

# Proposta de Visão Sistêmica para a Execução de Empreendimentos de Alvenaria Estrutural a Partir de um Estudo de Caso de uma Edificação Multifamiliar em Belo Horizonte

*White José dos Santos<sup>1</sup>  
Pedro Corrêa Andrade<sup>2</sup>*

## Resumo

O sistema construtivo utilizando alvenaria estrutural é o método no qual a alvenaria desempenha a função estrutural, recebendo e distribuindo os esforços. Este sistema já está bem difundido no Brasil, se tornando um mercado em ascensão e bastante atrativo, tanto para a concepção de conjuntos habitacionais quanto para edifícios altos e de elevado padrão de acabamento. Como o processo construtivo evoluiu muito nos últimos anos, proporcionou estruturas mais econômicas e seguras, um canteiro de obra mais organizado e limpo, além de um menor tempo de execução. Entretanto, o crescimento rápido e acelerado da economia introduziu empresas no mercado com pouca experiência, com vícios e/ou com poucos conhecimentos técnicos-executivos deste sistema construtivo. O presente trabalho busca, através de um estudo de caso, analisar o processo construtivo em alvenaria estrutural de uma obra e avaliar se o método está de acordo com a literatura e normas vigentes. Foram coletados dados da logística de canteiro, material utilizado, marcação e elevação de alvenaria através do acompanhamento da obra. A partir disso, verificou-se que há alguns procedimentos que requerem aprimoramentos e outros que precisam ser alterados, pois estão em desacordo com as normas. Visto que havia problemas e que esses problemas seriam evidenciados em outras obras, criou-se uma proposta de postura, baseada no pensamento sistêmico, que pode ser utilizada para qualquer empreendimento que utilize este método construtivo.

**Palavras-chave:** Alvenaria estrutural, Logística, Pensamento Sistêmico, Compatibilização.

## 1 Introdução

De acordo com ALVARENGA (2011), o método construtivo em alvenaria estrutural é utilizado desde o início da atividade humana, em que estruturas diversas supriam a carência tecnológica. Em 10.000 a.C. os persas e os assírios utilizavam tijolos secos ao sol como matéria prima de suas construções. Sete mil anos depois, em 3.000 a.C., os tijolos queimados em forno foram desenvolvidos. Foram construídas ainda, grandes obras como: Pirâmides de Gizé, Templo de Teotihuacan, Farol de Alexandria, Coliseu, Catedral de Reims e Edifício Monadnock.

O emprego desse método, com blocos de

concreto ou cerâmico, proporciona facilidades construtivas tais como: menor diversidade de materiais utilizados; redução do quantitativo de mão de obra especializada; menor interferência entre os subsistemas (por exemplo, os elementos hidráulicos e elétricos podem ser executados simultaneamente à alvenaria no cronograma executivo). Sua principal desvantagem é a impossibilidade de adaptações/flexibilizações nos arranjos arquitetônicos, a menos que já tenham sido previstas em projeto (SAMPAIO, 2010) e SÁNCHEZ (2013).

RAMALHO (2003) cita que o método construtivo em alvenaria estrutural possui as seguintes vantagens e desvantagens, conforme Tabela 1.

1 Professor do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais. Sala 3320, Bloco 1 do Prédio da Escola de Engenharia – Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, 31.270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil. white.santos@demc.ufmg.com / <http://www.demc.ufmg.br/>.

2 Aluno da Universidade Federal de Minas Gerais, pedro.c.andrade@me.com.

**Tabela 1** – Vantagens e desvantagens do uso da alvenaria estrutural (RAMALHO, 2003).

<b>Pontos a favor:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia de formas: uma vez que a alvenaria substitui as vigas e pilares, a laje passa a ser o único elemento estrutural dependente das formas, ainda assim, existem tipos de laje que dispensam as formas, como as pré-moldadas ou as treliçadas.</li> <li>• Economia de revestimento: como existe um maior controle executivo da alvenaria, a utilização de revestimento para regularização das paredes é quase zero, e o acabamento pode ser feito com uma fina camada de gesso.</li> <li>• Redução no desperdício de material e mão de obra: as paredes não admitem intervenções posteriores o que é uma importante causa da eliminação do desperdício.</li> <li>• Velocidade de produção: uma vez que peças de concreto maciço não são utilizadas, não é necessário esperar o tempo de cura.</li> <li>• Redução no uso de concreto e aço: o preço do m<sup>3</sup> de concreto armado é elevado e como ele quase não é utilizado, o custo total diminui.</li> </ul>
<b>Pontos desfavoráveis:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de adaptar a arquitetura para um novo uso: como as paredes são os elementos resistentes, não se pode readaptar a estrutura a arranjos diferentes, e tampouco mudar a sua função para outra de maior solicitação estrutural.</li> <li>• Necessidade de uma mão de obra bem qualificada: a execução da alvenaria estrutural exige do profissional uma maior atenção a detalhes como prumo e régua da alvenaria e são poucos os profissionais que conseguem executar uma alvenaria com qualidade.</li> <li>• Vãos pequenos: a alvenaria estrutural competitiva é limitada a vão de 4,5m a 5m.</li> <li>• Vãos em balanço não são recomendados nesta tecnologia.</li> <li>• A esbelteza é um fator limitante para a execução.</li> </ul>

A alvenaria estrutural consiste no elemento sustentante da edificação, portanto é imprescindível a execução de projetos com detalhamento adequado e compatibilizados; especificação de materiais, equipamentos e técnicas segundo a normalização e com uma boa e qualificada mão de obra, (TAUIL e NESE, 2010).

A alvenaria pode ser classificada em três tipos: Alvenaria estrutural armada, não-armada e protendida (NBR 15691, 2011). Para CAMACHO (2006) a Alvenaria Estrutural Não Armada consiste no processo construtivo no qual os elementos estruturais recebem armaduras com finalidades exclusivamente construtivas, prevenindo patologias tais como fissuração e concentração de tensões. Já a Alvenaria Estrutural Armada é o tipo de processo que recebe reforços em algumas regiões, devido a exigências estruturais (aços de vento e desaprumo), sendo utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos e posteriormente grauteados, além do preenchimento de todas as juntas verticais. A Alvenaria Estrutural Protendida, por sua vez, é o processo construtivo em que existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente que submete a alvenaria a esforços de compressão.

Diante disto, buscou-se avaliar o sistema construtivo em alvenaria estrutural através de uma revisão da bibliografia técnico-científica especializada e de um estudo caso em uma edificação residencial

multifamiliar na cidade de Belo Horizonte. A partir dos dados levantados, propôs-se uma metodologia, baseada no pensamento sistêmico, de modo a implementar a adequação e melhoria das atividades desenvolvidas de modo a tornar estes procedimentos mais eficientes e com uma visão mais sistêmica.

## 2 Metodologia

Primeiramente, realizou-se uma revisão da literatura, com o intuito de buscar subsídios teóricos e metodológicos para o desenvolvimento do trabalho. Além disso, foram analisadas as normas vigentes para alvenaria estrutural a fim de avaliar se o processo estudado segue os requisitos especificados.

Num segundo momento, foi conduzido um estudo caso em uma obra na cidade de Belo Horizonte. No decorrer do trabalho ocorreram inúmeros diálogos com os responsáveis pela empresa, que expuseram suas experiências e conhecimentos a respeito do processo construtivo em alvenaria estrutural e salientaram que a empresa já utilizava o método há vários anos, e que isto permitiu padronizar os processos executivos otimizando custo, prazo e mão de obra.

Deve-se ressaltar que a obra estudada foi projetada inicialmente pensando-se em adotar estrutura de concreto armado, mas em virtude do excelente tipo

de solo e da experiência da empresa na construção utilizando alvenaria estrutural, optou-se por torres em alvenaria. Na fundação das quatro torres foram utilizados tubulões a céu aberto seguido de um cintamento que recebeu as paredes.

A área construída é de 5.956,32 m<sup>2</sup>, com 160 (cento e sessenta) unidades residenciais. A construção é composta por um bloco garagem, salão de festa, espaço gourmet e quatro torres de dez andares cada, sendo quatro apartamentos por andar no padrão médio de acabamento.

A empresa em questão permitiu a divulgação das imagens e itens analisados, contudo não autorizou a apresentação de seu nome e da obra analisada. Inclusive manifestou que as observações feitas pelo professor e aluno serão implementadas nas torres que ainda serão construídas e demais obras da empresa.

### 3 Estudo de Caso

O acompanhamento da obra foi realizado por cerca de 8 meses, e durante este período pôde-se acompanhar todo o processo executivo da mesma. Neste período foi realizado um apanhado de pontos importantes durante a execução e, a partir deles, foram feitas análises de modo a indentificar pontos positivos e atividades com necessidade de revisão/reformulação.

Verificou-se em primieira instância, se os lotes de blocos de concreto seguiam a especificação da NBR 15961-2: 2011, no item 6.2.2, que pede que nos blocos estejam identificados a sua resistência, o número do lote e local de sua aplicação. Além disso, estes deveriam estar em locais protegidos da chuva para que não fosse prejudicado o desempenho da alvenaria quando executada.



*Figura 1 – Estocagem de blocos em local inapropriado e sem identificação.*

Conforme se pode ver na Figura 1 a determinação não estava sendo seguida. Havia blocos sem qualquer tipo identificação e expostos a intempéries. A classe de blocos utilizada na construção foi a do tipo A, conforme recomenda a NBR 6136: 2007 para este tipo de construção, só que estes possuíam resistência variando conforme o pavimento a ser construído e sem a identificação corriam o risco de utilizar os blocos de forma errada no pavimento em construção.

Constata-se que esta não adequação pode causar problemas no controle de qualidade e inserção de blocos inadequados em locais com exigência de resistências mais elevadas. É primordial a adequação destes estoques e identificação de elementos, com os devidos controles de qualidade especificados por norma.

A grua utilizada possui 50 metros de altura e consegue transportar blocos, argamassa, concreto entre outros materiais para as quatro torres sem que haja necessidade de uma “skytrack” ou manipulador telescópico. Em outras obras da mesma empresa estes equipamentos são mais comuns, em virtude do elevado preço de locação da grua. Na Figura 2 é possível evidenciar a logística de transporte da argamassa da central até o local onde os operários executavam a alvenaria. Há uma central de argamassa, responsável por preparar argamassas e concretos para os mais diversos fins.



*Figura 2 – Grua com capacidade para atender as quatro torres.*

Identificou-se que a locação das instalações e as esperas da ferragem são sempre conferidas para que a marcação seja liberada, procedimento em concordância com a NBR 15961-1:2011. Entretanto, como pode-se verificar na Figura 3, a laje está com várias irregularidades justamente no local onde será assentada a primeira fiada da alvenaria, podendo

ocorrer espessura de juntas horizontais e verticais irregulares e despadronizadas, e além disso, prejudicar o desempenho estrutural da parede. Um aspecto positivo nessa imagem seriam as tubulações elétricas já sondadas, e as esperas de ferragem devidamente protegidas.

Aconselha-se para estes pontos a regularização com argamassa reforçada e o nivelamento da estrutura de base da parede de acordo como o especificado na NBR 15961-1:2011.



**Figura 3** – Esperas de armaduras e instalações elétricas.

A marcação da alvenaria foi feita assentando primeiro os blocos dos cantos da laje e verificando o prumo destes blocos com o andar inferior. Em seguida, realizando a 1ª fiada da alvenaria externa, sempre utilizando medidas acumuladas para que não houvesse a propagação de erros de medida. Na sequência, executou-se a marcação da 1ª fiada da alvenaria interna utilizando mais uma vez medidas acumuladas, e conferindo os vãos das portas e janelas e posicionamento dos pontos de graute. Todas as etapas referentes ao processo de marcação tiveram um acompanhamento de um estagiário, encarregado ou mestre de obras. Entretanto, não houve nenhuma conferência de medidas das diagonais (verificação do esquadro da obra) conforme recomendam as literaturas.

Na Figura 4 fica evidente que o local onde os blocos de concreto foram assentados não estava limpo, o que prejudica a aderência da argamassa à laje do pavimento inferior e consequentemente o desempenho da estrutura. Além disso, as setas vermelhas indicam que a modulação não foi utilizada da maneira correta (ou não foi feita), já que houve necessidade de utilizar blocos compensadores em diversos locais.



**Figura 4** – Marcação da 1ª fiada das paredes externas e internas.

É importante destacar que o projeto de elevação das paredes é imprescindível para execução da obra, assim como este estar modulado, SÁNCHEZ (2013), contudo este não está presente no canteiro. Além disso, não se analisou o projeto sob o viés da modulação adequada aos blocos, que é fundamental para a alvenaria estrutural. Sua importância está relacionada ao perfeito ajuste do layout da edificação aos tamanhos dos blocos e demais elementos presentes na execução das paredes, uma vez que os blocos não podem ser cortados (conforme foram – Figura 4) já que isto reduz sua resistência, gerando a possibilidade de colapso da estrutura.

A estabilidade da edificação depende dos projetos, mas também dos vãos modulares de janelas, portas e todas as demais interferências na edificação, como a localização das instalações e shaft's. Portanto, além das correlações citadas acima, a importância dessa modulação, para que não haja desvio no encaimamento de cargas em situações como as explicitadas na Figura 4, é importante que não haja buracos e não se coloquem blocos fora da modulação.

Uma das explicações para a ocorrência desse fato seria a alteração que ocorreu na etapa de pré-projeto, em que a estrutura seria executada em concreto armado e, em virtude das condições ambientais, foi alterada; mas não se modificou o projeto conforme a modulação exigida pela alvenaria estrutural. Isto causou danos que aumentaram o custo da obra em 20%, tornando um sistema que era vantajoso não tão interessante assim. Além disso, imbutiu na estrutura pontos enfraquecidos, que podem reduzir a vida útil, ou até mesmo pode causar patologias e colapso da estrutura.

O processo de elevação da alvenaria foi realizado por sistema de bonecas, sem o uso de escantilhões, vide Figura 5. O processo construtivo sem o uso de escantilhões torna a atividade de elevação das paredes mais demorada, por demandar a conferência de cada bloco (nível e prumo), sendo que no caso do uso dos

escantilhões estes seriam diretos, deste que os blocos fossem assentados de forma correta.

As rebarbas das massas de assentamento são retiradas para iniciar o serviço de elevação entretanto, conforme ilustrado na Figura 5, há sobras de argamassa endurecendo sem o assentamento dos blocos. A NBR 15961-2:2011, itens 7.1.3 e 9.3.1 ressalta que a argamassa deve ser utilizada em um período de 2h30min, para que mantenha a trabalhabilidade, e que os blocos

devem ser posicionados enquanto a argamassa estiver trabalhável e plástica, evitando-se a queda nos vazados dos blocos.

As interrupções das elevações na alvenaria acontecem em forma de castelo. De uma maneira sistemática a planeza e nivelamento da alvenaria é checada pelos encarregados e próprios bloqueiros (pedreiros especializados no assentamento de blocos para alvenaria estrutural). O desvio máximo aceitável



(a)



(b)

**Figura 5** – Na esquerda temos bloqueiro conferindo o nivelamento da alvenaria com uma régua de alumínio. Na direita elevação em forma de castelo.



(a)



(b)

**Figura 6** – Na esquerda tem-se o bloqueiro conferindo o nivelamento da alvenaria com uma régua de alumínio. Na direita elevação em forma de castelo.

pela a empresa é de 5mm para mais ou para menos, estando de acordo com o item 9.3.4 da NBR 15961-2:2011.

As setas vermelhas na Figura 5 indicam espaçamentos superiores ao permitido pelo item 9.3.2 da NBR 15961-2:2011, que exige juntas de 10mm. Além dessa particularidade, os buracos vazios seriam preenchidos com blocos de concreto cortado, o que não é permitido pelo item 9.1 da NBR 15961-2: 2011. Em situações como essa a norma só permite que sejam colocados peças cortadas ou pré-fabricadas caso seja especificado em projeto o que não acontecia.

Segundo o encarregado de alvenaria, cada buraco na alvenaria ou “pequeno” corte nos blocos, foi necessário para facilitar o assentamento dos blocos, uma vez que em todos esses lugares há passagem de mangueiras elétricas, que como não haviam sido sondadas e estariam dobradas impedindo a colocação dos blocos no alinhamento correto. Para a situação ilustrada na Figura 6, como também na Figura 4, houve um erro de logística no processo, ou seja, a primeira fiada de alvenaria só poderia ser iniciada, caso toda a parte elétrica e hidráulica estivessem liberadas, justamente para que buracos e cortes fossem evitados, conforme ressalta a NBR 15691:2011. Em contrapartida, o erro só ocorreu na elevação do primeiro pavimento, pois adequações ao processo foram realizadas nos pavimentos seguintes.

As tubulações elétricas foram embutidas nos blocos, simultaneamente a elevação da alvenaria, para que cortes horizontais e verticais não fossem necessários, sendo que em locais onde passaram mangueiras muito grossas houve a necessidade de passa-las externamente

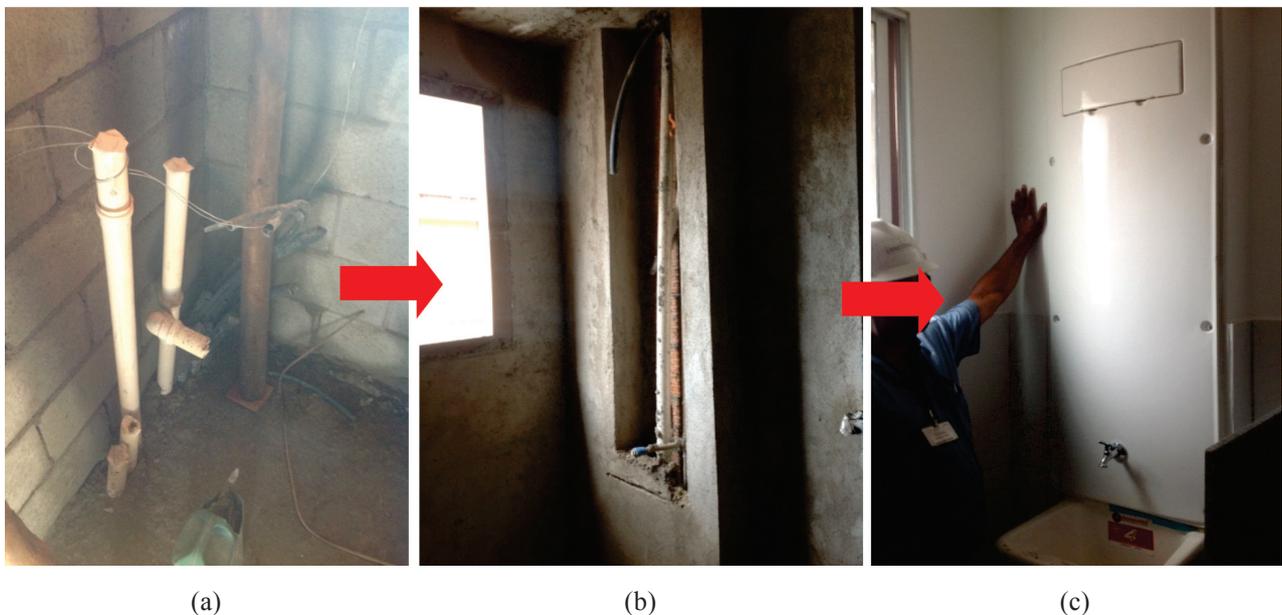
aos blocos através de paredes hidráulicas e Shafts. As caixas elétricas foram acopladas nos blocos no canteiro de obras.

Os Shaft foram executados fora da alvenaria depois fechados com placas pré-moldadas de PVC, conforme sequência esquemática montada nas Figuras 7 (a), (b) e (c), nas quais é possível evidenciar as etapas de execução do shaft.

Constata-se a adequação desta etapa e eficiência destes procedimentos, o que permitiu o uso adequado da alvenaria, com segurança e alta produtividade.

As vergas tem finalidade de absorver tensões que se concentram no contorno dos vãos, por isso utiliza-se o trespasse mínimo de 30 cm de um elemento que deve conter armadura e esta deve estar envolta em graute. Caso estes elementos não sejam executados da maneira correta, as tensões não serão absorvidas pela armadura da maneira adequada, e conseqüentemente haverá solicitações indesejadas na estrutura e aparecimento de patologias como fissuras a 45° nos cantos destas aberturas. O grauteamento das vergas e contra-vergas deve ser realizado de maneira contínua e dimensionado como uma viga (depende do tamanho do vão). Nesse caso, a melhor solução seria concretar as canaletas antes de continuar a elevação da alvenaria e não conforme é apresentado na Figura 8.

Fica evidenciado na obra analisada um número elevado de improvisações que persistem na execução da obra, embora a empresa já trabalhe com este sistema construtivo há bastante tempo. Isso demonstra que os profissionais (engenheiros, mestres de obra, oficiais e ajudantes) devem passar por um processo de reciclagem, de modo a evitar esses vícios.



**Figura 7 – Sequência esquemática de execução dos Shaft.**



**Figura 8** – Vergas parcialmente preenchidas.

Além disso, o desenvolvimento de empreendimentos conforme o exposto deve ser refeito desde a etapa de projeto, de modo a se adequar as condições construtivas para a alvenaria estrutural.

## 4 Proposta de Postura para Sistemas Construtivos de Alvenaria

As tecnologias e o conjunto de informações disponíveis atualmente oferecem uma grande diversidade de alternativas possíveis para resolver um determinado problema construtivo. O pensamento sistêmico pode auxiliar na tomada de decisão, desmembrando a situação-problema a partir de uma parte constituinte, demonstrando como se articula com as demais partes do sistema em consideração. Ou seja, a estruturação das situações-problema e suas possíveis soluções quando analisadas de forma sistêmica e sistemática, podem propiciar uma melhor visualização e diagnóstico das partes e suas interações, permitindo assim, a configuração mais viável.

O pensamento sistêmico é importante para o planejamento e o controle de empreendimentos, e permite a perfeita execução dos trabalhos. Este processo permite entender melhor cada elemento, subsistema e as interações entre estes, proporcionando a implantação de soluções em produtos e serviços de forma inovadora, o que auxiliará na melhoria da qualidade das obras MANDOLESI (1981) e RIBEIRO e MICHALKA (2003).

O benefício fundamental da tecnologia do pensamento sistêmico é o aumento do entendimento do sistema e dos processos construtivos, facilitando assim, as atividades de planejamento, projeto, execução e manutenção e conseqüentemente melhorando a produtividade. Também se verifica o aumento da produtividade na etapa de reengenharia dos sistemas construtivos

através do reuso/readaptação das edificações e garantia de qualidade. Isso pode facilitar o desenvolvimento de novas edificações ao se examinar como sistemas similares foram construídos e assim alimentar uma documentação para basear as equipes de projetistas com mais informações, propiciando condições para tomada de decisões de forma adequada em novos projetos, BRAGA (2012).

Sob essa perspectiva, foi aplicado o método do pensamento sistêmico associado a técnicas que permitiram a implementação de análises e soluções técnicas no sistema construtivo em alvenaria estrutural para edificações residenciais multifamiliares.

Como proposta de postura para o método foi sugerida a criação de um organograma que pudesse ser utilizado em qualquer obra de alvenaria estrutural, e que fosse de fácil utilização e compreensão por estagiários, encarregados, mestres de obra e engenheiros. É importante ressaltar que o mesmo ainda poderá ser desmembrado em cada subsistema constituinte da construção, o que permitirá cada vez mais o detalhamento das interferências deste sistema construtivo.

Através do acompanhamento da obra foi observado que a equipe conhecia o processo construtivo, entretanto algumas etapas eram iniciadas sem que a sua predecessora fosse finalizada (por exemplo, só continuar a elevação da alvenaria após o grauteamento das vergas). Havia situações em que a conferência do serviço era feita de forma tardia, e sem nenhum conhecimento dos limites toleráveis por norma. A exigência teria que ser periódica para que a ideia fosse implementada da maneira planejada desde a etapa de concepção.

Esse esquema permite inclusive a montagem de um “check list”, que poderia ter aprimoração constante e adaptado para ser utilizado em “smartphones”, “tablets” ou outros aparelhos, se tornando uma ferramenta portátil, de fácil preenchimento, e que transmitira informações em tempo real para o responsável da obra, ou até mesmo para a central de informações da empresa.

De forma geral, esse estudo permitiu que fossem analisadas questões teóricas e práticas sobre a modulação e compatibilização de projetos e sua implicação nos resultados e na execução de obras de alvenaria estrutural. Diante disto, propõem-se algumas posturas/diretrizes para a adoção em empresas construtoras e escritórios de projetos (arquitetônico, estruturais, instalações, entre outros) para o gerenciamento de projetos/empreendimentos que estejam em andamento ou que sejam projetados no futuro, a fim de otimizar sua elaboração e a execução e evitar incompatibilizações, com problemas construtivos e elevação dos custos, mantendo-o atrativo técnica e economicamente.

A proposta de posturas/diretrizes consiste em interações entre as etapas de desenvolvimento de um empreendimento, conforme Figura 9. Estas interações são compostas por atividades e pessoas que devem se articular/trabalhar de forma integrada e sistêmica. A seguir, detalham-se estes pontos e as interações existentes.

- **Planejamento:** é a etapa inicial do empreendimento e envolve as atividades de elaboração do anteprojeto, o qual se vislumbra o que se deseja edificar. Ao mesmo tempo, devem ser realizados estudos de viabilidade (financeira, ambiental, logística, legislativa, entre outras). Como resultado, tem-se a criação de um memorial descritivo de obra, definidos objetivos e a viabilidade do projeto. É uma fase muito subjetiva, mas com uma capacidade enorme de resolver alguns problemas que podem surgir nas fases seguintes, devendo para isto se basear em dados confiáveis e conter uma equipe

bem engajada e conectada por ambiente colaborativo ou grupo de trabalho virtual para facilitar a comunicação e o envio de informações. A decisão do processo construtivo é feita neste momento logo, caso haja mudança neste quesito, deve-se reiniciar todo o processo novamente por esta etapa.

- **Projeto:** a segunda etapa terá como base as informações e decisões elaboradas no planejamento. Nesta fase, tem-se o detalhamento dos projetos (que devem ser estruturados pensando na obra como um todo, do projeto até a manutenção), sendo que o arquitetônico é o primeiro a se iniciar, seguido pelos demais, contudo estes devem ser confeccionados e terminar juntos. Estes projetos são criados de maneira compatibilizada e seguindo a modelação de alvenaria estrutural desde o início, tendo um profissional gestor (compatibilizador), com conhecimentos de gerenciamento, técnicas

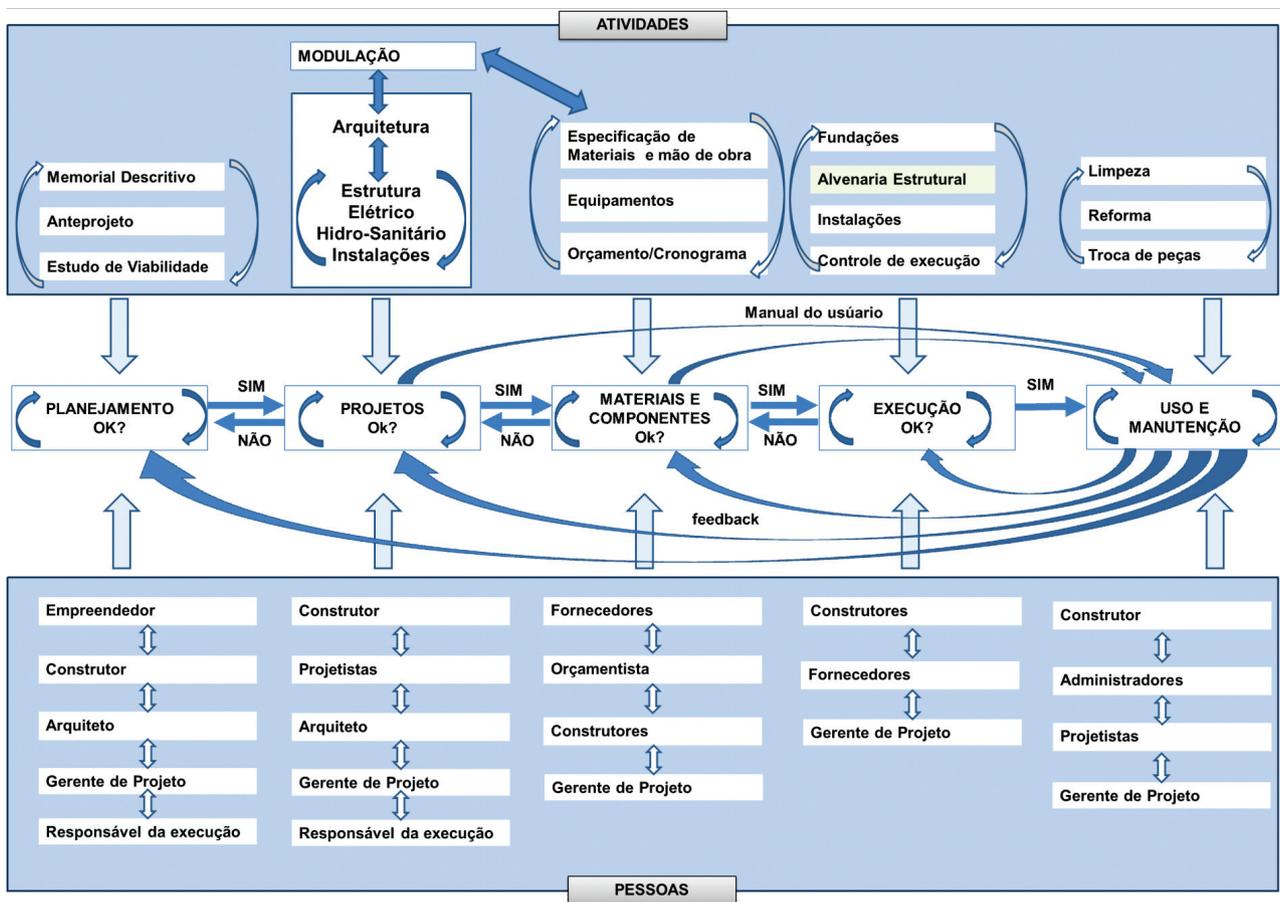


Figura 9 – Organograma das interações e gerenciamento de projeto e empreendimentos de alvenaria estrutural de forma compatibilizada e sistêmica.

projetivas e de execução como líder. Como geralmente os projetistas não trabalham em um mesmo escritório, pode-se usar ambiente extranet, tecnologias BIM com a busca da compatibilização (evitando falhas e interferências entre os projetos), por exemplo, com o uso de ferramentas 3D, maquetes eletrônicas e/ou sobreposições de desenhos. O compatibilizador deve possuir uma visão de todas as etapas projetivas e construtivas, além de conhecer o empreendimento como um todo, seus fornecedores e objetivos. Indica-se a produção de um projeto de construção que reúna todas as informações básicas necessárias para o desenvolvimento das atividades de execução da obra. Ressalta-se a necessidade de representantes dos responsáveis pela construção participando na elaboração dos projetos.

- **Materiais e componentes:** esta etapa é elaborada juntamente com o projeto permitindo assim que se possa tomar decisões nos projetos segundo os equipamentos, materiais e mão de obra disponíveis e necessários para a execução, uso e manutenção do empreendimento. Nesta etapa, projetistas, construtores, orçamentistas e fornecedores se juntam para fechar a parte técnica de modo a viabilizar a plena execução da edificação. Para tanto são desenvolvidas especificações de técnicas construtivas, materiais de construção, equipamentos e mão de obra que serão utilizados durante a execução da obra e manual do usuário, a fim de facilitar o uso e manutenção do empreendimento.

- **Execução:** consiste na execução da edificação baseada nos projetos e especificações elaboradas nas etapas anteriores. Constitui-se por diversas atividades (infraestrutura, estruturas, acabamentos, entre outras) que são desenvolvidas/executadas de acordo com cronograma/orçamento previsto anteriormente. Além da execução o controle de obra também é muito importante nessa etapa, conferindo se o construído está adequado ao projetado e dando retorno a equipe de gerenciamento para ajustes do projeto/planejamento atual e de empreendimentos futuros. Neste etapa tem-se a materialização dos projetos e geralmente é fase em que os problemas, conforme no estudo de caso, aparecem. Assim, propõe-se: a padronização de todas as atividades desenvolvidas no canteiro de obra; treinamento da mão de obra (no início e cursos periódicos de reciclagem); organização do canteiro conforme projetos, etapas de construção, equipe de trabalho e disposição de materiais e equipamentos disponíveis; respeito rigoroso aos condicionantes normativos e desenvolvimento deste pensamento de interação entre as atividades construtivas e seu ordenamento ao longo do tempo.
- **Manutenção:** A manutenção é a ferramenta que garante uma vida prolongada e funcional ao empreendimento. Atividades como limpeza e reformas e também reposição de peças são realizadas a fim de fornecer um bom funcionamento de todos os equipamentos para os usuários. Como os projetos de alvenaria

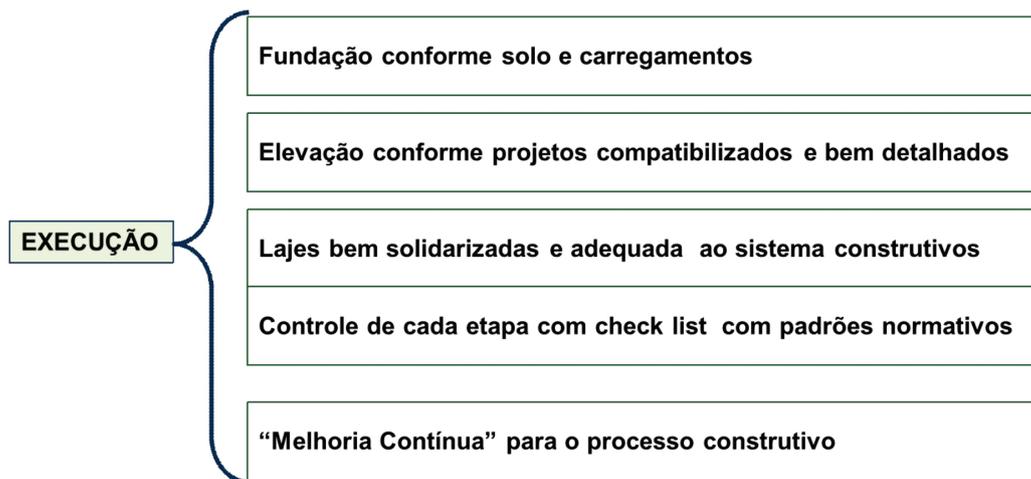


Figura 10 – Esquema de controle sistêmico da etapa de execução para alvenaria estrutural.

estrutural geralmente, não contemplam a remoção de paredes, é imprescindível a construção de manual de usuário e indicação aos usuários sobre os riscos e impossibilidade de alterações do layout. No processo de manutenção pode-se coletar informações sobre o funcionamento da estrutura, permitindo que projetistas, construtores e empreendedores possam criar um banco de dados que possa ser usado em novas construções e manutenções posteriores.

A proposta mostrada visa fornecer a empreendedores, projetistas e construtores uma visão sistêmica do processo de construção, e garantir que estes empreendimentos sejam executados de forma eficiente, com resultados eficazes para todos os envolvidos no processo, desde o empreendedor até o cliente; assim como, atender as questões de segurança, habitabilidade e ambiental.

Percebe-se que a modulação e compatibilização de projetos tem sua verificação de qualidade na fase de execução. Contudo todo o processo é importante para que não só os projetos estejam adequados, mas também, para que toda a edificação esteja inserida em um ambiente de forma adequada e sem gerar danos/problemas durante a sua construção e vida útil.

## 5 Conclusões

Os objetivos propostos neste trabalho foram atendidos e permitiram avaliar o desempenho do processo construtivo utilizando alvenaria estrutural. Através do estudo de caso, perceberam-se as implicações de erros de execução e práticas ruins na qualidade da alvenaria estrutural, desenvolvendo uma análise crítica sobre quais processos são os mais adequados e em qual tipo de situação cada um seria mais apropriado. É de suma importância a realização de curso de reciclagem e atualização para profissionais e projetistas da área em prol da melhor qualificação deste sistema construtivo.

O acompanhamento da obra permitiu analisar o ciclo completo da alvenaria e realizar uma análise com as normas vigentes. A obra não apresentou uma alvenaria estrutural de qualidade, com alguns procedimentos que não se encaixam nas exigências normativas e precisavam ser reavaliados e reformulados para que o desempenho ideal fosse alcançado. Acredita-se que com a impletação das medidas elencadas e esta visão mais sistêmica a respeito do processo construtivo, pode-se melhorar a qualidade dos empreendimentos de alvenaria estrutural.

Diante do exposto, é imprescindível perceber e entender a diversidade de alternativas possíveis para se desenvolver um processo construtivo de qualidade, a partir da articulação das diversas partes constituintes do empreendimento. O uso de uma abordagem sistêmica é muito importante para compreender como alterações em uma parte geram a necessidade de alterações devidamente coordenadas com as demais. A estruturação dos problemas e soluções de forma articulada e sistematizada proporciona uma melhor visualização e análise dos elementos e suas interações, permitindo assim a escolha/decisão da forma mais acertada.

Para que todo este processo funcione de forma eficiente é importante se ter esta cultura implantada na (s) empresa (s), com profissionais qualificados e com capacidade de interação (trabalhos em equipe) e, se desenvolver uma coleta de dados confiáveis para abastecer o banco de dados e ajudar nas tomadas de decisão. Esta metodologia proposta permite avaliar vários pontos importantes e, até colocar pesos, de acordo com a relevância dos critérios de julgamento, encontrar o encaminhamento crítico, seja durante a execução da obra ou mesmo durante a manutenção/limpeza.

Pode-se concluir que as empresas, mesmo trabalhando com a alvenaria estrutural há muitos anos, ainda executam algumas atividades de maneira inapropriada. Sendo assim, a utilização de um procedimento com padrão normatizado, conforme apresentado no escopo do trabalho, seria uma solução adequada para que as empresas seguissem de maneira correta e evitassem situações onde o processo esteja sendo executado da maneira errada. Isso facilitaria a conferência do serviço tanto para funcionários quanto para possíveis auditorias externas com possibilidade de certificação.

## Referências

- ALVARENGA, R. C. S. S. Mestrado em engenharia civil – Alvenaria Estrutural. Viçosa, 2011. (Notas de Aula).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-1: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-2: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: Blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 2007.

BRAGA, R. Engenharia reversa e reengenharia. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/38229403/Engenharia-Reversa-e-Reengenharia>>. Acessado dia 31/03/2012, às 12:29.

CAMACHO, Jefferson. Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural. Ilha Solteira-SP: NEPAE 2006.

MANDOLESI, E. Edificación. El proceso de edificación. La edificación industrializada. La edificación del futuro. Barcelona: Ed. CEAC, 1981.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. 174p. Editora PINI, São Paulo, SP, 2003.

RIBEIRO, M. S.; MICHALKA Jr, C. A contribuição

dos processos industriais de construção para adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil. In. Vértices. Ano 5. Nº 3 set/dez. 2003.

SAMPAIO, Marliane Brito. Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural. 2010. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo.

SÁNCHEZ, E. Norma Normalização Brasileira para a Alvenaria Estrutural. Editora Interciencia. 420 pg. Rio de Janeiro. 2013.

TAIL, C. A. NESSE, F. J. M.; Alvenaria estrutural. Editora PINI, São Paulo, SP, 2010.

**Obs:** em **Referências**, o nome do livro ou estudo, é escrito em **negrito**. Favor indicar o que deve ser **negrito**.