo de bloco: cerâmico ou de concreto, e, tipo de laje: moldada in loco ou pré-moldada);
- (b) população para a amostra no momento da visita em obra: são os serviços que estão sendo realizados na hora da coleta de dados, que serve de base para o cálculo amostral;
- (c) ferramentas necessárias para a aplicação do *check-list*: trena, fio de prumo, régua prumo de 120cm, esquadro de no mínimo 60cm e duas chapas de espessura igual a 2mm;
- (d) limites de aceitação: são definidos de acordo as especificações vigentes;
- (e) características da obra: aponta-se o nome da empresa e da obra, data de aplicação do *check-list*, responsável pela obra, horário de início e término da coleta de dados e o pesquisador responsável pela coleta dos dados;
- (f) macro-etapas do processo construtivo de alvenaria estrutural: recebimento da base, marcação da primeira fiada, assentamento dos blocos, produção e execução do graute e componentes do sistema; e
- (g) itens de verificação: cada item possui o tamanho da amostra, as considerações a serem feitas e a aceitação ou rejeição por atributo (conforme ou não conforme).

A estrutura do *check-list* possibilitou análise de dados mais detalhada. Assim, pode ser obtido o índice da qualidade do processo construtivo utilizado no estado do Rio Grande do Sul. Também, possibilitou a análise da qualidade de cada macro-etapa do processo construtivo, bem como os itens de cada uma destas macro-etapas que se apresentaram conformes ou não-conformes com as especificações técnicas e recomendações da bibliografia. Ainda foi possível caracterizar os empreendimentos segundo os materiais e a técnica construtiva empregados na alvenaria estrutural, que os resultados serão apresentados a seguir.

Esse trabalho utilizou como técnica a observação direta intensiva, que é estruturada, não participante, efetuada na vida real, podendo ser individual ou em equipe, conforme classificação proposta por Ander-Egg¹ *apud* Marconi; Lakatos, 2008. O tempo médio da coleta de dados foi de 46 minutos por obra.

¹ ANDER-EGG, Ezequiel. *Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales*. 7. ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos foram dispostos em uma escala de 0 à 10 pontos e as análises foram feitas através da média aritmética a partir de uma amostra de 32 *check-lists* coletados. O valor do menor índice geral foi de 4,87 e o do maior índice geral foi de 9,78, obtendo assim um desvio padrão de 1,3. A média geral de todos os índices coletados foi de 7,29, representando a média da qualidade da execução da alvenaria estrutural.

3.1 Análise das macro-etapas do processo construtivo

Apesar de terem sido coletados 32 *check-lists*, nem todas as obras visitadas estavam executando todas as macro-etapas no momento da coleta. Com isso, a quantidade de dados coletados não foi de igual número para cada uma das macro-etapas. A macro-etapa que obteve maior número de dados coletados foi a de assentamento de blocos com 31 *check-lists*, seguida por componentes do sistema com 29 *check-lists*, produção e execução de graute com 21 *check-lists*, marcação de primeira fiada com 17 *check-lists* e recebimento da base com 14 *check-lists*.

Após o cálculo da média pode-se observar que a macro-etapa de marcação de primeira fiada obteve maior índice de 8,16, indicando que essa macro-etapa contém menos não conformidade na sua execução que as demais. Ainda, observou-se que a macro-etapa de componentes do sistema, que contém a análise das cintas de respaldo, vergas e contra-vergas, cobertura e juntas, e a macro-etapa de recebimento da base ficaram com índices próximos ao índice da macro-etapa de marcação de primeira fiada, com 8,02 e 7,92 respectivamente. E por fim os índices de assentamento dos blocos e produção e execução de graute foram mais baixos, porém próximos entre si, com valores de 6,78 e 6,73, respectivamente (Figura 2).

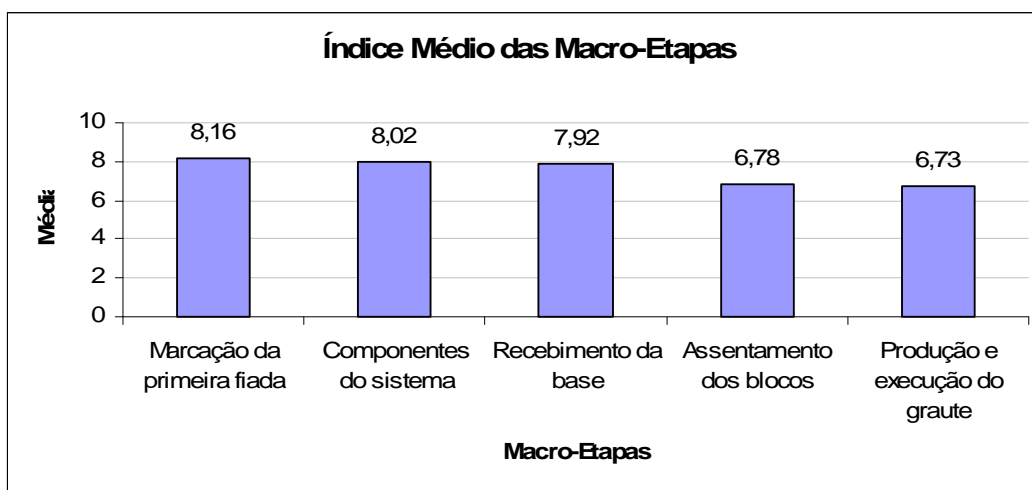


Figura 2 – Índice médio para as macro-etapas do processo de alvenaria estrutural

3.2 Análise da caracterização dos empreendimentos

Na análise da caracterização dos empreendimentos foram verificadas as combinações possíveis entre os materiais utilizados, os quais estavam identificados no *check-list* na parte de caracterização do empreendimento. Os materiais analisados foram o tipo de bloco, cerâmico ou de concreto, e, tipo de laje, moldada in loco ou pré-moldada. Com esses dados foi possível estabelecer quatro combinações: bloco cerâmico e laje moldada in loco, bloco cerâmico e laje pré-moldada, bloco de concreto e laje moldada in loco e bloco de concreto e laje pré-moldada.

Dos 32 *check-lists* coletados, 12 *check-lists* eram de bloco cerâmico e laje pré-moldada, 11 *check-lists* de bloco cerâmico e laje moldada in loco, 5 *check-lists* de bloco de concreto e laje pré-moldada e 4 *check-lists* de concreto e laje moldada in loco.

Os resultados obtidos para a caracterização dos empreendimentos foi que a combinação de bloco de concreto e laje moldada in loco obteve o índice maior de 8,16, muito próximo a esse índice foi o encontrado para bloco cerâmico e laje pré-moldada com índice igual a 7,89, pouco mais abaixo ficou a

combinação de bloco de concreto e laje pré-moldada com índice igual a 7,37, e por fim o índice mais baixo encontrado foi de 6,27 para bloco cerâmico e laje moldada in loco (Figura 3).

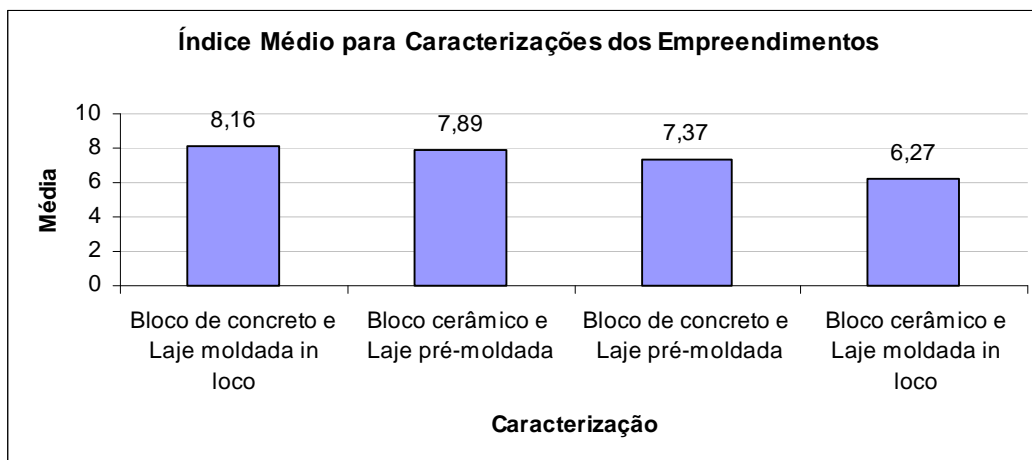


Figura 3 – Índice médio para as a caracterização dos empreendimentos

Para melhor análise dessas combinações, foi feita uma análise estatística através do *software* SAS 9.1. Primeiramente realizou-se o teste ANOVA (Análise de Variância) testando-se a diferença entre as médias dos blocos independentes das lajes, a diferença entre as médias das lajes independentes dos blocos e a interação entre esses dois materiais. O resultado obtido foi que somente a interação entre lajes e blocos deu significativa, ou seja, independentemente os blocos cerâmicos e de concreto são considerados iguais e as lajes pré-moldada e moldada in loco também são consideradas iguais, porém quando combinou-se esses dois materiais (lajes e blocos) houve diferença. Para verificar onde encontrava-se essa diferença, realizou-se, posteriormente, o teste de Tukey-Kramer (Comparação Múltipla de Médias), onde verificou-se que dentro do bloco cerâmico, houve diferença entre as lajes pré-moldadas e moldada in loco e dentro da laje moldada in loco houve diferença entre os blocos cerâmico e concreto, nas outras combinações não houve diferença significativa.

3.3 Análise dos itens de verificação

Assim como a análise feita para as macro-etapas, apesar de o total de *check-lists* coletados terem sido 32, nem todos os itens estavam sendo executados na obra no momento da coleta de dados. A amostra por item variou de 8 (menor número de dados coletados) a 29 (maior número de dados coletados). O número total de itens que o *check-list* possui é de 41.

Para fazer a análise dos itens classificou-se os mesmos entre os mais e menos conformes. Os itens mais conformes foram considerados aqueles que obtiveram na média dos índices valor igual ou maior a 9, somente 8 itens atenderam a esse requisito (Figura 4). Pode-se observar que nenhum item obteve nota 10 (nota máxima), o que significa que nenhum item obteve conformidade em todas as obras visitadas.

Já os itens mais não-conformes foram considerados aqueles que obtiveram na média dos índices valor menor ou igual a 5, somente 5 itens atenderam a esse requisito (Figura 5). Observa-se que um dos itens (os blocos cerâmicos estão umedecidos na face de assentamento) estava não conforme em todas as obras observadas.

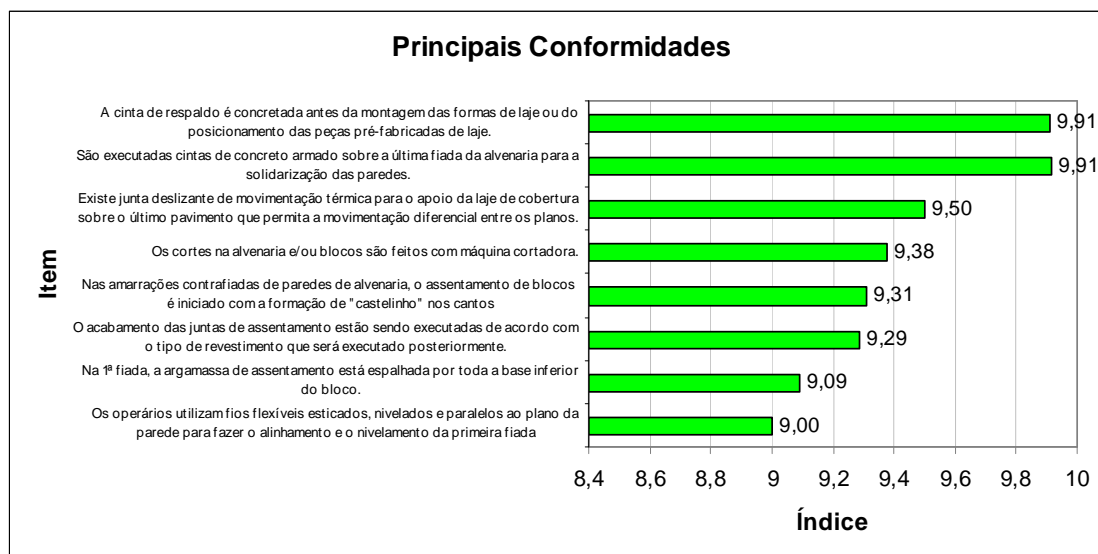


Figura 4 – Itens mais conformes

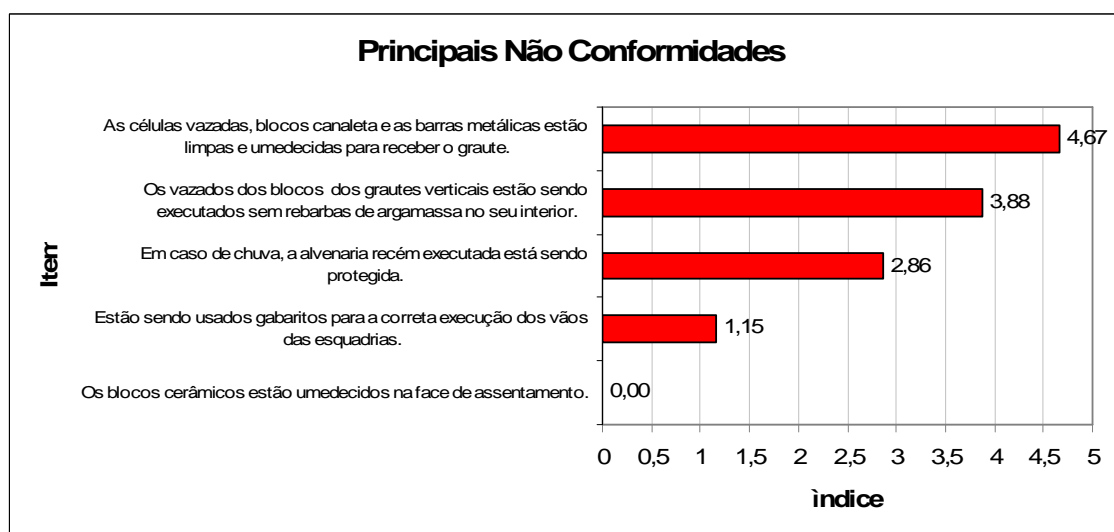


Figura 5 – Itens mais não conformes

Todos os itens pertencem a uma macro-etapa. Então, pode-se perceber que dos 5 itens com maior não conformidade, os 4 com valores mais baixos pertencem a macro-etapa de assentamento de blocos e o item restante pertence a macro-etapa de produção e execução de graute. Isso pode justificar porque essas duas macro-etapas obtiveram índices mais baixo quando comparadas com as outras macro-etapas (vide item 4.1).

Nos itens mais conformes, 3 dos 8 itens também pertenciam a macro-etapa de assentamento de blocos, outros 3 itens a macro-etapa de componentes do sistema e 2 itens a marcação de primeira fiada. Assim, não obteve nenhuma relação direta com a análise das macro-etapas.

4 CONCLUSÕES

O *check-list* aqui em estudo possibilitou a análise dos dados a partir da padronização da coleta de dados em diversas obras que utilizavam o processo construtivo de alvenaria estrutural. Foram coletados dados suficientes para analisar e identificar as principais conformidades e não-conformidades que estão ocorrendo durante a execução do sistema construtivo de alvenaria estrutural. Foram coletados 32 *check-lists*. Esses obtendo uma média geral de 7,29, representando a média da

qualidade da execução da alvenaria estrutural.

A macro-etapa de marcação de primeira fiada apresentou o melhor valor de conformidade com índice de 8,16, enquanto as macro-etapas de assentamento dos blocos e produção e execução de graute obtiveram os índices mais baixos de 6,78 e 6,73, respectivamente, sendo as macro-etapas que requerem maior atenção para a garantia da qualidade do processo.

As quatro combinações de materiais utilizadas pelo *check-list* que caracterizam o empreendimento apresentaram igualdade entre os blocos e lajes independentemente, porém na combinação desses dois materiais houve diferença significativa em relação aos resultados de conformidade. Dentro do bloco cerâmico, houve diferença entre as lajes pré-moldadas e moldada in loco e dentro da laje moldada in loco houve diferença entre os blocos cerâmico e concreto, nas outras combinações não houve diferença significativa

Dos itens verificados, 8 foram considerados os mais conformes (índice acima de 9) e 5 os mais não conformes (índices abaixo de 5). Nenhum item obteve nota 10 (nota máxima), o que significa que nenhum item obteve conformidade em todas as obras visitadas. E que um dos itens (os blocos cerâmicos estão umedecidos na face de assentamento) estava não conforme em todas as obras observadas. Pode-se perceber que dos 5 itens com maior não conformidade, 4 pertence a macro-etapa de assentamento de blocos e o item restante pertence a macro-etapa de produção e execução de graute, isso pode justificar porque essas duas macro-etapas obtiveram índices mais baixo quando comparadas com as outras macro-etapas. Em relação aos itens mais conformes não houve nenhuma relação com as macro-etapas mais conformes.

Com esses dados foi possível verificar os principais problemas de conformidades existentes na execução do processo construtivo de alvenaria estrutural, e assim, proporcionar uma visão do que pode estar interferindo na qualidade da obra.

Esse trabalho faz parte de um estudo preliminar, onde além do processo construtivo de alvenaria estrutural, foram analisados também os processos de fundações, revestimento (interno e externo), instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e esquadrias (janelas e portas). A partir da análise desses dados foi possível identificar algumas predominâncias de não conformidades que serão futuramente testadas estatisticamente.

5 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural**: uma análise da relação de causa e efeito. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, 2008.

BARROS NETO, J. P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 1999.

BRASIL. Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS) e institui o Conselho Gestor do FNHIS. Brasília, 2005.

COELHO, R.. S. A. **Alvenaria Estrutural**. São Luís do Maranhão: UEMA, 1998.

FIESS, J. R.; OLIVEIRA, L. A.; BIANCHI, A. C.; THOMAZ, E. Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo. **In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, São Paulo, 2004.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a Qualidade**: A visão estratégica e competitiva. R.3. Rio de Janeiro: Qualimark, 2002.

HENDRY, A. W. **Structural Masonry**. Londres: Macmillan, 1990.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Déficit habitacional no Brasil 2007**. Brasília, 2009.

OHASHI, E. A. M.; MELHADO S. B. A importância dos indicadores de desempenho nas empresas construtoras e incorporadoras com certificação ISO 9001:2000. **In**: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, 2004.

RAMALHO, M. A.; Corrêa, M. R. S. **Projetos de edifícios em alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2004.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2007.

SANTOS, C. H. M. Políticas federais de habitação no Brasil: 1964/1998. Brasília: IPEA, 1999.

TAGUCHI, G. **Engenharia da qualidade em sistemas de produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.