



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

REDUÇÃO DE VARIABILIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO DE ELEVAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ATITUDES GERENCIAIS¹

SANTOS, Paulo Ricardo Ramos (1); SANTOS, Débora de Gois (2)

(1) UFS, e-mail: paulo_ricardo.rs@hotmail.com; (2) UFS, e-mail: deboragois@yahoo.com.br

RESUMO

A presente pesquisa objetiva identificar no processo produtivo de elevação de alvenaria estrutural atitudes gerenciais que contribuem para a redução de variabilidade. O estudo apresentado é de iniciação científica e traz os produtos finais da pesquisa. O método de investigação foi dividido em três etapas e aplicado em três estudos de caso. A primeira etapa constituiu a base de informações para o estudo e contemplou a aplicação das ferramentas: observação direta, entrevistas não estruturadas com os engenheiros, registros fotográficos, consulta a documentos e elaboração de fluxograma. A segunda etapa serviu para identificar os pontos fortes e pontos frágeis (conforme literatura) relacionados às atitudes gerenciais. Nessa etapa houve correlação entre as atividades encontradas com a classificação de variabilidade apresentada na literatura e inserção dessas atividades (boas práticas e pontos frágeis) no fluxograma. A terceira etapa contemplou a inserção dos pontos frágeis no Diagrama de Ishikawa. Após a análise dos dados concluiu-se que as atitudes gerenciais relacionadas com as atividades de boas práticas estavam incorporadas ao processo de elevação da alvenaria estrutural. Por outro lado, os pontos frágeis corresponderam a atividades que estavam contidas nos procedimentos operacionais da qualidade, mas não foram executadas em campo, em sua maioria.

Palavras-chave: Variabilidade. Atitudes gerenciais. Boas práticas.

ABSTRACT

This research aims to identify in production process of structural masonry layering managing approaches that contribute to variability reduction. The present study is a scientific initiation research type and brings the survey results. The research was conducted in three stages and applied in three different study cases. The first stage establishes the basis of information for the study and includes the application of the following tools: direct observation, unstructured interviews with engineers, photographic records, documents consulting and flowchart preparation. The second stage identifies good practices and weak spots (as literature) related to managing actions. At this stage, took place the identified correlation among the activities classified in literature as variability followed by the insertion of these activities (good practices and weak spots) in the flowchart. In the third stage occurs the insertion of weak spots into the Ishikawa Diagram. After data analysis, the conclusion was that the managing action related to good practices activities were incorporated in the process of structural masonry layering. On the other hand, weak spots corresponded to activities contained in the quality operational procedures however mostly not implemented in practice.

Keywords: Variability. Managing actions. Good practices.

¹ SANTOS, Paulo Ricardo Ramos; SANTOS, Débora de Gois. Redução de variabilidade no processo construtivo de elevação de alvenaria estrutural: atitudes gerenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

A Construção Enxuta (*Lean Construction*) vem contrapor-se ao conceito convencional de construção, adaptando para a construção civil ideias e filosofias da produção enxuta (SHINGO, 1996).

A eliminação de perdas consiste na palavra chave para as empresas que adotaram a Construção Enxuta. Estudos realizados em diferentes países confirmaram que as perdas representam uma porcentagem relativamente grande dos custos de produção (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012).

Koskela (1992) lançou onze princípios da Construção Enxuta, dos quais se destaca para a presente pesquisa o princípio de redução de variabilidade. A variabilidade representa perda para qualquer processo, tendo em vista a flutuação no atendimento dos clientes internos ou externos (ISATTO et al., 2000).

A pesquisa investigou a existência em campo, no processo produtivo de elevação de alvenaria estrutural, de atitudes gerenciais que contribuem para a redução da variabilidade, aqui discriminadas em boas práticas. Buscou-se identificar também atividades que contribuem para a ocorrência de variabilidade, tratadas como pontos frágeis (MESQUITA, 2014).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Variabilidade

Segundo Isatto et al. (2000), a variabilidade está ligada à flutuação do atendimento das necessidades do cliente, tanto para a satisfação, como para a frustração. Para os autores, três tipos de variabilidade ocorrem em um processo de produção: variabilidade nos processos anteriores, que se relaciona com os fornecedores do processo; variabilidade no próprio processo, que ocorre durante o processo de produção; e variabilidade na demanda, sendo dependentes dos desejos dos clientes, tanto internos como os externos.

Na pesquisa de Nascimento e Santos (2013), foram identificados exemplos de variabilidade provocada por variações no próprio processo e no fluxo de processos anteriores. A variabilidade no fluxo nasce da instabilidade entre postos de trabalho, causada por um posto de trabalho defeituoso. Neste caso, é criado um gargalo, que limita o processo de produção e a saída de outros processos.

Para Koskela (1992), existem duas razões para a redução da variabilidade. Primeiramente, um produto uniforme em geral traz mais satisfação para o cliente, pois a qualidade do produto corresponde às especificações previamente estabelecidas. Em segundo lugar, a variabilidade tende a aumentar o tempo do processo e a parcela de atividades que não agregam valor (FORMOSO, 2002).

Conforme Heineck et al. (2009), a orientação é diminuir a variabilidade através da prevenção, antes do início do processo, com projetos padronizados, mão de obra homogênea e qualificada, e pelo oferecimento de condições de trabalhos estáveis.

2.2 Atividades que contribuem para a redução da variabilidade nos processos

Machado (2003) estudou o uso sistemático de antecipações gerenciais no planejamento da produção. Para esse autor, tais antecipações seriam fruto da experiência de projetos anteriores, visando o provimento dos recursos necessários para a execução dos serviços (MACHADO, 2003).

Entende-se por restrições, os elementos que impedem a execução de atividades nas condições adequadas. A restrição vem de fatores que são disponibilizados de forma incorreta no tempo, na quantidade e na qualidade (CODINHOTO et al., 2003).

As boas práticas são ações de melhorias adotadas em determinado setor para auferir à atividade produtiva mais eficácia e eficiência, por meio da realização de tarefas (TREVILLE; ANTONAKIS, 2006).

Quando as boas práticas contribuem para evitar interrupções no processo são chamadas de atividades facilitadoras². Essas ocorrem por meio de remoções de restrições e através de antecipações de atividades (SANTOS, 2004).

Por outro lado, a atividade tida como ponto frágil se contrapõe à atividade facilitadora e às boas práticas, ameaçando o fluxo de produção. A fragilidade imposta por ela se apresenta na forma de perdas e de variabilidade no processo (MESQUITA, 2014).

As boas práticas, as atividades facilitadoras e os pontos frágeis decorrem da tomada de atitudes gerenciais, corretas ou equivocadas. Essas atitudes, por sua vez, se embasam na competência gerencial dos gestores, desenvolvida através da integração entre o conhecimento formal (obtido através de treinamentos, cursos, leitura, experiência prática), conhecimento tácito (obtido com a prática) e a capacidade da cada gerente de questionar e utilizar os conhecimentos adquiridos (HIROTA; FORMOSO, 2000; MESQUITA, 2014; SANTOS, 2004).

Observa-se que, ao analisar situações que levam à interrupção no trabalho, Santos (2004) sugere categorias de atividades facilitadoras (Quadro 1) para eliminar ou minimizar esse efeito.

Situação semelhante ocorre com diversos autores, a exemplo de Sommer (2010), Formoso et al. (2011) e Fireman et al. (2013) que criaram ou

² Santos (2004) define atividades facilitadoras (AF's) como aquelas que impedem ou minimizam as interrupções ao longo do processo produtivo. As AF's podem ser originadas pelas ações gerenciais que objetivem remover restrições ou pelas antecipações das atividades nos planos de trabalho.

aperfeiçoaram categorias de perdas por making-do, também objetivando efeitos como a interrupção do trabalho, a improvisação, dentre outros, conforme Quadro 2.

Quadro 1 – Categoria de atividades facilitadoras, adaptado de Santos (2004)

Categoria	Descrição
(1) Acesso	Relaciona-se com o acesso de recursos humanos e materiais aos locais de trabalho.
(2) Projeto	São as características do projeto que possibilitam a sua construtibilidade.
(3) Preparação do trabalho	É a disponibilização no posto de trabalho dos recursos de produção, necessários ao início dos processos (entradas).
(4) Conferência do trabalho	Está relacionada com as medidas de desempenho do processo.
(5) Conflito espacial	Relaciona-se com o confronto no espaço de elementos de construção ou de categorias de mão de obra, para a realização de processos diferentes, em um mesmo ambiente de trabalho.
(6) Sequenciamento	Está relacionada com a ordem de produção de determinado processo.
(7) Proteção dos operários	Trata-se da preocupação com a disponibilização em canteiro de equipamentos de proteção coletivos e individuais.
(8) Proteção dos processos	Observa-se a proteção do serviço de construção já concluído em relação a outros a serem executados no mesmo ambiente
(9) Programação de obra	Esta categoria está relacionada com exigências de clientes fora de hora, desrespeito a planos, definição de pacotes de trabalho, pedido de material, relação com fornecedores e interferência do cliente.

Fonte: Santos (2004)

Quadro 2 – Correlação entre categorias de atividades facilitadoras e making-do

Categorias de atividades facilitadoras	Categorias de making-do
Acesso	Acesso/ circulação
Preparação do trabalho	Estoque de materiais ou componentes Equipamentos/Ferramentas Suprimento de água e eletricidade
Conflito espacial	Área de trabalho
Sequenciamento	Sequenciamento
Proteção dos operários	Proteção
Proteção dos processos	Ajuste de componentes

Fonte: Santos (2004), Sommer (2010) e Fireman (2012)

3 MÉTODO

A metodologia utilizada na pesquisa baseou-se no Modelo de Integração de Santos (2004). Embora o Modelo de Integração tenha sido proposto para identificar AF's, o mesmo pode ser utilizado também para identificar atividades de boas práticas e de pontos frágeis (Mesquita, 2014) e agrupá-las em categorias.

A pesquisa foi realizada em estudos de caso, envolvendo acompanhamento das atividades desenvolvidas em três canteiros de obras.

O modelo de integração é dividido em três macro etapas: Base, Identificação e Ação, precedidas da etapa preliminar, onde se procede a seleção da empresa e do empreendimento de análise.

Na etapa preliminar, o universo da pesquisa compreendeu os canteiros da Grande Aracaju, Sergipe. Foram escolhidos três empreendimentos de empresas distintas para investigação e coleta de dados.

Por sua vez, na etapa Base – para construir a base de informações para o estudo – cada canteiro foi observado diretamente e realizaram-se entrevistas não estruturadas com os engenheiros da obra e estagiários. Utilizou-se, para o auxílio de coleta e análise de dados, ferramentas, como: registros fotográficos; consulta a projetos, procedimentos, cronogramas e uso de questionário auxiliar para coleta de informações da obra. Com os dados coletados foram elaborados fluxogramas do processo de elevação de alvenaria estrutural.

Na etapa Identificação, a partir da análise de documentos reunidos na etapa anterior e acompanhamento em campo do processo, foi possível distinguir os pontos fortes (as boas práticas e as AF's), dos pontos frágeis (as falhas no canteiro analisado). Em seguida, classificou-se o que foi distinguido através de esquemas de cores Quadro 3.

Quadro 3 – Esquema de cores para classificação das atividades identificadas

Cor	Descrição da atividade
Azul	Facilitadora formalizada e incorporada ao processo
Verde	Facilitadora incorporada, mas não formalizada
Vermelho	Não faz parte do processo, mas o interrompe
Roxo	Incorporada ao processo, mas na prática não é realizada

Fonte: Santos (2004)

Foi adotado o Quadro 01 para a categorização das atividades, a partir da classificação criada inicialmente para as AF's. Nesta pesquisa foi adotada esta categorização para as atividades facilitadoras, as boas práticas e os pontos frágeis, inseridos no fluxograma. Os pontos fortes e frágeis foram inseridos no fluxograma através de setas.

Inicialmente foi elaborado um fluxograma, baseado nas observações e no procedimento operacional da empresa apenas com as atividades constituintes do processo. Somente depois é que as atividades investigadas foram incluídas.

Nas setas também foi utilizada uma classificação de tipo de variabilidade, de acordo com Isatto et al. (2000). A variabilidade nos processos anteriores foi chamada de tipo (I); a variabilidade no próprio processo foi chamada de tipo (II); a variabilidade na demanda foi chamada de tipo (III).

A terceira e última etapa, denominada de Ação foi a inserção no Diagrama de Ishikawa das restrições e gargalos do processo na visão dos engenheiros de cada obra (SANTOS, 2004).

O Diagrama de Ishikawa utilizado foi uma adaptação de Santos (2004), em que as causas de interrupção do trabalho são as categorias de AF's listadas no tópico 2.2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrições dos objetos de estudo

A obra "A" tratava-se de um canteiro que apresentava um grande volume de produção, compreendendo a construção de dois empreendimentos residenciais com prédios de oito e quatro pavimentos, totalizando trinta e uma torres e 1352 unidades residenciais.

O estudo de caso "B" consistia na construção de 112 unidades residenciais distribuídas em duas torres de oito pavimentos. O canteiro "C" apresentava seis torres de quatro pavimentos com um total de 192 unidades residenciais em construção (Quadro 4).

Quadro 4 – Características construtivas dos estudos de caso

	ESTUDO DE CASO "A"	ESTUDO DE CASO "B"	ESTUDO DE CASO "C"
Tipo de bloco estrutural	Bloco de concreto	Bloco cerâmico	Bloco de concreto
Argamassa	Produzida na obra	Industrializada (ensacada)	Produzida na obra
Graute	Produzido na obra	Produzido na obra	Produzido na obra
Projetos de modulação e paginação?	Sim, a obra apresentou projeto de modulação e paginação	Apenas de modulação, que acabou não sendo seguido	Sim, a obra apresentou projeto de modulação e paginação
Uso de paredes de vedação?	Não	Sim, nas paredes das cozinhas e banheiros	Sim, nas paredes das cozinhas, banheiros e varandas
Ferramenta para aplicação de argamassa	Colher de pedreiro, bisnaga e colher tipo paleta	Colher de pedreiro	Colher de pedreiro
Pré-montagem de kits hidráulicos?	Sim	Não	Sim
Tipo de laje	Laje treliçada e laje do tipo painel (pré-moldada)	Maciça, concretada <i>in loco</i>	Maciça, concretada <i>in loco</i>
Contrapiso	A obra fez uso de laje (sem contrapiso)	Executado antes da alvenaria	Executado após a alvenaria
Gabaritos de portas e de janelas?	Não, a obra não utilizou nenhuma das duas ferramentas	Sim, a obra fez uso das duas ferramentas	Não, a obra não utilizou nenhuma das duas ferramentas

Fonte: Autores

4.2 Atividades Facilitadoras e Boas Práticas

No Quadro 5 encontram-se as Atividades Facilitadoras (AF's) e Boas Práticas (BP's) identificadas nos estudos de caso. Nota-se que todas as AF's estavam formalizadas ao processo (cor azul). Tal fato revela que as empresas estudadas procuram reduzir variabilidade nos seus empreendimentos de forma sistemática.

Dentre as AF's destacam-se a utilização de laje zero pela obra "A" e o contrapiso antes da alvenaria na obra "B", por reduzirem a variabilidade nos

processos anteriores ao de elevação de alvenaria. As categorias (8) Proteção de processos e (6) Sequenciamento foram associadas pela proteção contra a variabilidade do processo posterior e pela mudança da sequência das atividades visando padronização, respectivamente.

Quadro 5 – Atividades facilitadoras e Boas práticas identificadas

	Atividade	Categoria	Cor	Presente no estudo de			Tipo de variabilidade relacionada
				A	B	C	
Atividades Facilitadoras	Uso de blocos de vedação em paredes hidráulicas	(2) Projeto					II
	Utilização de laje zero (não execução de contrapiso)	(8) Proteção dos processos					I
	Uso de gabaritos de portas e janelas	(3) Preparação do trabalho					II
	Contrapiso feito antes da elevação de alvenaria	(6) Sequenciamento					I
Boas práticas	Paletização de blocos e/ou argamassa ensacada	(3) Preparação do trabalho					I
	Pré-montagem de kits hidráulicos	(3) Preparação do trabalho					I
	Adoção de caixinha elétrica que evita variabilidade	(2) Projeto					II
	Conferência da alvenaria em todas as etapas de execução	(4) Conferência do trabalho					II
	Laje falsa após radier (fundação)	(2) Projeto					I
	Mesma equipe para todos os serviços de alvenaria	(8) Proteção dos processos					II
	Tratamento de vias para a circulação de máquinas	(3) Preparação do trabalho					I
	Embutimento de caixas de passagem elétrica na laje treliçada	(3) Preparação do trabalho					I
	Uso de argamasadeiras nos pavimentos	(3) Preparação do trabalho					II
	Padronização de padiolas de acordo o traço	(3) Preparação do trabalho					III

Fonte: Autores

A presença de pelo menos uma AF em cada estudo de caso também demonstra a preocupação das empresas com a remoção de restrição do processo de elevação de alvenaria estrutural.

A maioria das boas práticas identificadas relacionou-se à categoria (3) Preparação do trabalho. Isso demonstra que atitudes gerenciais foram tomadas para garantir a redução de variabilidade no abastecimento do posto de trabalho. Como exemplo de Boa Prática, na obra “A”, a laje do tipo treliçada era fabricada *in loco*, onde eram embutidas as caixas de passagem de tubulação elétrica (Figura 1).

No canteiro “B” o nível da laje era conferido através do encaixe de peças padronizadas, no caso, pequenas tábuas e escoras. Isso foi possível porque o contrapiso foi executado antes da alvenaria e serviu de referência de nível. Desse modo, cada escora deveria ter apenas um calço. Quando o conjunto encaixava perfeitamente, a laje estava nivelada (Figura 2).

Tratando-se de padronização, também vale destacar as padiolas utilizadas da obra “C” (Figura 3). Essa foi a única atividade que reduziu a variabilidade na demanda (tipo de variabilidade III). Como as padiolas estavam

adaptadas para dosar areia/brita/cimento para cada tipo de traço, só era possível fazer um traço inteiro de cada vez na betoneira.

Figura 1 – Caixas elétricas montadas nas peças de laje treliçada (Obra "A")



Fonte: Os autores

Figura 2 – Modelo de calço para escoramento da laje(Obra "B")



Fonte: Os autores

Figura 3 – Padronização de padiola (Obra "C")



Fonte: Os autores

As obras "A" e "C" apresentaram um bom número de BP's. A obra "B" apresentou um número menor. Contudo, A BP de designar somente uma equipe para todas as etapas do processo, incluindo a marcação e a laje, contribuiu sensivelmente para a redução de variabilidade e do tempo de ciclo (*lead time*) no canteiro "B".

A existência de AF e de BP's relacionadas à categoria (2) Projeto aponta que os construtores vêm se preocupando cada vez mais com a qualidade dos projetos. Isso ocorre pelo fato de um projeto padronizado (racionalizado) ser uma das bases para redução de custos das obras, principalmente porque reduz a variabilidade na execução.

De maneira geral, as atividades desempenhadas para melhoria dos processos ocorreram equitativamente para reduzir variabilidade antes (tipo I) e durante o processo (tipo II) de elevação de alvenaria estrutural.

4.3 Pontos Frágeis

No Quadro 6 encontram-se os Pontos frágeis (PF's) identificadas nos estudos de caso. Os pontos frágeis em sua maioria se enquadram na categoria (3) Preparação do trabalho, mostrando que mesmo com o bom número de BP's nessa categoria, ainda existem pontos a serem melhorados para um abastecimento do posto de trabalho satisfatório.

Destacou-se a falta de compatibilização de projetos, que ocorreu nas três obras. Em todos os casos, existiu discordância entre os projetos arquitetônico e estrutural. Esse ponto frágil frequentemente não recebe a devida importância nos planejamentos das obras. Neste caso, os gestores dos canteiros precisam utilizar de improvisações para conseguir concluir o produto, que, com isso, perde em qualidade.

Falhas graves foram identificadas, sobretudo por se tratar de obras em alvenaria estrutural. A ausência de gabaritos de portas e janelas (Obras "A" e "C"), prejudica a precisão dimensional (ABNT, 2011). Já a falta de projeto modulação e paginação, ocorrida na obra "B", vai de encontro à racionalização e à modulação exigida pelo sistema construtivo empregado.

A falta de rastreabilidade e a falta de Ficha de Verificação de Material (FVM) dos blocos, ocorridas na obra "C", comprometem a verificação da segurança estrutural pela falta controle do principal elemento construtivo.

Quadro 6 – Pontos frágeis identificados

	Atividade	Categoria	Cor	Presente no estudo de caso			Tipo de variabilidade relacionada
				A	B	C	
Pontos frágeis	Ausência de gabaritos de portas e janelas	(3) Preparação do trabalho	■	✓		✓	II
	Falta de projeto de modulação e/ou paginação	(2) Projeto	■		✓		II
	Falta de quadro de traços nas centrais de argamassa	(3) Preparação do trabalho	■			✓	I
	Ausência de kit hidráulicos pré-montados	(3) Preparação do trabalho	■		✓		II
	Variabilidade de quanto a ferramenta de aplicação de argamassa	(3) Preparação do trabalho	■	✓			II
	Falta de rastreabilidade dos blocos	(8) Proteção dos processos	■			✓	I
	Falta de FVM para os blocos	(3) Preparação do trabalho	■			✓	I
	Falta de compatibilização de projetos	(2) Projeto	■	✓	✓	✓	II
	Não utilização <i>in loco</i> de projeto de modulação	(4) Conferência do trabalho	■			✓	II

Fonte: Autores

Destacou-se, também na Obra "C", a não utilização do projeto de modulação *in loco*, motivando a interrupção do trabalho. Aliás, o canteiro citado foi o que mais apresentou PF's, se comparado com os demais estudos de caso.

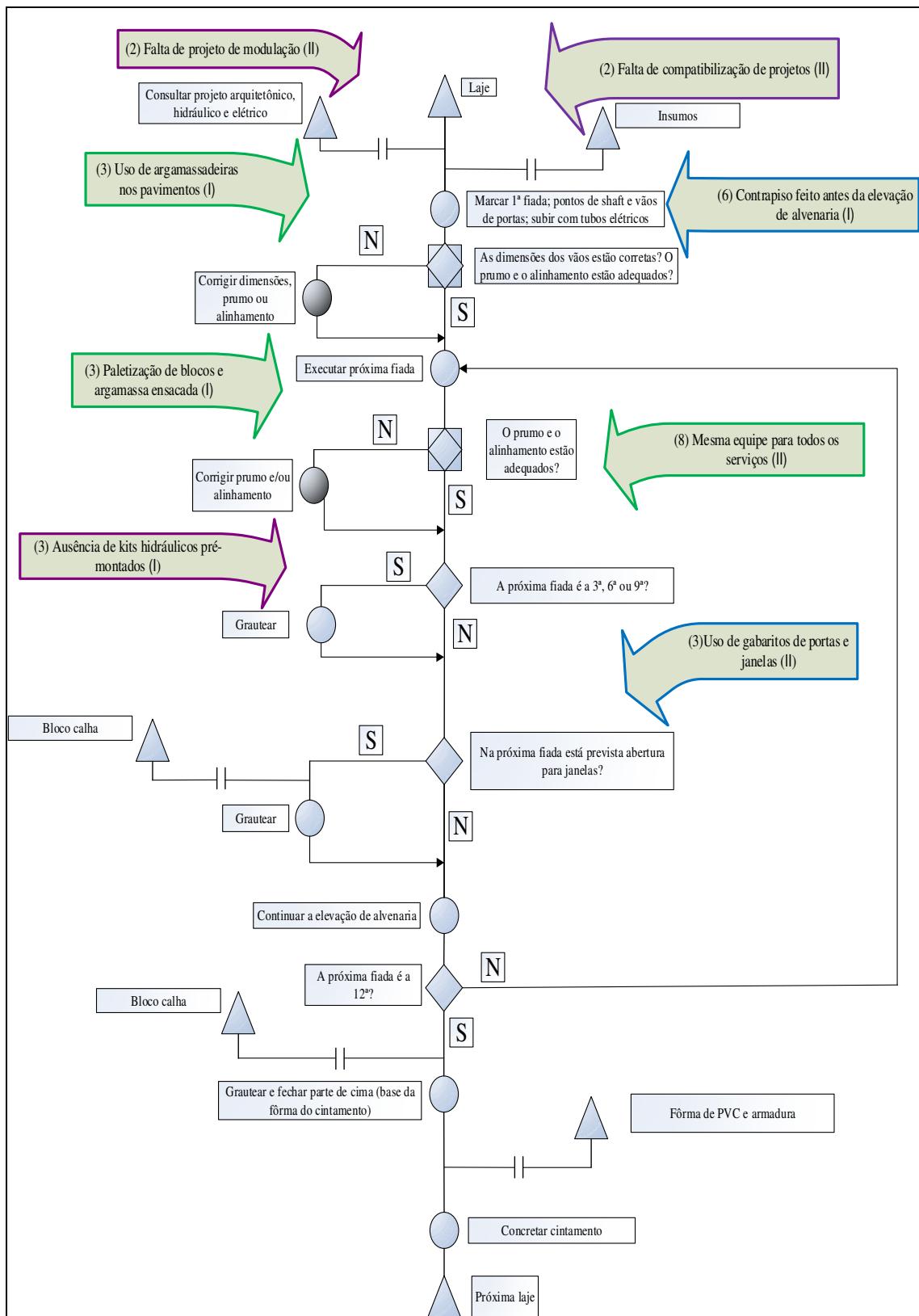
Quanto ao tipo de variabilidade promovida pelos pontos frágeis, a variabilidade no próprio processo (tipo II) foi a que se sobressaiu, sendo encontrada o dobro da variabilidade nos processos anteriores (tipo I).

4.4 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa unificado contém causas de descontinuidades no processo de elevação de alvenaria das três obras. As restrições e gargalos inseridos nele foram relatados pelos engenheiros das obras, de acordo com a visão que cada um tinha do processo.

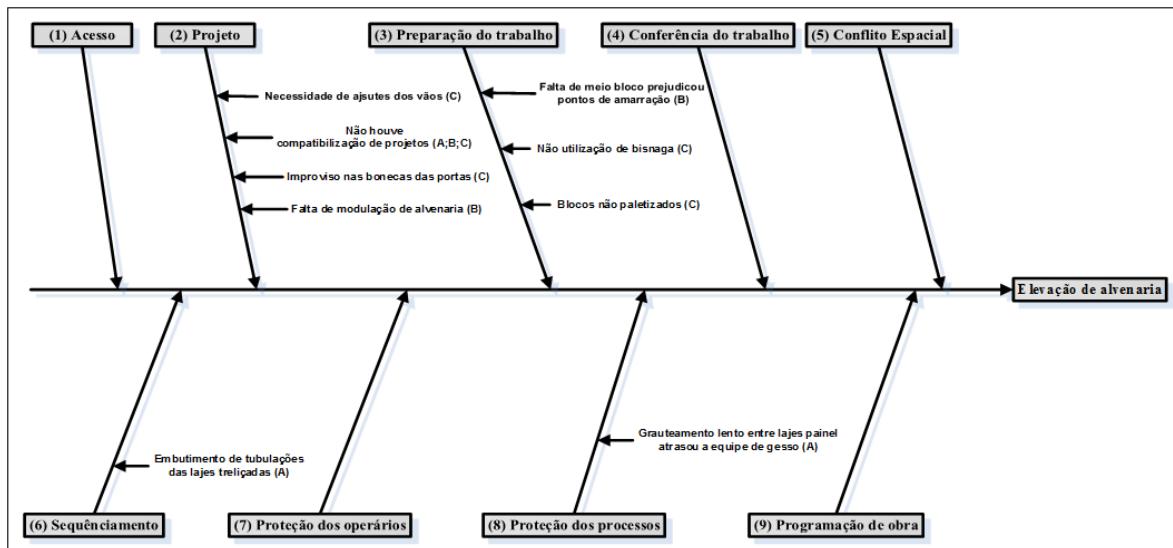
As Figuras 4 e 5 trazem um dos fluxogramas obtidos, fruto da metodologia aplicada (obra "B"), e o Diagrama de Ishikawa. O Diagrama contempla os desdobramentos dos pontos frágeis dos fluxogramas dos três estudos de caso.

Figura04 – Fluxograma do processo de elevação de alvenaria estrutural da obra “B” com AF’s, Boas Práticas e Pontos Frágeis inseridos



Fonte: Autores

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa com causas de descontinuidades no processo de elevação de alvenaria das três obras (“A”, “B” e “C”)



Fonte: Autores

Na obra “A” foram identificadas três causas de descontinuidade dos trabalhos ligados às categorias: (2) Projeto, (6) Sequenciamento e (8) Proteção dos processos. Na categoria Projeto, a falha identificada foi a falta de compatibilização de projetos. Em consequência, identificou-se queda de qualidade da alvenaria, que em alguns pontos apresentou rasgos incomuns para o sistema construtivo, implicando na necessidade de reforço em locais mais críticos.

O Sequenciamento do processo foi prejudicado na atividade de embutimento de tubulações das lajes treliçadas. O entrave ocorreu devido ao tamanho das tubulações não permitir passagem por entre os espaços das treliças. A solução foi alcançada com a mudança de algumas bitolas, algumas passando sob as treliças e outras não. Assim, a laje ficou um pouco mais espessa, porém dentro da margem permitida pelo calculista, pois existia uma folga por não se adotar contrapiso (laje zero). Embora o problema tenha sido resolvido, a produção sofreu um aumento de tempo de ciclo (Lead time).

Na categoria Proteção dos processos foi identificada uma causa de interrupção. O grauteamento demorado entre as lajes painel atrasou o cronograma de trabalho da equipe de gesso.

Na obra “B” verificou-se que foram relatados problemas de continuidade no processo de elevação da alvenaria nas categorias (2) Projeto e (3) Preparação do trabalho. Na categoria (2) Projeto, a falta de projeto de modulação foi destacada como causadora de danos ao processo. As consequências foram notadas na queda da padronização e na quantidade de perdas, observada pelo índice de resíduos encontrado.

Mais uma causa de descontinuidade foi a falta de compatibilização de projetos, no caso entre o arquitetônico e o estrutural – categoria (2) Projeto. Todas as unidades adaptadas para portadores de necessidades especiais apresentaram incompatibilidade de espessura dos blocos de um dos caixões de porta. O resultado foi a inserção de mais atividades. A solução adotada pelo engenheiro foi encher o bloco de menor espessura até alcançar a espessura do maior. O processo foi penalizado com mais tempo de mão de obra e mais gasto de material.

A impossibilidade do uso do meio bloco interferiu na categoria (3) Preparação do trabalho. O fato ocorreu porque o meio bloco estava sendo fornecido fora das dimensões desejadas. O gerente da obra então decidiu por utilizar somente o bloco inteiro, quebrando-o quando necessário. Os efeitos negativos foram ainda maiores, pois não se tinha outros itens da família de blocos como compensadores. As operações de amarração foram as mais impactadas. Nelas as quebras do bloco inteiro eram inevitáveis.

Na obra “C”, as descontinuidades foram relatadas nas categorias (2) Projeto e (3) Preparação do trabalho, assim como na obra “A”. Na categoria (2) Projeto, a falta de compatibilização levou à improvisação na execução das “bonecas” das portas, adicionando a atividade de corte dos blocos ao processo. A restrição também levou a mais produção de resíduos e acréscimo de tempo a essa etapa do processo. A terminalidade dos serviços também foi prejudicada por haver a necessidade de ajustes dos vãos após a execução do pavimento. Um desdobramento da falta de compatibilização que gerou retrabalhos.

Na categoria (3) Preparação do trabalho, o uso da colher de pedreiro pelos operários, embora tenha sido um ponto de redução de variabilidade, não contribuiu para a produtividade. O engenheiro relatou que a produtividade seria mais alta se a mão de obra estivesse acostumada com a bisnaga e a empregasse na produção.

A falta de paletização dos blocos, assim como a falta de rastreabilidade dos mesmos, também se associou a essa categoria por dificultar o transporte, tornando obrigatório o transporte manual dos blocos, que é mais oneroso e demanda mais tempo. Além disso, pode-se citar a ausência de gabaritos para as esquadrias, falha grave para o sistema construtivo de alvenaria estrutural.

5 CONCLUSÕES

Ao analisar o processo de produção pode-se explicitar como atitudes gerenciais puderam contribuir para reduzir a variabilidade no processo de elevação de alvenaria estrutural. Percebeu-se que ações tomadas pelos gerentes, por meio do trabalho desenvolvido pela equipe de produção, tiveram um bom impacto na padronização da produção. Embora seja

necessário ressaltar a presença de pontos frágeis críticos, principalmente, por se tratar de obras em alvenaria estrutural.

Observou-se que as atividades facilitadoras estavam formalizadas no processo e os exemplos ocorreram nas categorias (2) Projeto, (8) Proteção dos processos, (3) Preparação do trabalho e (6) Sequenciamento, destacando-se a Obra "B". Em termos das boas práticas, foram evidenciados mais exemplos nas obras "A" e "C". As categorias onde foram identificados exemplos foram: (3) Preparação do trabalho, (2) Projeto, (4) Conferência do trabalho e (8) Proteção dos processos.

Quanto ao tipo de variabilidade, foram identificados exemplos que evidenciam a atuação das atitudes gerenciais, sendo sete exemplos para variabilidade nos processos anteriores, seis exemplos para variabilidade no próprio processo e um exemplo para a variabilidade na demanda.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-2: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras. 2011. Rio de Janeiro. 2011. 35 p.
- CODINHOTO, R. et al. Análise de restrições: Definição e Indicador de Desempenho. In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, SIBRAGEC, 2003. **Anais...** São Carlos, 2003.
- FIREMAN, M. C. T. **Proposta de método de controle integrado da produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por making-do e retrabalho.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.
- FIREMAN, M. C. T. et al. Integrating Production and Quality Control: Monitoring Making-Do and Unfinished Work. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21th, 2013, Fortaleza, Brazil. **Proceedings...** Fortaleza, 2013. pp 515-525.
- FORMOSO, C. T. **Lean Construction:** Princípios Básicos e Exemplos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2002.
- FORMOSO, C. T.; SOMMER, L.; KOSKELA, L.; ISATTO, E. L. An exploratory study on the measurement and analysis of making-do in construction sites. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 19th, 2011, Lima, Peru. **Proceedings...** Lima, 2011.
- HEINECK, L., F., H. et al. **Coletânea Edificar Lean:** Construindo com Lean Management, v.1. Fortaleza: Expressão gráfica Editora, 2009.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8º, Salvador, 2000. **Anais...** Salvador, 2000. v.1 p.572-579.

ISATTO, E. L. et al. **Lean Construction:** Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical Report nº. 72.** Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992, 87p.

MACHADO, R. L. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MESQUITA, V. F. **Desenvolvimento de jogo didático para tornar prático o uso das atividades que contribuem para a melhoria de processo: elevação da alvenaria estrutural.** 2014. 174p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 2014.

NASCIMENTO, R. S.; SANTOS, D. G. A amostragem do trabalho como ferramenta de diagnóstico para a aplicação dos conceitos da construção enxuta In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 8º, Salvador, 2013. **Anais...** Salvador, 2013, 14p.

SANTOS, D. de G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras.** 2004, 219p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1996, 291p.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras.** 2010. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

TREVILLE, S.; ANTONAKIS, J. Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. **Journal of Operations Management**, v. 24 n. 2, p. 99-123, 2006.

VIANA, D. D.; FORMOSO, C. F.; KALSAAS, B. T. Waste in Construction: a systematic literature review on empirical studies. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20th, San Diego, 2012. **Proceedings...** San Diego: State University of San Diego, 2012. 10p.