

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA – DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

**NOVO MODELO DE PROJETO DE PRODUÇÃO PARA
EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA
ESTRUTURAL**

Sabrina Tavares Ferreira

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Engenheiro.

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

MARÇO DE 2015

NOVO MODELO DE PROJETO DE PRODUÇÃO PARA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Sabrina Tavares Ferreira

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

Elaine Garrido Vazquez
Prof^o. Adjunto, D.Sc., EP/UFRJ (orientador)

Wilson Wanderley da Silva
Prof^o. Convidado, EP/UFRJ

Ana Catarina Jorge Evangelista
Prof^a. Convidada, EP/UFRJ

RIO DE JANEIRO – RJ, BRASIL

MARÇO 2015

Ferreira, Sabrina Tavares

Novo modelo de projeto de produção para execução de edificações em alvenaria estrutural/ Sabrina Tavares Ferreira– Rio de Janeiro: POLI/UFRJ, 2015.

vi, 60 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

Monografia (Graduação) – POLI/ UFRJ/ Curso de Graduação em Engenharia Civil, 2014.

Referencias Bibliográficas: p. 61-63.

1. Introdução, 2. Racionalização e produtividade - Normas, 3. Alvenaria estrutural 4. Estudo de Caso, 5. Conclusões. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Curso de Graduação em Engenharia Civil. Título.

Dedicado à minha mãe pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por estar ao meu lado em todos os momentos, me apoiando em qualquer situação e pela dedicação incondicional dela a nossa família, a ela meu eterno obrigada. Ao meu pai, por acreditar nos meus sonhos e por dedicar sua vida ao trabalho proporcionando para mim o melhor exemplo que eu poderia ter. À minha irmã Rafaela pela paciência e companheirismo de uma vida inteira. À minha Tia Rosane por ser minha segunda mãe, pela sabedoria e pelos primeiros conselhos. Aos meus primos Rodrigo e Marcelo, meus irmãos por escolha, por serem grandes incentivadores nas decisões tomadas por mim. À minha avó Russa por sempre desejar o melhor para o meu futuro.

Aos meus amigos da UFRJ pela amizade, experiências vividas e aflições compartilhadas ao longo destes anos que tornaram esta fase da minha vida mais feliz. Em especial a Bárbara, Louise, Larissa, Stela, Anália, Júlia, Luciana e Raul, divido esta vitória com vocês.

À minha amiga Fernanda pelos 22 anos de amizade e por estar presente em momentos importantes da minha vida.

Aos meus chefes Rodrigo e Bruna pelo suporte na construção desta monografia que muito me ajudou na conciliação das minhas atividades como formanda e, também, por acreditarem em mim como engenheira. Ao Gustavo pelo exemplo de liderança e apoio na minha decisão de fazer intercâmbio.

À professora e amiga Elaine por me motivar em vários momentos ao longo deste período como aluna da UFRJ e por acreditar nas melhorias do curso de engenharia civil. Agradeço pela orientação neste projeto, desde o início em 2011, sem a qual não teria sido concluído.

Resumo da Monografia apresentada à POLI/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheira Civil.

NOVO MODELO DE PROJETO DE PRODUÇÃO PARA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Sabrina Tavares Ferreira

MARÇO/2015

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

Curso: Engenharia Civil

A escassez de mão de obra se coloca, atualmente, como um dos principais gargalos do setor de construção civil. Empresas começam a tratar a tecnologia construtiva em seus empreendimentos objetivando a proposição de sistemas, processos e métodos construtivos menos dependentes de mão de obra experiente. Dentro deste contexto, é que se propõe este trabalho. Desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa, que tem uma grande construtora brasileira como parceira, entendeu-se que um dos caminhos para mitigar o problema: seria o de contar com quadros profissionais ingressos de outros setores produtivos. Para tanto, além de um programa de capacitação próprio, haveria a necessidade de projetos de produção capazes de serem facilmente compreendidos por uma mão de obra menos experimentada. Assim, este trabalho objetiva a proposição de um novo modelo de apresentação de projetos para produção, neste caso, específicos à execução de alvenaria estrutural. Após revisar a literatura e, tomando uma obra em execução como laboratório, propôs-se, aplicou-se e validou-se um novo modelo de projeto de produção que busca a racionalização dos processos produtivos. A eficácia na aplicação deste modelo pode ser verificada a partir dos prazos, qualidade e produtividade alcançados pela equipe, quando comparados os valores referenciais de mercado.

Palavras-chave: alvenaria estrutural, padronização, sistemas produtivos

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI / UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Civil Engineer.

NEW PRODUCTION PROJECT MODEL FOR THE EXECUTION OF MASONRY BUILDINGS

Sabrina Tavares Ferreira

MARCH/2015

Advisor: Elaine Garrido Vazquez

Course: Civil Engineering

The lack of workforce, recently, has become one of the mayor problems in the civil construction sector. Many enterprises started to treat the technology employed in theirs ventures, focusing and suggesting methodologies, systems and process that are less dependent of experienced workers. Following this context, a research was proposed, looking for solutions and new perspectives. Supported and aided by an important Brazilian building enterprise, it was thought that one alternative path outside this actual problem, might be importing other sector's productive roles and features. Aiming that, besides an own capacitating program, it appeared necessary the application of production plans that could be easily understood by a less experienced workforce. Therefore, the research looked for the installation of a new model of production plan, on the specific case, in structural masonry. After carefully studying the available sources of information inside the theme, and taking a building under construction as laboratory, characteristics and the proper operation of the proposed production plan could be observed and tested. The effectiveness in the application of this model can be verified from the deadlines, quality and productivity levels reached by the analyzed team, in comparison with the market's overall values.

Keywords: structural masonry, standardization, production systems

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE QUADROS.....	12
ÍNDICE DE TABELAS.....	13
1INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Apresentação do tema.....	14
1.2 Objetivo.....	14
1.3 Justificativa.....	14
1.4 Método.....	14
1.5 Descrição dos capítulos.....	15
2APRENDIZAGEM E PROJETO DE PRODUÇÃO.....	16
2.1 O planejamento e as curvas de aprendizagem.....	16
2.1.1O significado da curva de aprendizagem.....	16
2.1.2Os principais fatores que influenciam as curvas de aprendizagem.....	16
2.1.3Setores de utilização das curvas de aprendizagem.....	17
2.1.4A aplicação das curvas de aprendizagem nas empresas da construção civil.....	17
2.1.5A importância do conhecimento das curvas de aprendizagem nas empresas da construção civil.....	18
2.2 Projeto de Produção.....	18
2.2.1O significado de projeto.....	18
2.2.2Tipos de projeto.....	19
2.2.3Projetos e patologia.....	20
2.2.4O significado do projeto no contexto do empreendimento.....	21
2.2.5Conceito de Projeto de Produção.....	21
2.2.6 A importância do projeto na cadeia produtiva.....	22
2.2.7Premissas do projeto de produção.....	22
2.2.8O projeto para produção como agente de mudança da fase de projeto.....	23
3ALVENARIA ESTRUTURAL.....	23
3.1 Introdução.....	24
3.2 Histórico.....	24
3.3 Componentes da alvenaria estrutural.....	24
3.3.1Blocos de concreto vazados.....	25
3.3.2Argamassa para assentamento de blocos.....	26
3.3.3Graute.....	27
3.3.4Armadura.....	27
3.4 - Coordenação Modular.....	28
3.4.1– Objetivos da coordenação modular.....	28
3.4.2– O módulo.....	30
3.4.3– O submódulo.....	30

3.5	Recomendações técnicas para alvenaria estrutural.....	31
3.5.1	Recomendações técnicas para execução de projetos.....	31
3.5.1.1	Amarração das paredes.....	31
3.5.1.2	Juntas de controle.....	32
3.5.1.3	Juntas de assentamento.....	32
3.5.1.4	Lajes.....	33
3.5.1.5	Vergas e contra vergas.....	33
3.5.1.6	Cintas de Amarração.....	33
4	ESTUDO DE CASO.....	34
4.1	Parceria POLI/UFRJ e construtora imobiliária.....	34
4.2	Estudo de caso.....	34
4.3	Novo projeto de produção.....	34
4.3.1	Estudo inicial.....	34
4.3.2	Equipe de assentamento.....	35
4.3.3	Cartilhas.....	35
4.3.4	Marcação.....	35
4.3.5	Diferenciação de cores.....	36
4.3.6	Localização da equipe de trabalho.....	37
4.3.7	Tipo e quantificação dos blocos.....	37
4.3.8	Particularidades das fiadas.....	38
4.3.9	Posicionamento dos blocos elétricos.....	38
4.3.10	Sequência da elevação.....	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Consumo médio de Homem-hora (Hh) até a data de execução do serviço de alvenaria em um edifício de pavimento-tipo.....	18
Figura 2: Consumo médio até a data de execução do serviço de reboco de teto de um edifício.....	18
Figura 3: Origens de problemas patológicos das construções.....	20
Figura 4: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.....	21
Figura 5: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício.....	21
Figura 6: Conjunto Habitacional ‘Central Parque da Lapa’	24
Figura 7: Elementos da alvenaria estrutural.....	24
Figura 8: Blocos cerâmicos.....	25
Figura 9: Alvenaria de blocos vazados.....	26
Figura 10: Graute.....	27
Figura 11: Aumento da resistência à compressão de paredes x aumento da resistência à compressão dos grautes.....	27
Figura 12: Armadura utilizada na alvenaria estrutural para absorção dos esforços.....	28
Figura 13: Valores médios de resistência à compressão.....	28
Figura 14: Reticulado modular espacial de referência.....	31
Figura 15: Amarrações em L e T.....	32
Figura 16: Representação esquemática entre juntas de controle e de dilatação.....	32
Figura 17: Cinta de amarração.....	33
Figura 18: Projetos 5ª e 6ª fiadas.....	35
Figura 19: Projeto de posicionamento de escantilhões.....	36
Figura 20: Obra West Residencial, Campo Grande, Rio de Janeiro.....	36
Figura 21: Esquema simplificado da planta baixa da edificação.....	37
Figura 22: Esquema simplificado da planta baixa da edificação.....	38
Figura 23: Posicionamento dos pontos elétricos.....	38
Figura 24: Posicionamento dos pontos elétricos.....	38
Figura 25: Obra West Residencial, Campo Grande, Rio de Janeiro.....	39
Figura 26: Sequência de paredes.....	39
Figura 27: Cartilha do hall.....	39

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Razões que explicam o efeito aprendido.....	16
Quadro 2: Problemas da construção civil relacionados às linhas de aprendizagem.....	17
Quadro 3: Tipo de projeto.....	20
Quadro 4: Premissas básicas da implementação do projeto de produção.....	23
Quadro 5: Componentes da alvenaria estrutural.....	25
Quadro 6: Características dos blocos de alvenaria estrutural.....	25
Quadro 7: Características dos blocos de alvenaria estrutural.....	26
Quadro 8: Objetivos da coordenação modular.....	29
Quadro 9: Funções do módulo.....	30
Quadro 10: Cuidados exigidos pela alvenaria estrutural.....	31

ÍNDICE DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema

Segundo Franco (2001), os empreendimentos em alvenaria estrutural surgem no mercado como alternativas de custo e racionalização construtiva, sendo a coordenação e a compatibilização, imprescindíveis desde o início do processo a fim de gerenciar o grande número de interferências e inter-relações entre os subsistemas de forma a garantir a qualidade e o sucesso do empreendimento.

Para se garantir a redução de custos e a racionalização é necessário também controlar a qualidade da mão de obra. Hoje, o mercado da Construção Civil apresenta escassez de trabalhadores, e ainda sofre com a não qualificação daqueles que atuam no ramo. De acordo com levantamento feito em 2011 pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (Cbic), 89% entre 385 empresas da construção civil pesquisadas sofrem com a falta de trabalhadores qualificados, e 94% das empresas têm dificuldades em encontrar profissionais com qualificação básica. A principal consequência da falta de qualificação é a dificuldade no aumento da produtividade. (Revista Exame, 2012).

Com base nas informações citadas, este trabalho apresenta um estudo que aborda a racionalização dos processos envolvidos no sistema de Alvenaria Estrutural como ferramenta de auxílio de projetos de produção.

1.2 Objetivo

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a produtividade em obras que utilizam o sistema de alvenaria estrutural, através da elaboração e aplicação de projetos de produção específicos. Os projetos de produção foram produzidos para serem utilizados por uma equipe própria de uma empresa, que estava inserida em um programa de qualificação de mão de obra. Estes projetos visam permitir a rápida assimilação de seu conteúdo para facilitar e agilizar o processo construtivo, com o objetivo de integrar

a mão de obra inexperiente e ainda desqualificada, de forma eficaz e eficiente, à rotina do meio da construção civil.

1.3 Justificativa

Atualmente, vem acontecendo uma progressiva busca de racionalização dos processos construtivos, visando ao aumento da produtividade e à redução dos custos de construção, resultando em uma demanda crescente por projetos de edifícios em alvenaria estrutural racionalizada.

A grande competitividade do mercado atual, no entanto, demanda soluções que, associadas ao processo construtivo em alvenaria estrutural, melhorem a eficiência do processo, eliminando etapas construtivas, minimizando interferências entre os subsistemas, elevando a qualidade do produto final. Além da contratação de mão de obra especializada que consiga atender à exigência presente no mercado.

Segundo Abd. Majid e McCaffer, 1998, a causa de maior peso para os atrasos nos cronogramas das obras é a não seleção de empreiteiros competentes que entendam aos prazos determinados pela gerencia da obra. É por isso, a necessidade da qualificação de mão de obra e da elaboração de projetos de produção que auxiliam o trabalho dos mesmos.

A dificuldade de se terceirizar uma empresa que atenda ao cronograma da contratante se tornou mais difícil com o recente crescimento do setor da construção civil. Isso se deve ao fato de muitos daqueles que trabalham no setor da construção civil, ingressou no meio devido à alta do mercado, e, não por aptidão pelas tarefas. Segundo pesquisa divulgada pela FVG (fundação Getúlio Vargas) relata que 17,8% dos trabalhadores ocupados na construção civil frequentaram cursos de educação profissional. Na pesquisa foram analisados dezesseis setores, entre esses os que apresentaram menores porcentagens de pessoas formadas são de agronegócio (7%), outros (13,54%) e construção civil (17,8%).

1.4 Método

Para realização deste projeto, dividiu-se o trabalho em três partes: revisão bibliográfica, proposta e visitas à obra para a elaboração dos projetos.

A alvenaria estrutural e o projeto de produção são apresentadas por meio de pesquisa bibliográfica. Através da definição de alvenaria estrutural e das principais metodologias executivas, pretendem-se avaliar as vantagens da implementação desta metodologia construtiva. Também será definido o projeto de produção como meio de assimilação mais rápida do projeto auxiliando a um aprendizado mais rápido do operário.

Em seguida, junto com o engenheiro da obra foi definido a proposta do projeto de produção. Nesta etapa foram discutidos que detalhes seriam destacados no projeto como: quantificação de blocos, detalhes do material e layout.

Em complemento às pesquisas, o grupo de estudos visitou, frequentemente, a obra a fim de assimilar a proposta do projeto à realidade da obra.

1.5 Descrição dos capítulos

O presente trabalho está dividido em seis capítulos: Introdução; Racionalização e produtividade, normas; Alvenaria estrutural; Estudo de caso; Considerações finais.

O primeiro capítulo pretende mostrar uma contextualização do tema abordado, justificando a escolha do tema, seus objetivos, a metodologia adotada, a organização do conteúdo e a importância do tema.

O segundo capítulo de forma geral a importância da aprendizagem e dos projetos de produção na construção civil. Em relação ao primeiro assunto serão relatados como o acompanhamento do rendimento de tarefas repetitivas pode ser vantajoso para o planejamento da obra gerando indicadores eficientes. O segundo mostra as vantagens dos investimentos em projetos de produção para o boa relação entre planejadores e os operários no canteiro de obra para a boa execução de serviços.

O terceiro capítulo abordará de maneira mais detalhada a metodologia construtiva: alvenaria estrutural. Relatando o histórico desde as primeiras obras relatadas até seu papel no setor, hoje. Os componentes necessários para elevação de uma parede com este

tipo de bloco serão descritos, assim como a coordenação modular. Por fim, avaliação das vantagens deste método construtivo.

O quarto capítulo relatará o estudo de caso que foi feito entre alunos da UFRJ e uma construtora para a criação de projetos de produção que aperfeiçoassem o assentamento de blocos de alvenaria estrutural. As cartilhas dos projetos serão apresentadas, assim como o estudo prévio feito pela construtora para basear os estudantes.

O trabalho é finalizado com o sexto capítulo que reserva-se para as conclusões, onde serão formuladas as conclusões acerca do tema abordado e as considerações finais, além de sugestões para trabalhos futuros.

Por último, serão apresentados as referencias bibliográficas que serviram de referência para o projeto.

2 APRENDIZAGEM E PROJETO DE PRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é relatar como acontece o processo de aprendizagem dos operários da obra em relação às tarefas diárias deles através da repetição das mesmas. E em complemento, como o projeto de produção pode ser um meio de comunicação mais simples para aqueles que o consultam possam assimilar mais facilmente os detalhes do projeto.

2.1 O planejamento e as curvas de aprendizagem

O planejamento do cronograma de uma obra é uma tarefa delicada. Isto se deve ao fato de depender da experiência de quem esta a frente do projeto para determinar a duração dos serviços.

Independente de quais sejam as técnicas utilizadas pelas construtoras para executarem os seus planejamentos, os valores da produtividade dos serviços têm de ser conhecidos para a obtenção dos prazos das atividades e dos tamanhos das equipes que irão executar essas tarefas. O período de execução de uma atividade é, geralmente, determinado de acordo com a experiência de quem está executando o planejamento.

Geralmente, os valores utilizados como índices de produtividade são determinados através das durações dos mesmos serviços acompanhados em outras obras da mesma empresa. Entretanto, estes serviços não são nivelados pelo nível da experiência da equipe em relação ao serviço executado. Por exemplo, se é a primeira vez que o operário tem contato com o projeto ou se tem experiência com o mesmo.

A aprendizagem motora foi delimitada como sendo a área de estudo preocupada com a investigação dos mecanismos variáveis responsáveis pela mudança no comportamento motor de um indivíduo (SCHIMIDT apud SANTOS, 1999) ou, de

forma mais simples, a área que estuda os fatores que influenciam a aquisição e a manutenção de movimentos habilidosos (MAGILL apud SANTOS, 1999).]

Assim, o presente trabalho relatará como as linhas de aprendizagem através da repetição de tarefas podem influenciar no planejamento do cronograma da obra. Dessa forma, os valores de produtividade, até então considerados absolutos, serão, de agora em diante, tratados como valores que podem crescer de acordo com o efeito aprendido das equipes executoras dos serviços.

2.1.1 O significado da curva de aprendizagem

As curvas de aprendizagem analisam um fenômeno bem conhecido e facilmente observado: seres humanos ficam crescentemente eficientes com a experiência. Por exemplo, a primeira vez em que um pedreiro executa uma alvenaria, ele é, indubitavelmente, ineficiente no seu trabalho. Como ele ganha experiência com o passar do tempo, provavelmente melhora suas paredes, executando-as com as seguintes características: de modo mais rápido, com melhor qualidade, com menor desperdício e com custos reduzidos.

Através da experiência adquirida, há um declínio de custos, e a eficiência e a qualidade melhoram. Lawrence (1996) afirma que, em muitas situações, este padrão de melhoria segue um caminho previsível: em todo dobro de produção, o custo de produção (medido em dinheiro, horas ou em outra unidade) decai para alguma fração do custo anterior. Segundo Schimidt apud Santos (1999), a aprendizagem motora é um conjunto de processos associados com a prática ou a experiência, conduzindo a mudanças relativamente permanentes na capacidade de se executar um desempenho habilidoso. Esse aumento da aprendizagem é representado pela curva de aprendizagem.

2.1.2 Os principais fatores que influenciam as curvas de aprendizagem

Os fatores que afetam a produtividade podem ser organizados em grupos, tais como mão de obra, aspectos de projeto e conteúdo do trabalho, condições ambientais, práticas gerenciais de controle, métodos de execução e estrutura organizacional do projeto (Thomas et al. apud Oliveira e Oliveira, 1999).

Parte dos fatores que influenciam o aumento da produtividade pode sofrer ações positivas, tais como: treinamento, qualificação e motivação de pessoal, utilização de equipamentos mais adequados, organização dos locais de trabalho, planejamento e controle da produção, fluxo de materiais, fluxo de informações e adoção de práticas gerenciais que visem o aumento da produtividade. Entre os fatores citados anteriormente, nos trabalhos de caráter repetitivo, surge o efeito aprendizagem, representado graficamente pela curva de aprendizagem, onde, após o operário já ter executado várias vezes uma tarefa, ele adquire maior confiança e agilidade em sua execução. Porém, esse fenômeno só é possível se o trabalho for contínuo e repetitivo, ou seja, não ocorrerem interrupções nos processos e nem alterações do método executivo do serviço analisado, sendo este executado por uma mesma equipe de funcionários.

Segundo Heineck apud Oliveira et al. (1999), a repetição de uma tarefa, o treinamento e a aprendizagem na sua execução, enfim, a experiência, conduzem a um melhor desempenho, ou seja, a um aumento da produtividade. O quadro a seguir relata algumas razões que explicam o efeito aprendizado.

Quadro 1: Razões que explicam o efeito aprendizado

Razões que explicam o efeito aprendizado
Familiarização com o trabalho
Melhoria da coordenação da equipe e dos equipamentos
Melhoria da coordenação das tarefas
Melhor gerenciamento e supervisão no dia a dia
Desenvolvimento de melhores métodos de execução
Melhores formas de suprimento às tarefas
Redução de retrabalho

Fonte: THOMAS apud OLIVEIRA et al. (1999)

2.1.3 Setores de utilização das curvas de aprendizagem

As curvas de aprendizagem estão em toda parte onde há a melhoria contínua. Os gerentes perceberam que os processos estáveis tendem a melhorar ao longo do tempo em lugar de permanecerem os mesmos.

Segundo a NASA (1999), o conceito da curva de aprendizagem foi apresentado à indústria de aeronaves, quando a T. P. Wright publicou um artigo no Diário da Ciência Aeronáutica em fevereiro de 1936. Uma teoria básica foi descrita para se obter uma estimativa de custo baseada na produção repetitiva da montagem de aviões. Desde então, as curvas de aprendizagem foram aplicadas para todos os tipos de trabalho, das tarefas simples à trabalhos complexos, necessários à fabricação de uma nave espacial.

Segundo Staffelbach e Schüpfer (2000), no desenvolvimento de treinamento adequado na área de anestesia, há a necessidade de se definir o número de execução de procedimentos necessários para se alcançar uma taxa alta de sucesso futuro. As curvas de aprendizagem podem ser uma ferramenta útil para monitorar o processo de aprendizagem em uma instituição e entre indivíduos. A carga de 20 treinamento necessária por procedimento durante os programas de residência de anestesia pode ser calculada, assim, por um meio científico.

No meio da construção civil isto também é observado. Nos serviços de fôrma e armação de pavimentos tipos, pois o prazo determinado é menor que pavimentos como térreo e cobertura. Isso se deve ao fato das lajes tipo se repetirem algumas vezes, o que faz com que os operários através da repetição comecem a assimilar de forma mais rápida os detalhes de projetos e maior rapidez na execução das tarefas. Enquanto o térreo e a cobertura são únicos, o que faz com que o aprendizado seja mais demorado, tornando os serviços mais longos.

2.1.4 A aplicação das curvas de aprendizagem nas empresas da construção civil

A construção civil apresenta ganhos com o efeito aprendizado mais brandos que os da indústria da manufatura, da ordem de reduções de 10% no consumo médio de mão de obra ao dobrar-se o lote de produção (PANZETER apud MARCHIORI, 1998). Isso quer dizer que ao fim da segunda repetição de um serviço, observa-se que a mão de obra finaliza as tarefas com uma redução de 10% do tempo que na primeira repetição.

No quadro a seguir, estão listadas os problemas mais recorrentes na construção civil que estão relacionados as curvas de aprendizagem, segundo Gates e Scarpa (1972).

Quadro 2: Problemas da construção civil relacionados às linhas de aprendizagem.

Aplicação da curva de aprendizagem
Problemas de alocação de mão de obra.
Estabelecer previamente preços para projetos residenciais, onde o lucro dependerá do custo da construção.
Estimar o aumento da produtividade para obter um preço competitivo.
Negociar contratos com empreiteiros.
Planejar o suporte logístico prevendo um aumento da produtividade.

Fonte: GATES E SCARPA (1972)

Haneiko e Henry apud Souza (1996), analisando dados de produtividade relativos a uma grande construção industrial, concluíram que o efeito aprendido esteve presente em atividades de longa duração e que consumiram mão de obra significativamente. Confirmando isso, Segundo Heineck apud Marchiori (1998), se o trabalho for apresentado em grandes quantidades, de forma repetitiva e livre de interrupções, acompanhado do desenvolvimento de máquinas, ferramentas e de algum sistema de retribuição do esforço do trabalhador, a produtividade na atividade de alvenaria pode chegar a ter ganhos da ordem de 50% com os efeitos aprendido, continuidade e concentração. Logo, deve haver uma política de logística de suplementos para que não haja falha na reposição do material, assim como um plano motivacional para que os operários mantenham o empenho nas tarefas.

2.1.5 A importância do conhecimento das curvas de aprendizagem nas empresas da construção civil

De acordo com Lutz (1994), o desenvolvimento do aprendizado é a melhor realização do desempenho da produção durante os ciclos subsequentes, devido ao aumento do conhecimento sobre a tarefa que será executada e ao aumento da familiaridade com o local de trabalho.

A figura a seguir mostra que conforme há um avanço do cronograma na realização de tarefas repetitivas, o valor homem-hora por metro quadrado diminui. Os dados são referentes ao serviço de alvenaria em pavimentos-tipo

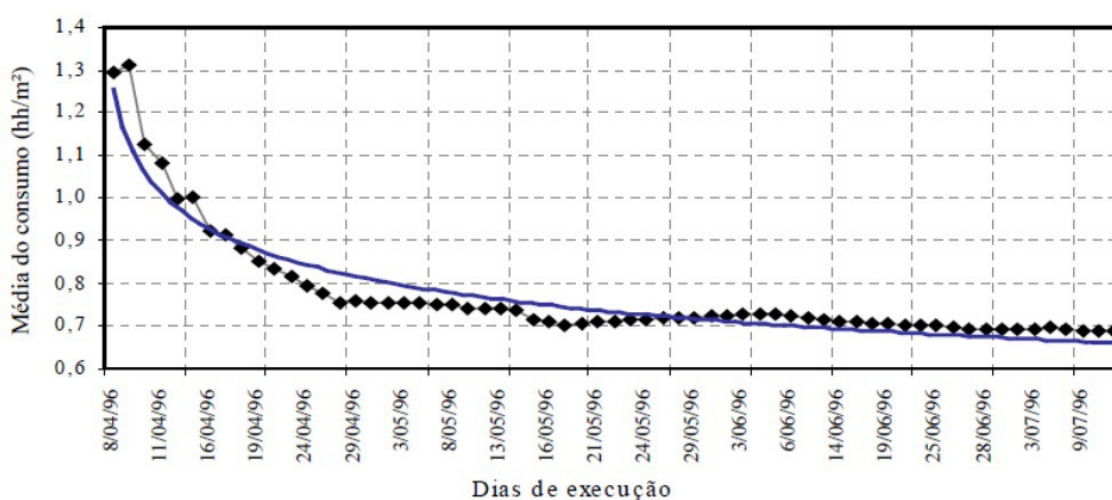


Figura 1: Consumo médio de Homem-hora (Hh) até a data de execução do serviço de alvenaria em um edifício de pavimento-tipo.

Fonte: Oliveira et al. (1998)

Segundo Bios Publications (2000), as empresas normalmente executam ineficientemente uma nova tarefa quando as estão enfrentando pela primeira vez ou quando mudam de um velho procedimento para um modo radicalmente diferente de executá-lo. As melhorias esperadas em velocidade e eficiência provocadas pela experiência acumulada têm sido representadas utilizando-se as curvas de aprendizagem.

Na mesma linha de raciocínio da figura anterior, pode-se avaliar o rendimento homem-hora por metro quadrado de um serviço não contínuo, no caso o reboco no teto de um edifício. Após, dois meses o rendimento dos operários, quase não mudou. Mantendo-se, praticamente, constante um pouco abaixo de 0,4 hh/m².

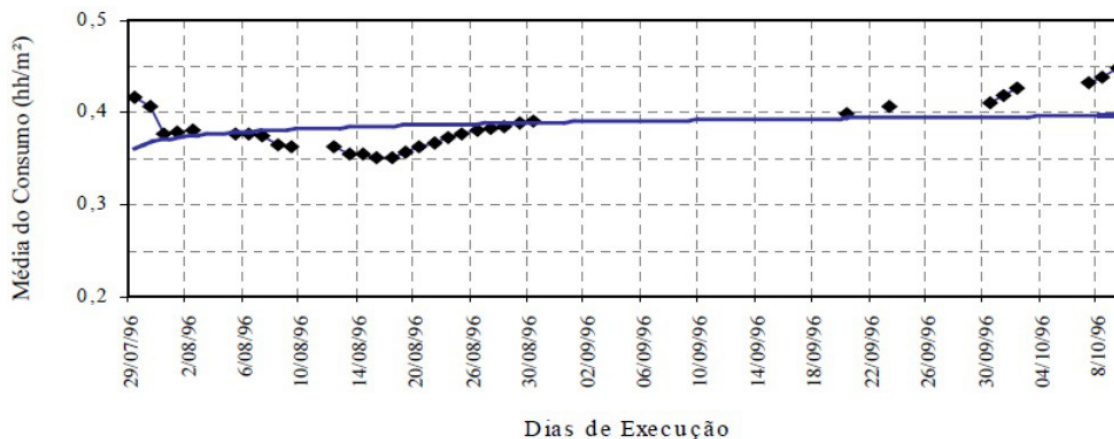


Figura 2: Consumo médio até a data de execução do serviço de reboco de teto de um edifício.

Fonte: Oliveira et al. (1998)

Modelando-se o fenômeno mostrado nas figuras anteriores, se obtém tempos e estimativas de custos mais realistas, que podem ocasionar uma disputa mais competitiva. Cheetam apud Marchiori (1998) apresenta um caso de alocação de mão de obra onde o gerente da obra se utiliza do efeito aprendido, representado na curva de aprendizagem, para reduzir o número de homens na equipe quanto mais a obra se aproxima do final.

2.2 Projeto de Produção

2.2.1 O significado de projeto

A maioria dos conceitos e definições de projeto estão relacionados à prática de projetar e criar e, nesse sentido, pode-se entender o projeto como sendo:

"... um processo para a realização de idéias que deverá passar pelas etapas

de: idealização, simulação (análise) e implantação (protótipo e escala de

produção)" (RODRIGUEZ, 1992);

"... um modelo de solução para resolver um determinado problema"

(MARQUES, 1992);

"... uma atividade criativa, intelectual, baseada em conhecimentos (...) mas

também em experiência (...) um processo de otimização" (STEMMER, 1988).

Por outro lado, é possível encontrar uma série de definições de projeto de um ponto de vista voltado aos resultados do mesmo, delineando o seu propósito individual:

"... é uma idéia que se forma de executar ou realizar algo, no futuro"

(FERREIRA, 1986);

"... a atividade de criar propostas que transformem alguma coisa existente em algo melhor" (McGINTY, 1984);

"... a ação de intervir ordenadamente, mediante atos antecipatórios, no meio ambiente. A ação pode manifestar-se em produtos, edifícios, sinais, avisos publicitários, sistemas, organizações, tanto em estruturas físicas como em estruturas não físicas" (BONSIEPE, 1983).

Assim, a idéia é mostrar que o projeto ultrapassa o conceito de produto final. Ele também mostra o seu papel do como procedimento na atividade de construir.

Neste contexto, o projeto deve ser observado como informação: tecnológica ou gerencial. A primeira se enquadra no caso de experiencias vistas em relação a detalhes construtivos ou locação de equipamentos a serem feitos, novamente. A segunda reporta ao planejamento e programação nas atividades que o projeto no qual o projeto esta vinculado como no caso de suprimentos e contratações de serviços.

Contudo, nota-se "uma freqüente dissociação entre a atividade de projeto e a de construção, sendo que o projeto geralmente é entendido como instrumento, comprimindo-se o seu prazo e o seu custo, merecendo um mínimo de aprofundamento e assumindo um conteúdo quase meramente legal, ao ponto de torná-lo simplesmente indicativo e postergando-se grande parte das decisões para a etapa de obra" (MELHADO & VIOLANI 1992a).

2.2.2 Tipos de projeto

Existem diversos tipos de projetos, a NBR 13.531:1995 sugeriu a classificação de projetos, conforme sua cronologia na execução da obra. A diferenciação é feita pelo o seu uso do projeto em diferentes tipos de obra. No caso desse trabalho, é o caso do prédio tipo residencial.

Em relação a alvenaria estrutural, se enquadraria em estruturas. A seguir, tabela que fala do tipo de projeto, elementos presentes e natureza do trabalho técnico.

Quadro 3: Tipo de projeto

TIPO DE PROJETO	ELEMENTO	NATUREZA DO TRABALHO TÉCNICO
Projeto de estruturas NBR 14859/02	Desenho	Plantas baixas de forma de todos os andares com os cortes e elevações; Plantas de ferragem com detalhes típicos de vigas, lajes e pilares de todos os andares.e determinação das taxas de armação em relação ao volume de concreto.
	Especificação	Materiais, sua resistência , componentes e sistemas construtivos.
	Memorial	Método construtivo, calculo do pré dimensionamento das estruturas principais e relação de quantidades.
	Quantitativos	Levantamento dos quantitativos e concretos, aço e formas

Fonte: NBR 13.531:1995

2.2.3 Projetos e patologia

Segundo OLIVEIRA (2013), patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Segundo MELHADO (2010) muitas são as origens das patologias que surgem nas obras. Entretanto, àquela que apresenta maior peso entre elas é a concepção e projeto que é responsável por 46% das causas. Seguido de execução, materiais, uso, execução rápida com respectivamente 22, 15, 8 e 5% de influência nas causas. Como é possível observar no figura a seguir.

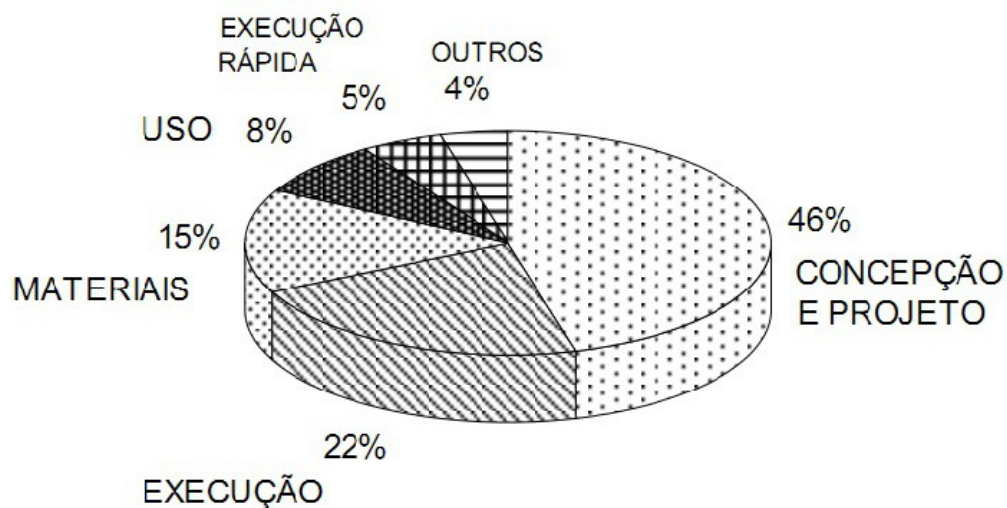


Figura 3: Origens de problemas patológicos das construções.

Fonte: Palestra Silvio Melhado AEASC (2010)

Assim, pode-se avaliar que muito dos problemas que surgem durante a execução e uso das edificações provém de uma das fases iniciais de projeto. Elas podem se originar durante o estudo preliminar, na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia.

Alguns fatores como a falta no planejamento, ausência de informações, dados técnicos e econômicos de novas alternativas construtivas, ausência de ferramentas de base de dados para controle e indefinição de critérios de controle, como indicadores de qualidade e produtividade que, geralmente, são originados de outras obras, influenciam negativamente a qualidade do produto, além de aumentarem os índices de perdas de baixa utilização de novas alternativas construtivas.

Para o desenvolvimento das alternativas construtivas, é necessário o estabelecimento de certos parâmetros. Entre eles pode-se citar a definição do uso, a tipologia da edificação e dos materiais a serem empregados; a identificação das faixas sócio-econômicas da população a ser atendida; levantamento dos recursos locais disponíveis e levantamento do estágio de desenvolvimento da construção.

2.2.4 O significado do projeto no contexto do empreendimento

O empreendedor, o construtor e o usuário podem ser considerados clientes do projeto, a partir da definição da qualidade por prestar um serviço para todos. Assim, tendo clientes, o mesmo deveria levar em conta as necessidades deles para então melhor satisfazê-las. Portanto, atribui-se a cada um desses clientes um conjunto de aspectos que denotam o ponto de vista pelo qual a qualidade de um dado projeto seria avaliada.

O empreendedor avalia a qualidade do projeto a partir do alcance de seus objetivos empresariais, que envolvem seu sucesso quanto à aceitação do produto no mercado e como formador de uma boa imagem junto aos compradores. Além disso, a partir do documento bem projetado estará alinhado com o orçamento previsto.

O construtor avalia a qualidade do projeto com base na qualidade gráfica e de conteúdo, que mostre compatibilidade de subsistemas e decisões racionais para minimização de custos com mão de obra e material, como também redução de desperdícios. Busca-se, também, clareza e abrangência das informações para que haja o bom entendimento dos operários no canteiro de obra para redução retrabalho.

O usuário avalia a qualidade do projeto na medida da satisfação de suas intenções de usuário, tanto como morador quanto locatário. Logo, deseja-se conforto,

bem-estar, segurança e funcionalidade. Além disso, baixos custos de operação e de manutenção.

É fundamental, para a obtenção da qualidade, que o empreendedor valorize a fase de projeto. Na defesa desse ponto de vista, pode-se citar as considerações feitas pelo grupo do Construction Industry Institute - CII acerca da importância das fases iniciais do empreendimento. Nestas primeiras fases, as decisões tomadas são as que têm maior capacidade de influenciar o custo final. Esta influência é ilustrada pela figura a seguir.

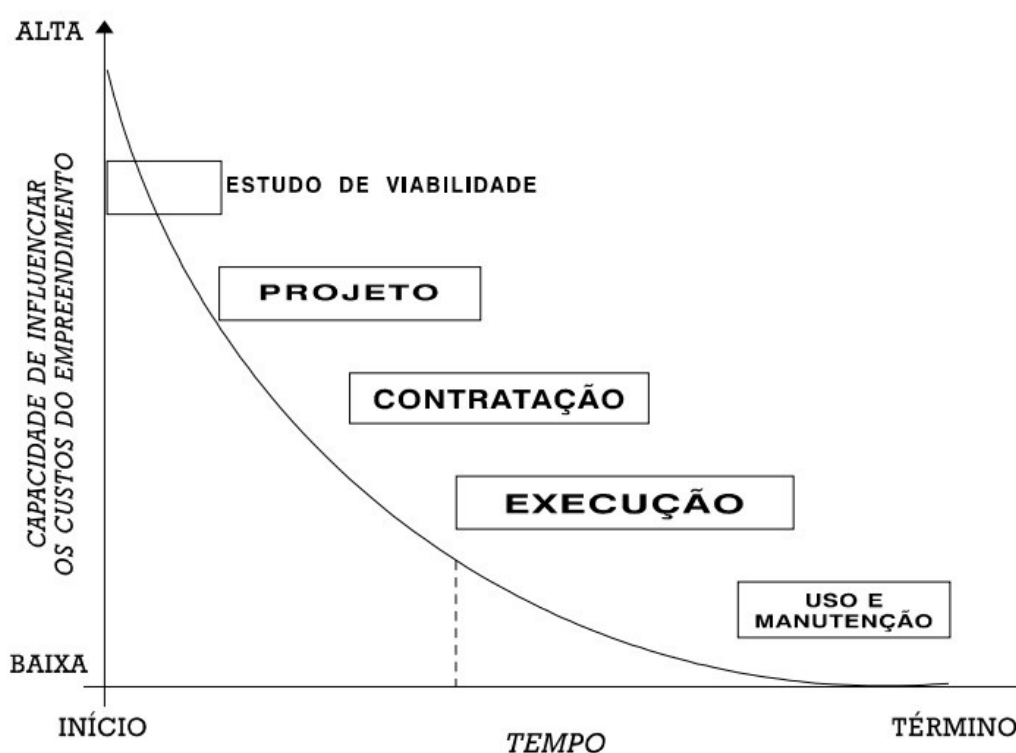


Figura 4: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases

Fonte: CII, 1987

HAMMARLUND & JOSEPHSON (1992) também avaliam que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são as mais importantes em relação as possíveis falhas. Segundo a figura a seguir, quanto maior a antecipação da tomada de decisões, maior será a possibilidade de interferência afetando menos nos custos. Mostrase que a importância do estudo de viabilidade onde qualquer decisão pode ser feita, afetando de forma quase nula nos custos. Da mesma maneira, com o passar do tempo

haverá maior custo acumulado de produção e quanto mais a interferência retardar para acontecer, maior será a influência no orçamento da obra.

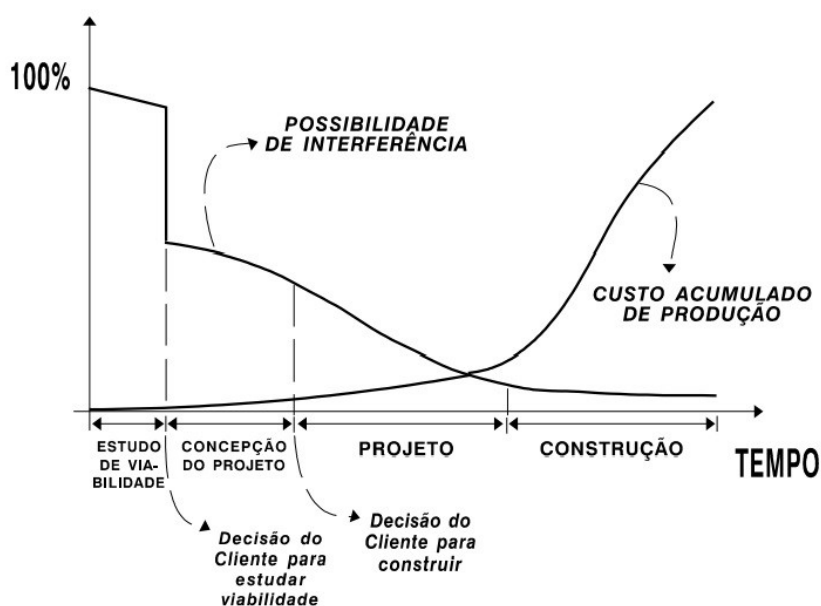


Figura 5: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício

Fonte: HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992

Na prática corrente, porém, muitas vezes o projeto de um edifício é entendido como um ônus que o empreendedor deve ter antes do início da obra, encarado portanto como uma despesa a ser minimizada o quanto for possível, já que muitas vezes não há inicialmente os recursos financeiros necessários e suficientes para executar o empreendimento, antes de aprovar o projeto junto aos órgãos competentes. (BARROS & MELHADO, 1993.)

2.2.5 Conceito de Projeto de Produção

O desempenho do projeto durante a fase de execução dos serviços está associado à forma como este é interpretado pela equipe de produção e, além disto, ao nível de comunicação que o mesmo possui. De nada adianta o projeto ser possuidor de boas técnicas construtivas se estas não forem comunicadas de forma inteligível ao pessoal da execução (NASCIMENTO e FORMOSO, 1998).

Segundo Franco e Agopyan (1995) destacam que as informações contidas em projetos são muito importantes, pois o planejamento da execução dos serviços é baseado

nestas informações e se elas não guardarem um determinado grau de precisão de detalhes coerente com a execução, variáveis incontroláveis serão introduzidas no processo construtivo e no próprio planejamento da execução dos serviços. Essas variáveis são àquelas provenientes da não compatibilidade de projetos que faz com que a continuidade dos serviços seja interrompida inúmeras vezes para que haja a correção de tarefas.

Segundo Melhado (1994), o projeto de produção é: “... um conjunto de elementos de projetos elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de disposição e sequência de atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro de obras; dentro outros recursos vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora”.

2.2.6 A importância do projeto na cadeia produtiva

Picchi (1993) salienta que “a preocupação com a qualidade a partir do projeto é grande e justificável, pois o mesmo é indicado em todas as pesquisas como o grande vilão da qualidade na construção”. Nas obras, é comum observar, tarefas estando atrasadas devido a erros de projeto, devido à compatibilidade, ou pelos mesmos não serem finalizados antes da entrada de serviços no canteiro de obra. Gerando-se, assim, incertezas em relação aos detalhes de projeto e também retrabalho pelas possíveis correções.

Reis (1998) destaca que “não se pode considerar a elaboração mais detalhada dos projetos como perda de tempo e dinheiro, uma vez que sua responsabilidade sobre os resultados futuros e sobre o bem estar econômico e financeiro da organização é enorme”. É notório afirmar que com a meta de alcançar orçamentos mais enxutos para as obras, os construtores têm optado pelas opções mais baratas entre as concorrentes no momento das escolhas dos serviços. Entretanto, a economia nos serviços de projetos seria ilógica, em vista que, o valor deste serviço em comparação com todos os outros é, relativamente, pequeno. Sendo o mesmo, o que irá definir os detalhes e metodologias construtivas dos outros serviços de maior custo.

No quadro a seguir, observa-se a participação de alguns serviços no orçamento da obra. É possível analisar que os gastos com projetos representam uma pequena porcentagem.

Tabela 1: Tabela comparativa de custos de serviço.

Tabela comparativa de custos de serviço		
Custo total da obra		R\$ 55.833.779,47
Serviços	Valor	Porcentagem
Instalações prediais	R\$ 5.700.000,00	10,21%
Fôrma	R\$ 4.739.246,11	8,49%
Exaustão mecânica e ar condicionado	R\$ 530.000,00	0,95%
Ligação definitiva de esgoto	R\$ 185.000,00	0,33%
Controle tecnológico	R\$ 118.202,84	0,21%
Projetos	R\$ 41.323,94	0,07%

Fonte: Autor, 2015.

Melhado (1998) observa que a etapa de elaboração do projeto assume relevância na medida em que este funciona como sistematizador e transmissor de informações de caráter essencial à eficiência da atividade produtiva, destacando-se como elo fundamental da cadeia de produção. Melhado e Violani (1992) verificam que a partir de um bom projeto torna-se possível elaborar um planejamento e uma programação eficientes, assim como um programa efetivo de controle de qualidade para materiais e execução.

Na opinião de Baía e Melhado (1998), o projeto constituísse em ferramenta importante para diminuição de custos de produção, obtenção do desempenho esperado do produto, e redução da ocorrência de falhas no processo de produção e no produto, pela otimização das atividades de execução. Assim, com o investimento em projetos podemos reduzir gastos com materiais e pessoas pela redução do retrabalho. Além disso,

elaborar um cronograma coerente à obra, visto que os serviços serão fiéis ao projeto gerando durações sequenciais corretas.

2.2.7 Premissas do projeto de produção

O projeto de produção deve funcionar como ferramenta para tomada de decisões antes mesmo que o processo de produção ocorra, ele deve antever gargalos, atuando como elemento estratégico para promoção da racionalização construtiva e até mesmo da introdução de novas tecnologias nas empresas construtoras. Portanto, é destacada a importância da introdução de projetos para produção que visem uma maior integração entre o projeto executivo e a obra.

Através das mudanças ocorridas no âmbito da construção de edifícios, principalmente com a introdução de sistemas de gestão da qualidade, as empresas têm percebido a necessidade de gerir melhor o seu processo de projeto, entendendo o potencial que esta fase do processo assume. Por causa disso, são necessárias algumas premissas básicas para a sua efetiva incorporação que estão relatadas no quadro a seguir.

Quadro 4: Premissas básicas da implementação do projeto de produção.

Premissas básicas da implementação do projeto de produção
Deve ser elaborado em paralelo com os demais projetos, a fim de buscar a compatibilidade.
Conter elementos suficientes para orientar a execução, definindo materiais, seqüência de execução, equipes de serviço, etc, não se constituindo em mais uma disciplina de projeto com enfoque no produto.
Permitir uma adequada comunicação entre o projeto e a obra, com linguagem adequada e objetiva.
Ser detalhadas em integração com as decisões tomadas pela equipe de obras quanto a equipamentos, frentes de serviço, gestão de estoques.

Fonte: AQUINO, MELHADO (sd)

2.2.8 O projeto para produção como agente de mudança da fase de projeto

Na opinião de Cambiaghi (1992) “as empresas incorporadoras e construtoras estão buscando novas tecnologias, novos sistemas construtivos, custos menores de construção, e tudo isso exige que a concepção do projeto seja pensada junto com o

sistema construtivo, para que o desenvolvimento do projeto seja economicamente viável”. O projeto para produção, definido por Melhado (1994) como projeto que integra a fase de projeto à obra, tem sido apontado como mecanismo para solução de diversos problemas da etapa de concepção e desenvolvimento do projeto, e praticado na construção civil muito recentemente.

Esse conceito de projeto para produção tem sua origem essencialmente na indústria seriada, sendo pensado como uma forma de coordenar as soluções do produto com alternativas do processo de produção. Isto se deve ao fato que quando os serviços se repetem, eles exigem uma maior dedicação para que possíveis falhas não sejam frequentes também ou representativas no todo da obra. Stoll (1991) enfatiza a importância de se desenvolver simultaneamente produtos e processos com o objetivo de integrar e otimizar globalmente o ciclo de produção dos produtos. Pois, é a partir de desta maneira com os dois tipos de serviços sendo elaborados juntos que a compatibilidade de projetos, realmente, ocorrerá.

Em relação à construção de edifícios, especificamente, Melhado (1994) define projeto para produção como “conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e sequência de atividades de obra e frentes de serviço; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora” tem como uma das funções permitir uma melhor tradução das características e especificações do produto em procedimentos e sequências de produção, minimizando a possibilidade de execução inadequada ou incompleta destas especificações.

3 ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Camacho (2001), “Sistema construtivo: um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo.”. Assim, a alvenaria estrutural vem a atender a demanda, por processos menos artesanais, que esta presente no mercado imobiliário. Através dela é possível a compatibilização de todos os sub sistemas com a antecedência necessária para a realização do projeto sem intervenções.

3.1 Introdução

Conforme o documento do Convênio POLI-ENTOL (1991), para modular a alvenaria é interessante projetar as paredes com um sistema dimensionalmente formado por valores múltiplos ou submúltiplos das medidas dos componentes utilizados. O documento ressalta que a coordenação modular racionaliza o projeto e a execução da alvenaria, na medida que trás diversos benefícios, tais como: o aumento da produtividade, redução de falhas de projeto e redução de custos habitacionais, incremento no desempenho de subsistemas que compõem a alvenaria e aumento dos padrões de qualidade no produto final.

Assim, de acordo com Camacho (2006), a alvenaria estrutural é o processo construtivo na qual, os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional. devem-se prever, na modulação, os encontros de parede, aberturas, caixas de passagem, colocação de pré-moldados e de instalações e, no caso da alvenaria estrutural, os pontos de graute e ferragem, ligações entre a parede e a laje.

3.2 Histórico

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo utilizado há muito tempo. Segundo Figueiró (2009), no ano 4.000 a.C. a argila passou a ser usada, possibilitando a produção de tijolos. eram utilizados blocos de rocha como elementos de alvenaria. Algum tempo depois os romanos desenvolveram a argamassa de cal que começou a ser utilizada para o assentamento de blocos. Obras monumentais e importantes foram feitas

em alvenaria estrutural ao longo dos séculos mostrando a característica portante da estrutura, citando o Parthenon, na Grécia, construído entre 480 a.C. e 323 a.C., além da Muralha da China, construída no período de 1368 a 1644 (YOSHITO, 2005)

Segundo Prudêncio et al. (2002) mesmo depois do patenteamento dos blocos de alvenaria estrutural, em 1850, por Gibbs na Inglaterra, ainda não havia ganhado notoriedade. De fato, somente em 1950 quando surge o cálculo estrutural propriamente dito que surge, enfim, a alvenaria estrutural. É creditada a Paul Haller, na Suíça, a responsabilidade por esta revolução na área, quando em 1951 dimensionou e construiu na Basileia um edifício de 13 andares de 41,4 m de altura sendo 12 andares em alvenaria não armada, com paredes internas resistentes de 15 cm de espessura e externas de 37,5 cm. Nessa mesma época, nos Estados Unidos, a produção de blocos vazados de concreto superava a de tijolos cerâmicos, impulsionada pelo desenvolvimento das máquinas vibroprensas automáticas concebidas por Jesse Besser em 1904 (YOSHITO, 2005).

Após a segunda guerra mundial, o Brasil transformou sua base econômica de forma gradual em urbana, gerando assim a verticalização das construções em conjuntos habitacionais de diferentes classes sociais, desde a de baixa renda até os condomínios de luxo. O Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”, que aparece na figura 3, foi o primeiro conjunto de edifícios mais altos do que aqueles construídos até então que tinham 4 andares, foi erguido com blocos estruturais de concreto. Ele possui 4 torres de 12 pavimentos, com 4 apartamentos cada e, ainda, um 13º pavimento contendo a residência do zelador, a caixa d’água e a casa das máquinas. “É estimado que no Brasil, entre 1964 e 1966, tenham sido executados mais de dois milhões de unidades habitacionais em alvenaria estrutural” (KALIL, s.d.).



Figura 6: Conjunto Habitacional ‘Central Parque da Lapa’

Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL -
<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural> - acesso em: 2 de fevereiro de 2015

Estima-se que tenham sido construídos, entre 1964 e 1976, no Brasil, mais de dois milhões de unidades habitacionais em alvenaria estrutural. Porém, os resultados foram abaixo do esperado em relação a qualidade e durabilidade do produto, sendo necessário assim a busca de melhorias para sanar as dúvidas em relação a essa metodologia construtiva, relativamente, recente no país. (Araújo, 1995)

As empresas do segmento tiveram que se atualizar de procedimentos, insumos e tecnologias empregadas para ganhar competitividade no meio. Assim, surgiu a implementação e intensificação do sistema construtivo de alvenaria estrutural em blocos de concreto que devem seguir a norma brasileira NBR 6136 (ABNT 1994) para assegurar a qualidade das peças.

Atualmente no Brasil, a tecnologia desenvolvida para esse tipo de construção vem crescendo gradualmente, tornando a alvenaria estrutural uma boa opção de construção, trazendo maior rapidez na realização de obras e redução do custo. A normatização desse método construtivo remete maior segurança para sua aplicação no ramo da construção civil, trazendo uma maior confiabilidade para engenheiros e técnicos do setor. Segundo Grandi (2002), racionalização e industrialização traduzem o espírito deste sistema

construtivo que agrega a construção civil: linha de produção, planejamento, redução do desperdício, padronização, redução da mão de obra e aumento da produção.

3.3 Componentes da alvenaria estrutural

Os componentes empregados na execução de um projeto em alvenaria estrutural são as unidades, compostas por tijolos cerâmicos ou blocos de concreto, a argamassa, o graute e as armaduras, necessárias conforme o cálculo, representados na figura 3. Além desses componentes principais, temos as juntas verticais e horizontais, vergas e contra-vergas, acessórios, entre outros. “Entende-se por um componente da alvenaria uma entidade básica, ou seja, algo que compõe os elementos que, por sua vez, compõem a estrutura” (RAMALHO e CORRÊA, 2003, p.6).

A qualidade dos componentes que formam a edificação é de fundamental importância para garantir a função estrutural da mesma. O fato das peças passarem por processos industriais garante maior confiabilidade, qualidade garantida por normas, ensaios e pelo Selo da Qualidade, custos competitivos e benefícios à sociedade.

A seguir a figura 3, ilustra alguns componentes presentes na alvenaria estrutural.

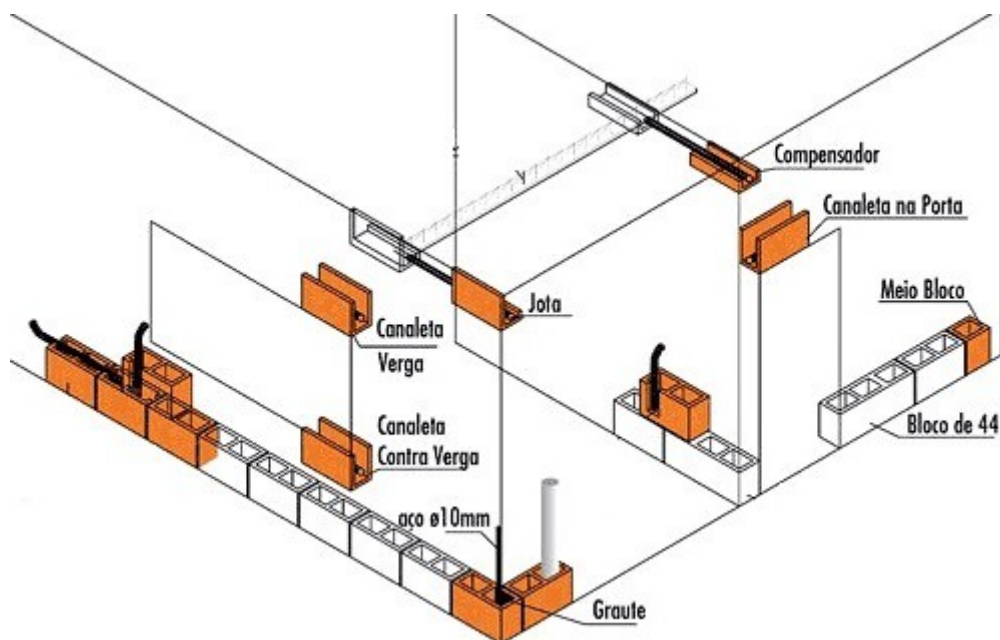


Figura 7: Elementos da alvenaria estrutural

Fonte: DENNYS SAMPAIO - http://dennysfs.blogspot.com.br/2010/12/blog-post_04.html - acesso em: 3 de fevereiro de 2015

Em seguida, na sequência serão descritos os componentes no quadro abaixo:

Quadro 5: Componentes da alvenaria estrutural

Componentes da alvenaria estrutural
Bloco de concreto - Componentes principal que na elevação forma a alvenaria
Argamassa - Mantém a aderência dos elementos da estrutura
Graute - Aumenta a área da superfície do bloco e solidariza a armação ao bloco
Armação - Absorve os esforços de compressão e/ou tração.

Fonte: Autor (2015)

3.3.1 Blocos de concreto vazados

Os blocos cerâmicos estruturais são componentes da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares à face que os contêm, sendo os mesmos produzidos para serem assentados com furo na vertical. Os blocos cerâmicos classificam-se em: bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas (a); bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (b); bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (paredes internas vazadas) (c) e bloco cerâmico estrutural perfurado (d), como mostra a figura a seguir. Os blocos de concreto vazados se definem como um componente de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.

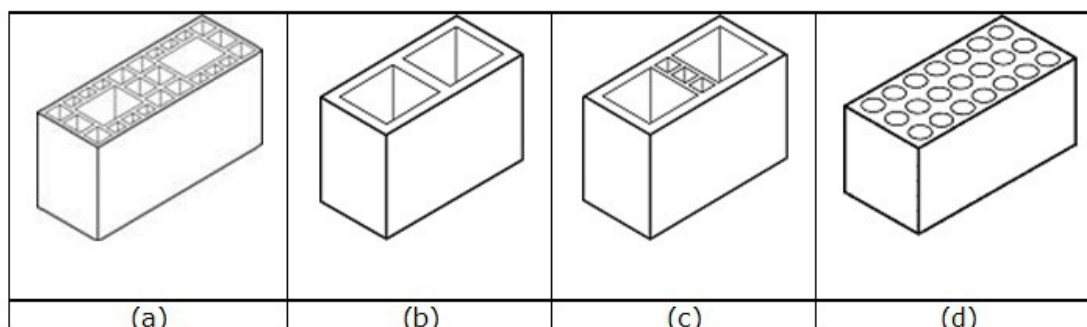


Figura 8: Blocos cerâmicos

Fonte: definições NBR 15270-2

“Como componentes básicos da alvenaria estrutural, as unidades são as principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura” (RAMALHO e CORRÊA, 2003, p. 7).

Independente do material utilizado, a unidade deve apresentar as seguintes características, conforme Kalil, presentes no Quadro 1 (s.d.):

Quadro 6: Características dos blocos de alvenaria estrutural

Características do bloco de alvenaria estrutural
Resistência à compressão adequada
Capacidade de aderir à argamassa
Possuir dimensões uniformes
Resistência ao fogo

Fonte: Kalil, s.d.

Segundo a NBR 6136 “Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural”, os blocos de concreto classificam-se em classe A e B. A primeira é para uso geral, como em paredes externas acima ou abaixo do nível do solo, que podem estar expostas à umidade ou intempéries, e que não recebem revestimento de argamassa de cimento. A segunda é limitada ao uso acima do nível do solo, em paredes externas com revestimento de argamassa de cimento, para proteção contra intempéries e em paredes não expostas às intempéries.

A figura a seguir apresenta uma elevação de blocos de vazados:

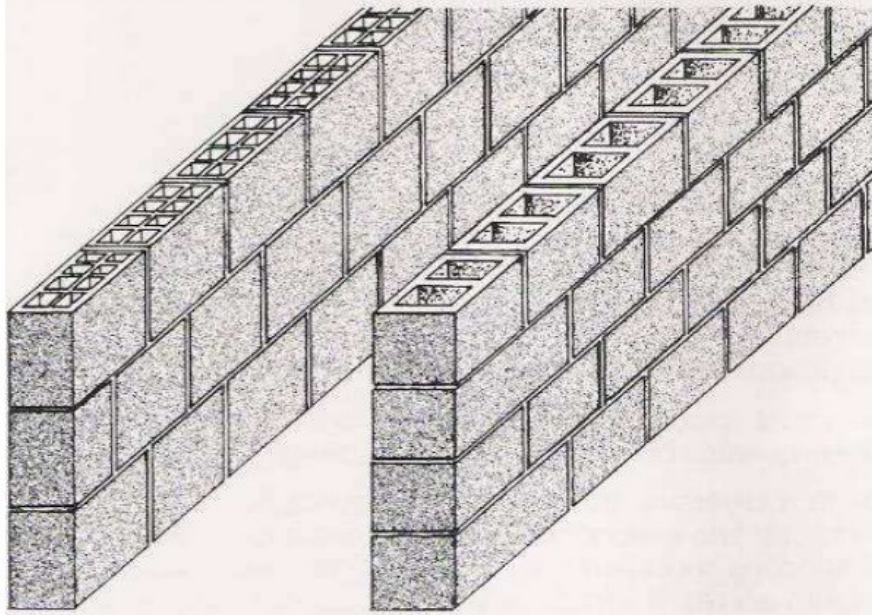


Figura 9: Alvenaria de blocos vazados

Fonte: ABCI, 1990, p. 18

A NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural especifica que a resistência característica do bloco à compressão medida em relação à área bruta, deve obedecer aos limites de no mínimo 6 MPa para blocos em paredes externas sem revestimento e no mínimo 4,5 MPa para blocos em paredes internas ou externas com revestimento. (RAMALHO e CORRÊA, 2003, p.7).

3.3.2 Argamassa para assentamento de blocos

“A qualidade da argamassa é fator preponderante para se conseguir uma boa resistência da estrutura, estanqueidade nas juntas dos blocos, manter a aderência dos elementos utilizados, etc” (COÊLHO, 1998, p.41). A argamassa tem papel fundamental no comportamento da estrutura, é ela que possibilita a movimentação da mesma, evitando rachaduras e fissuras por reduzir os impactos. Assim, segundo Ramalho e Corrêa, a plasticidade é mais importante que a resistência à compressão, pois é ela que realmente permite que as tensões se transfiram de forma uniforme de um bloco a outro.

Segundo Gomes, a resistência da argamassa deve se situar entre 0,7 a 1,0 da resistência do bloco. Ao se utilizar argamassas mais rígidas, a alvenaria passará a ter uma ruptura excessivamente frágil e também não acompanhará eventuais movimentos da estrutura sob cargas em serviço.

“Para o projetista é necessário o conhecimento da resistência média à compressão da argamassa, uma vez que a NBR 10837 especifica diferentes valores de tensão admissível à tração e ao cisalhamento para a alvenaria em função desse parâmetro” (RAMALHO e CORRÊA, 2003, p.8).

Algumas características devem ser observadas na argamassa para garantir a funcionalidade dos blocos. Entre elas, deslizar sobre os mesmos quando lançada, permanecer plástica, ter uma boa aderência, possuir resistência à compressão exigida por norma e possuir durabilidade. Portanto, para garantir estas características, é necessária uma fiscalização por parte do responsável da obra para o traço executado.

As argamassas destinadas ao assentamento devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR 13281, representadas no quadro a seguir.

Quadro 7: Características dos blocos de alvenaria estrutural

Traços em Volume Cimento: Cal: Areia	Resistência aproximada aos 28 dias (em obra)
1: 2: 9	2,5
1: 1: 6	4,5
1: 0,6: 6	5,8
1: 0,6: 5	7,5

Fonte: NBR 13281

3.3.3 Graute

“O graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarizarão dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios” (RAMALHO e CORRÊA, 2003, p. 8).

Segundo a NBR 8798/1985, o graute é um tipo especial de concreto que é utilizado como elemento indicado para o preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas. Isso

propicia a solidarização da armadura a estes componentes e o aumento de capacidade portante.

Em função da composição, o graute pode ser fino contendo somente cimento e areia ou grosso se adicionado brita. Outra adição seria o cal, que se destina a melhorar a trabalhabilidade e retenção de água de hidratação à mistura. Recomenda-se o uso de um teor baixo de cal para prevenir os problemas de retração. Para garantir a fluidez, a relação água/cimento pode alcançar 0,9.

O graute também aumenta a área útil do bloco em cerca de 50%, e o aumento de resistência é da ordem de 30 a 40% (<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/graute.php>). O material é utilizado no preenchimento das canaletas ou blocos J de apoio das lajes e em vergas e contravergas de janelas. Nos furos verticais pode estar ou não acompanhado de armadura. É importante que o graute apresente boa fluidez, boa coesão, boa aderência, resistência à compressão maior que 14 MPa, uma retração baixa e boa trabalhabilidade.

A figura a seguir apresenta blocos de concretos preenchidos por graute.



Figura 10: Graute

Fonte: Obra Duetto, 2015

Aly (1991, p. 87) verificou, em ensaios com paredes de blocos de concreto, um ganho de resistência entre a parede vazia e grauteada de 46% a 59%, para paredes confeccionadas com blocos de resistência média de 7,0 a 13,3 MPa e com um único graute de 14 MPa, com relação às suas áreas brutas.

A figura a seguir ilustra o aumento da resistência à compressão de paredes em função do aumento da resistência à compressão dos grautes encontrados por Gomes (1974).

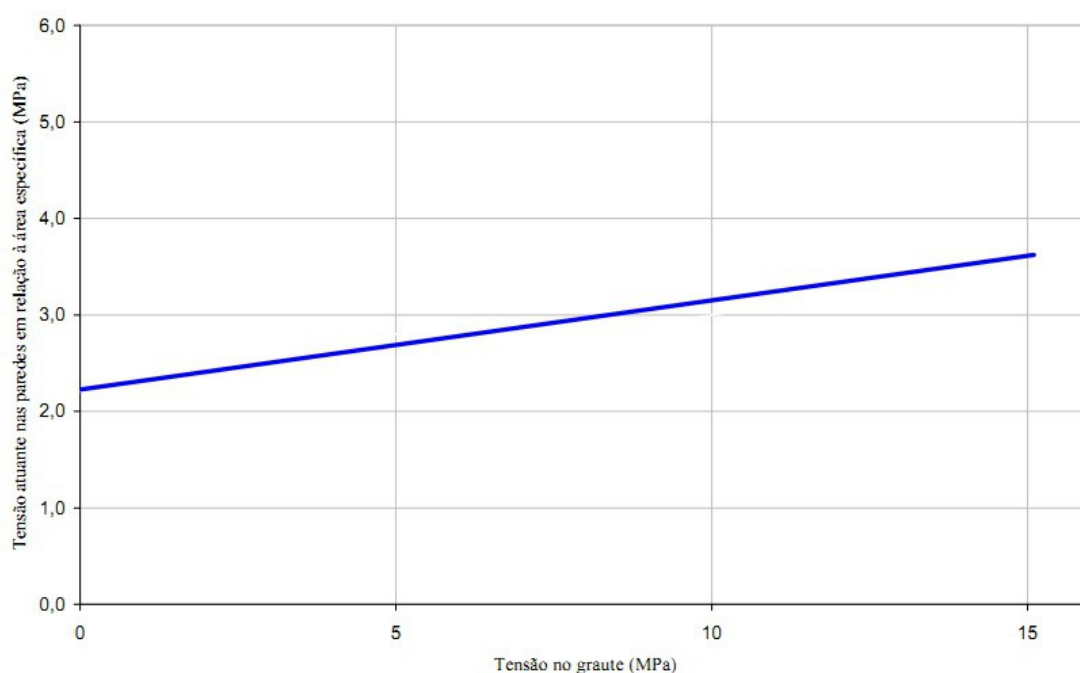


Figura 11: Aumento da resistência à compressão de paredes x aumento da resistência à compressão dos grautes

Fonte: Gomes (1974).

“Segundo a NBR 10837, o graute deve ter sua resistência característica maior ou igual duas vezes a resistência característica do bloco” (RAMALHO e CORRÊA, 2003, p. 8). Considerando que a resistência do bloco se refere à área bruta, e o mesmo possuindo um índice de vazios, que é a relação entre área bruta e líquida, de 50%; deve-se considerar que a resistência do graute deve ser no mínimo igual a resistência do bloco em relação a área líquida.

3.3.4 Armadura

A armadura tem o objetivo de absorver os esforços de tração e/ou compressão, além de suprir necessidades construtivas. Na alvenaria estrutural, a armadura pode ser utilizada em pontos de amarração da parede, onde junto com o graute, irá reforçar a estrutura. É utilizada também em lajes maciças ou pré-moldadas, que garantem a absorção de esforços de tração e/ou compressão da estrutura. A figura abaixo apresenta o uso de armações na elevação de alvenaria estrutural.



Figura 12: Armadura utilizada na alvenaria estrutural para absorção dos esforços

Fonte: <http://inf.ufrgs.br/~rmbnunes/oa-alvenaria/> - acesso em 24 de janeiro de 2015

“As barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, mas, neste caso, serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria” (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Na figura a seguir, é possível observar o aumento da resistência compressão das paredes armadas em relação àquelas somente grauteadas ou construídas somente com os blocos. O aumento de resistência sempre relativo às paredes vazias de 37% para as paredes apenas grauteadas, de 49% para as paredes com taxa mínima de armadura e 45% para as paredes com 0,3% de armadura. (ALY,1994).

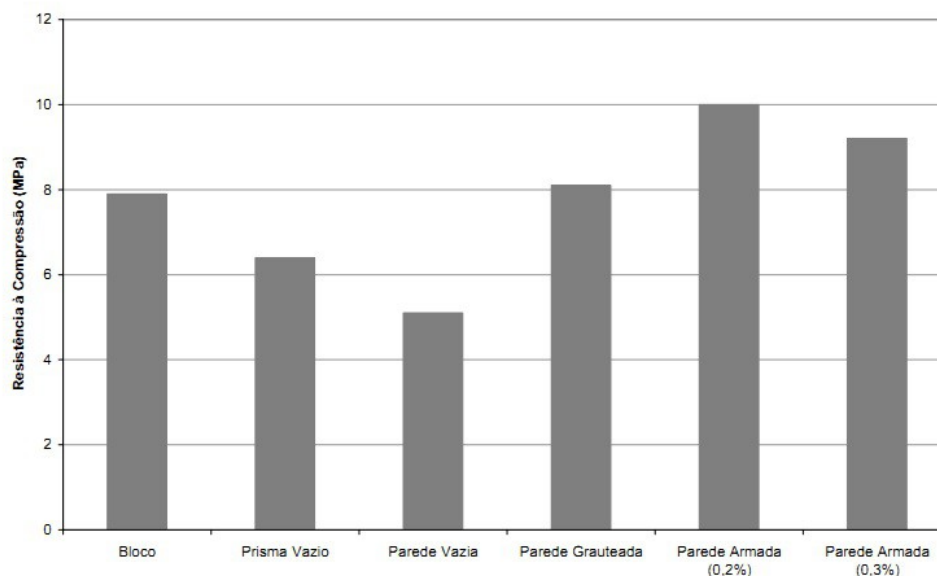


Figura 13: Valores médios de resistência à compressão

Fonte: ALY (1994).

3.4 - Coordenação Modular

Para Mascaró (1976), a Coordenação Modular é “um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, [1975]), em uma publicação intitulada Síntese da Coordenação Modular, define-a como sendo “a aplicação específica do método industrial por meio da qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos, intermediários de série e produtos finais, mediante o uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo”.

Já na NBR 5706: “Coordenação Modular da construção – procedimento”, a ABNT (1977) usa como definição “técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência”. Rosso (1976) é contrário a esta definição, pois acredita que os que a definem como técnica considera a coordenação modular apenas como um instrumento de projeto, rigorosamente disciplinado pelo uso de retículas e quadrículas, “enquanto na verdade é uma metodologia sistemática de industrialização”.

Lucini (2001) entende por Coordenação Modular “o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações”.

A definição que se pode considerar a mais atual e abrangente, que desmistifica a Coordenação Modular do rigorosismo a que muitas vezes é associada, é dada por Greven (2000), que a define como sendo “a ordenação dos espaços na construção civil”.

3.4.1 – Objetivos da coordenação modular

De uma forma bastante genérica, pode-se dizer que a Coordenação Modular tem como objetivo a racionalização da construção. Rosso (1980) define racionalização como a aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto dotado da maior efetividade possível.

No quadro a seguir serão apresentados alguns objetivos da coordenação modular:

Quadro 8: Objetivos da coordenação modular

Objetivos da coordenação modular
Padronização dimensional – por haver uma mesma característica nas dimensões e pela redução da diversidade de tipos de tijolos.
Produção seriada – não mais sob medida de forma artesanal.
Intercambialidade de peças – mesmo sendo fábricas em origens diferentes serão compatíveis com outras peças, pois tem a mesma base modular. Assim, contribuindo para a industrialização aberta.
Viabiliza exportações – já que padronização é a palavra-chave deste conceito, a circulação destes produtos internacionalmente é viável.
Simplificação do projeto – os problemas mais recorrentes estariam solucionados pela experiência, além de detalhamentos já padronizados.
Aumento da construtividade – facilitação do processo construtivo pelo fato dos componentes serem padronizados e intercambiáveis.
Redução do desperdício – Eliminação da quebra de blocos e outras peças chegariam prontas ao canteiro, minimizando o gasto com matéria-prima.
Agilização do processo e organizacional – devido a repetição de técnicas e processos de domínio tecnológico

Fonte: (LUCINI,2001; OLIVEIRA,1999)

Segundo a NBR 5731, 1982, a coordenação modular traz várias consequências para o processo construtivo, entre elas: Projeto, mais racionalizado, passa a ser mais complexo, na medida em que tem de ter mais detalhes de execução; Facilita a normalização dos componentes da construção considerando as juntas e tolerâncias necessárias e admissíveis; Reduz a quantidade de formatos de cada componente com a adoção de medidas modulares; Simplifica a execução da obra através da racionalização do projeto, da posição e da montagem de seus componentes; Melhora a relação e intercâmbio entre autor do projeto, fabricantes dos componentes e executor da obra; Otimiza os processos de manutenção e reposição nas unidades construídas, pelo perfeito intercâmbio entre os componentes.

3.4.2 – O módulo

O módulo, também chamado de módulo base, é universalmente representado por “M”. A alvenaria estrutural é baseada nele para que as peças possam ser enquadrar de forma exata. O adotado pela maioria dos países é o decímetro (10 cm), que, desde 1950, com a publicação da NB-25R, já é adotado pelo Brasil.

O quadro a seguir apresenta as funções do modulo.

Quadro 9: Funções do modulo

Funções do módulo
Denominador comum de todas as medidas coordenadas.
Acréscimo unitário de toda e qualquer dimensão modular, a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares também seja modular.
Fator numérico, expresso em unidades do sistema de medidas adotado, ou razão de uma progressão.

Fonte: (BNH / IDEG, 1978)

O atendimento das funções no módulo base serão atendidas apenas se a medida do mesmo tiver um tamanho grande o suficiente para permitir uma inequívoca correlação entre as medidas modulares dos componentes e as medidas dos espaços do projeto. Entretanto, ele deverá ser pequeno o suficiente, para que a sua repetição seja abrangente o suficiente a todas as dimensões dos elementos do universo industrial, representando uma unidade de incremento de uma dimensão modular à seguinte, com o intuito de reduzir ao máximo as alterações que se farão necessárias nos elementos existentes, para ajustá-los à medida modular mais próxima e nos espaços previstos no projeto. Também, deve-se considerar que na eleição do módulo base deverá ser escolhida a maior medida possível, a fim de proporcionar uma menor variedade de produtos. Por fim, com o intuito de facilitar a sua aplicação, a medida do módulo base deverá ser um número inteiro, que se caracterizará por ter uma relação numérica clara com o sistema de medida escolhido (Caporioni et al, 1971).

3.4.3 – O submódulo

No cenário da construção civil seria inviável a compatibilização de todos os sub sistemas através de medidas que tenha como origem o mesmo módulo base. É por este fato, que quando necessário é possível inserir os sub módulos (M/n).

Rosso (1976) propõe a adoção dos submódulos $M/4$ (2,5 cm) e $M/8$ (1,25 cm) para espessura de painéis, para espessura de acabamentos e para peças especiais de fechamento. Entretanto, há a preocupação que estes sejam usadas de forma inadimplente e desnecessária, fazendo com que a variedade de peças aumente. Com isso, a coordenação modular perderia o objetivo final.

Por isso, deve-se observar que o submódulo nunca deve ser empregado como módulo-base e a frequência de aplicação do submódulo resultará sempre de exigências de ordem funcional e de máxima economia.

A figura a seguir apresenta o reticulado modular espacial de referência que configura uma malha espacial que serve de referência, segundo Lucini (2001), para o posicionamento dos componentes da construção, das juntas e dos acabamentos, Os componentes ficam locados na malha espacial, conforme a figura a seguir, demonstrando como a coordenação modular assegura a organização dos espaços na construção civil.

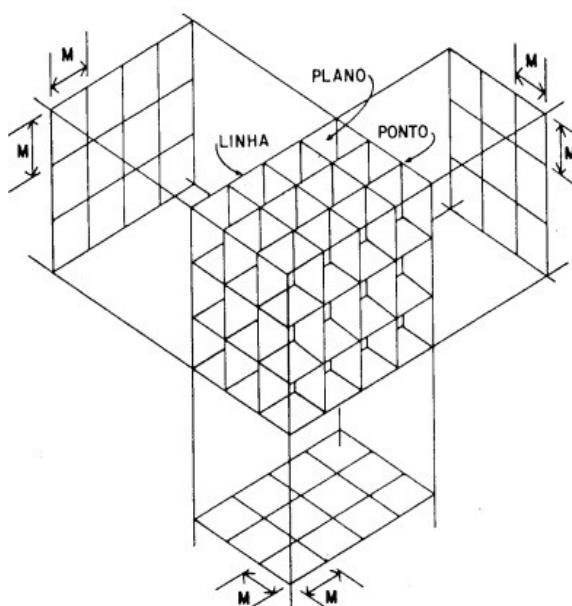


Figura 14: Reticulado modular espacial de referência.

Fonte: BHN/IDEG, 1978.

3.5 Recomendações técnicas para alvenaria estrutural

Segundo Bauer (2007), para atingir o desempenho técnico adequado das edificações em alvenaria estrutural armada de blocos vazados de concreto deve-se adotar cuidados especiais nas fases de concepção, projeto e execução. Os mesmos são apresentados no quadro a seguir.

Quadro 10: Cuidados exigidos pela alvenaria estrutural

Cuidados exigidos pela alvenaria estrutural
Conceituação dos projetos arquitetônico e estrutural.
Conhecimentos técnicos adquiridos com base em experiência profissional, visando adequação e concepção dos projetos de fundações e estrutural.
Normalização técnica existente quanto à especificação dos materiais constituintes e procedimentos de execução.
Controle de qualidade efetivo seja dos materiais, com relação ao recebimento e estocagem, bem como, da execução.

Fonte: (BAUER, 2007)

3.5.1 Recomendações técnicas para execução de projetos.

Para garantir a funcionalidade do edifício, é necessária a definição da arquitetura através de um conjunto de corpos modulares. Esse método, conhecido como coordenação modular, como explicado inicialmente neste trabalho, tem como base as dimensões das unidades de alvenaria para a execução da estrutura. “O arquiteto deve trabalhar desde os primeiros traços sobre uma malha modular” (ROMAN et al., 1999, apud RICHTER).

Além da importância da aplicação dos conceitos de coordenação modular, como foi citado neste trabalho, outras recomendações são importantes para garantir o desempenho adequado da alvenaria estrutural. Algumas delas serão descritas sobre as amarrações das paredes, as juntas de controle e de movimentação, as juntas de assentamento, as vergas e contra vergas, entre outras. A seguir são descritas os principais componentes.

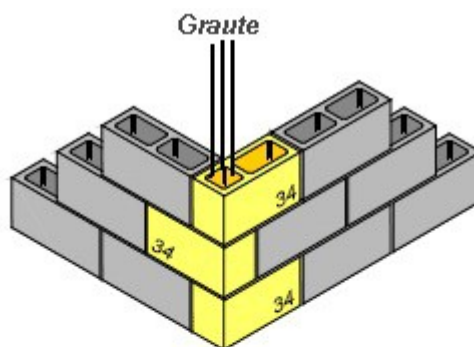
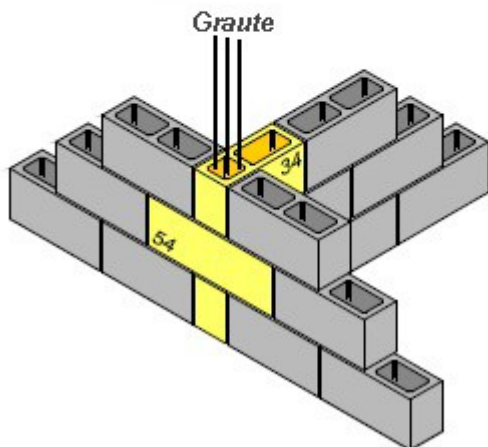
3.5.1.1 Amarração das paredes

“A definição de quais paredes terá função estrutural e quais cumprirão apenas a função de vedação é fundamental para se garantir a um projeto em alvenaria estrutural um mínimo de flexibilidade quanto à organização interna dos espaços” (SIQUEIRA, s.d., pág. 5,).

A união das paredes deve ser feita preferencialmente por interpenetração (Sabbatini, 2003) com blocos contra fiados. Para que a amarração aconteça desta forma, existem dois tipos, em “L” e em “T”, conforme a figura a seguir, com blocos de largura e comprimento de iguais unidades de modulação.

AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “L”

Nos cantos são utilizados blocos especiais nas dimensões 14x34 (Largura x Comprimento) em todas as fiadas.



AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “T”

Nos encontros são utilizados blocos especiais nas dimensões 14x34 (Largura x Comprimento) numa fiada e 14x54 na fiada seguinte.

Figura 15: Amarrações em L e T

Fonte: <http://www.arquitetaresponde.com.br/porque-construir-com-alvenaria-estrutural/> - acesso em 24 de janeiro de 2015

3.5.1.2 Juntas de controle

“As juntas de controle ou de movimentação se diferem das juntas de dilatação, pois são verticais e existentes somente nas paredes de alvenaria, não necessitando interromper lajes ou vigas sobre as quais as paredes estão construídas” (DUARTE, 1999). Pode-se observar isso na figura a seguir.

O Nema (2003a e 2003b) apud Parsekian (s.d.) indica os pontos críticos em paredes de um edifício, nos quais devem ser previstas juntas: mudanças de altura ou largura de parede, sob lajes que se apoiam em alvenarias e, especialmente, no último pavimento e nas laterais de aberturas.

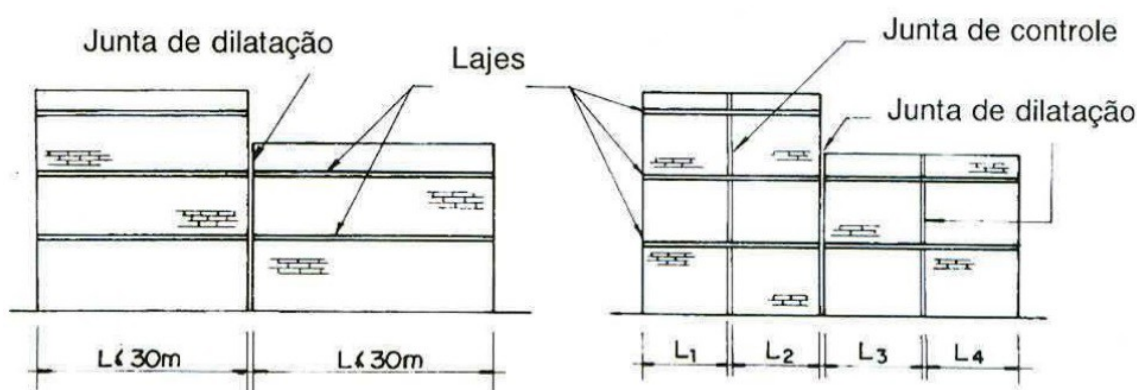


Figura 16: Representação esquemática entre juntas de controle e de dilatação

Fonte: Duarte, 1999.

Segundo DUARTE, (1999) apud RICHER (2007), as juntas de controle podem ser classificadas de três tipos: juntas de contração ou retração, juntas de expansão e juntas horizontais.

As juntas de contração ou retração são utilizadas na alvenaria para acomodar movimentos devido à retração das paredes. As juntas podem ser construídas com argamassa fraca, de baixo módulo de elasticidade, pois a maior parcela da movimentação ocorre logo após o assentamento dos blocos devido à perda de umidade. Todavia, para dar estanqueidade às juntas, deve-se considerar que uma parcela substancial da retração também se estende ao longo do tempo, acrescida pelas movimentações causadas pelas variações de temperatura.

Enquanto isso, as juntas de expansão são àquelas para alvenaria de blocos vazados de concreto ou tijolos cerâmicos que não sejam revestidas com argamassa na face externa. As juntas de expansão são utilizadas para acomodar às expansões do material cerâmico pela incorporação da umidade da chuva na face externa da parede. São juntas que se fecham e devem ser construídas com material flexível e elástico para evitar seu esmagamento. Estas juntas não são necessárias se as paredes forem revestidas externamente, pois a absorção de umidade pela alvenaria cerâmica pode ser bastante reduzida pela utilização de revestimento externo de argamassa.

Por último, as Juntas horizontais são empregadas nas uniões de lajes com paredes para permitir que as deformações e movimentações das lajes não transmitam esforços para as paredes nas quais estão apoiadas. Recomenda-se o emprego destas em todos os pavimentos nas edificações de alvenaria estrutural, especialmente nos apoios das lajes nos últimos pavimentos, onde os efeitos da movimentação por variações de temperatura e retração são maiores.

Roman (s.d.) descreve que as juntas horizontais devem ser completamente preenchidas. O seu não preenchimento pode reduzir a resistência da alvenaria em até 33%. O mesmo autor cita que se a junta vertical não for preenchida, o efeito na resistência à compressão é pequeno, porém, a resistência ao cisalhamento e a resistência à flexão da parede serão sensivelmente reduzidas, além de outros prejuízos à parede, como a isolação acústica.

3.5.1.3 Juntas de assentamento

“As juntas de assentamento em amarração facilitam a redistribuição de tensões provenientes de cargas verticais ou introduzidas por deformações estruturais e movimentações higrotérmicas (relativas ao calor e a umidade).” (THOMAZ; HELENE, 2000).

Segundo os mesmos autores, a ausência de argamassa nas juntas verticais, as chamadas juntas secas, repercute na resistência ao cisalhamento da alvenaria, à resistência ao fogo, ao desempenho termoacústico, à resistência a cargas laterais e a capacidade de redistribuição das tensões desenvolvidas nas paredes. Santos (2001), alega que o não preenchimento das juntas verticais com argamassa indicou que o preenchimentos delas não influencia no desempenho estrutural da alvenaria. Roman et

al. (2001), acrescenta que o preenchimento das juntas interfere pouco em relação a resistência à compressão, e sim, em relação a resistência a flexão e cisalhamento da parede.

Segundo Ramalho (2003) e Oliveira, (2004) diversas pesquisas indicam que a espessura ótima para as juntas de alvenaria é de 1 cm. Valores menores, que teoricamente levariam a alvenarias mais resistentes, não são recomendáveis, pois as juntas não conseguiriam absorver as imperfeições que ocorrem nas unidades. Juntas de 16 mm a 19 mm reduzem a resistência à compressão em até 30% se comparadas às juntas de 10 mm. Espessuras maiores que 1 cm causarão redução da resistência pelo aparecimento de maiores tensões de tração lateral nos blocos ou tijolos. A NBR 8798 (ABNT, 1985) especifica a espessura dos cordões de argamassa em 10 mm, existindo uma tolerância de 3 mm para mais ou para menos, tanto para a junta horizontal quanto para a junta vertical, proibindo-se o uso de calços de qualquer natureza.

3.5.1.4 Lajes

Independentemente, do tipo da laje que será usada na obra, o uso da cinta de respaldo se mostra fundamental. Segundo Duarte 1999, a melhor laje no caso de edificações em alvenaria estrutural seria as armadas em duas direções. Pois, apresentam boa rigidez em relação a ventos e cargas verticais. Além disso, por serem apoiadas em mais de duas paredes, no caso de algum morador decidir por retirar uma parede, ainda apresentará maior resistência em relação as outras.

As movimentações térmicas das lajes de cobertura podem ocasionar manifestações patológicas caso não se adote algumas medidas preventivas, tais como a inserção de juntas de movimentação horizontal ou a adoção de apoios deslizantes (neopreme, teflon, manta asfáltica, camada dupla de manta de PVC, dentre outros) entre a interface da laje de cobertura com a alvenaria (THOMAZ, HELENE, 2000). A fim de minimizar este problema, outras ações podem ser aplicadas como: ventilação dos áticos, a isolação termina das lajes e juntas de dilatação das lajes de cobertura.

3.5.1.5 Vergas e contra vergas

A verga é considerada um elemento estrutural posicionado sobre vãos, não maiores que 1,20 m. “Componente estrutural colocado sobre ou sob os vãos de aberturas das paredes com a finalidade de transmitir esforços verticais aos trechos de parede

adjacentes às aberturas” (NBR 8798, 1985). Se o vão for maior que 1,20 m, deve então, ser considerado a utilização de uma viga que transmitiria os esforços para os pilares ou paredes. “Em aberturas de portas e janelas devem ser executadas vergas para reforço estrutural. A verga é posicionada na primeira fiada acima da abertura, tanto em portas quanto em janelas” (KALIL, s.d.).

Enquanto isso, as contra vergas são posicionadas sob vãos na primeira fiada subsequente ao vão com finalidade de absorver tensões de tração (Santos, 1998). Elas são, normalmente, executadas em blocos canaletas, devendo ter seu comprimento prolongado para no mínimo a medida do comprimento de dois blocos canaletas, para ambos os lados do vão, seguindo a mesma execução para as vergas de aberturas de janelas.

3.5.1.6 Cintas de Amarração

“Componente estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes ou vergas das aberturas, com a finalidade de transmitir cargas uniformes à parede que lhe dá apoio ou ainda servir de travamento e amarração” (NBR 08798, 1985, pág. 2).

“Podem ser executadas em concreto armado ou com blocos canaleta e blocos “J” preenchidos com graute e armadura. Nas paredes externas são empregados os blocos “J” para evitar o uso de formas de madeira, já nas paredes internas a cinta de amarração é executada com os blocos canaleta tipo “U” quando o pé-direito é múltiplo de 20cm e com blocos compensadores quando a distância entre pisos é múltipla de 20 cm. O principal problema que temos na execução de cintas são os cantos e encontros de paredes, onde não há um encaixe entre os blocos, sendo necessário a utilização de formas de madeira ou ser executado um corte na aba da canaleta.” (KALIL, s.d., pág. 42). Na figura a seguir a cinta de amarração esta representada na última fiada da elevação.



Figura 17: Cinta de amarração

Fonte: CIMENTO - <http://cimento.org/cinta-de-amarracao/> - Acesso em: 3 de fevereiro de 2015

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Parceria POLI/UFRJ e construtora imobiliária

O estudo apresentado teve início a partir do interesse de uma construtora do setor imobiliário na pesquisa de estudantes de engenharia civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro em três linhas de assuntos distintas que trariam resultados a serem aplicadas a obras da empresa para futuras melhorias.

Os alunos passaram pelo processo de seleção do setor de Recursos Humanos da empresa junto com os professores parceiros que seriam, posteriormente, orientadores de dos segmentos de estudo.

4.2 Estudo de caso

Entre os temas selecionados pela empresa, a referente pesquisa abordou a alvenaria estrutural relacionada à um novo projeto de produção baseado na otimização do processo produtivo e, priorizando, a fácil assimilação do mesmo pelos operários na obra.

O diferencial deste tema será a incorporação de mão de obra própria pela construtora. A contratação de empreiteiras cria algumas facilidades para as empresas que não precisam se responsabilizar com treinamentos, folhas salariais e documentações. Porém, a construtora optou pela mão de obra própria por poder treinar as equipes para atender o projeto de produção racionalizado que era o objeto de pesquisa. E assim, conseguir melhor comunicação entre projeto de produção e equipe de assentamento.

A obra que foi escolhida para a aplicação do projeto foi um condomínio residencial da empresa parceira voltado para o mercado de baixa renda com o auxílio do programa, do Governo Federal, Minha Casa Minha Vida. O programa tem como finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e à aquisição de novas unidades habitacionais pelas famílias com renda mensal de até dez salários mínimos, que residam em qualquer dos Municípios brasileiros.

O empreendimento se localiza em Campo Grande numa área de mais de doze mil metros quadrados de área total com oito torres de cada uma com quatro pavimentos de quatro apartamentos cada um. Cada unidade tinha entre cinquenta e uma e dois a três

dormitórios. Os blocos foram realizados em alvenaria estrutural com lajes pré-moldadas a fim de aperfeiçoar todo o processo construtivo, mas ao mesmo tempo mantendo a tipologia arquitetônica que é seguida pela empresa em todos seus produtos.

4.3 Novo projeto de produção

4.3.1 Estudo inicial

A empresa parceira, antes de iniciar o projeto com a UFRJ, realizou um estudo em laboratório, a fim de traçar em um projeto de alvenaria, qual seria a sequência de paredes que tornaria mais rápida o processo de assentamento dos blocos. Além de definir o tamanho da equipe atual para que isso acontecesse.

Em laboratório, com o projeto de um apartamento da obra citada acima, foram realizados diversas vezes o assentamento dos blocos em sequências de paredes diferentes sendo cronometrados. Então, pode-se definir ordem otimizada mais este processo. Após esta etapa, foi definida a equipe que fosse mais ágil e ao mesmo tempo com menos integrantes para atender o equilíbrio de produção e custos. Assim, do mesmo modo, através de tentativas, a equipe foi definida tem três operários: um assentando os blocos, outro servindo o primeiro e o terceiro abastecendo o apartamento com o material.

4.3.2 Equipe de assentamento

A equipe de assentamento de blocos é aquela que é responsável pela marcação e elevação da alvenaria. Neste grupo há uma divisão de tarefas onde cada um tem sua tarefa.

Pelo fato de a alvenaria estrutural ser um sistema altamente racionalizado, improvisos não são permitidos. A obra tem de ser executada com critério e cuidados especiais, por isso o treinamento da mão de obra é fator decisivo no sucesso, economia e qualidade da obra.

No caso do projeto de produção que é objeto desse trabalho. Da mesma maneira que a sequência de paredes foi determinada, a equipe também foi. Por métodos de tentativas, definiram a equipe que conseguiria trabalhar de forma mais harmônica e otimizada.

Então, definiu-se que a equipe seria formada por um dois serventes e um pedreiro

por apartamento, mais o encarregado que é responsável por supervisionar todas as equipes. Um servente seria encarregado de abastecer o apartamento com a quantidade devida de blocos, indicadas em projetos e também a argamassa de assentamento, repondo-a, quando necessário. O segundo servente abastece o assentador de blocos. É papel dele olhar o projeto e verificar qual será o tipo do próximo bloco a ser assentado. E, por último, o pedreiro passa a argamassa na fiada e assenta o bloco.

4.3.3 Cartilhas

Os projetos de produção foram realizados em forma de cartilhas com a finalidade de simplificar as tarefas dos trabalhadores, proporcionando a eles uma visão clara do objetivo, apresentadas a seguir. As cartilhas foram todas plastificadas para que a duração das mesmas seja mais longa. Pode-se observar nas obras como os projetos são plotados inúmeras vezes pelo desgaste do uso e condições climáticas.

Ao contrário do que acontece nas obras em geral que utilizam projetos de primeira e segunda fiada mais a de elevação fazendo com que quem esteja utilizando tenha que estudar o projeto e por diversas vezes consulta-lo, as cartilhas foram criadas de forma diferenciada para cada fiada. Assim, mostram-se vãos de janelas e portas, vergas e contravergas, a modulação e a diferenciação dos blocos, principalmente, na última fiada que há maior mudança no tipo do bloco.

Em paralelo, foram elaborados também projetos de posicionamento de escantilhões para a marcação da primeira fiada da alvenaria de forma a otimizá-los em relação a quantidade e também um projeto em relação ao posicionamento de pontos elétricos.

Um exemplo da cartilha esta representada na figura a seguir.

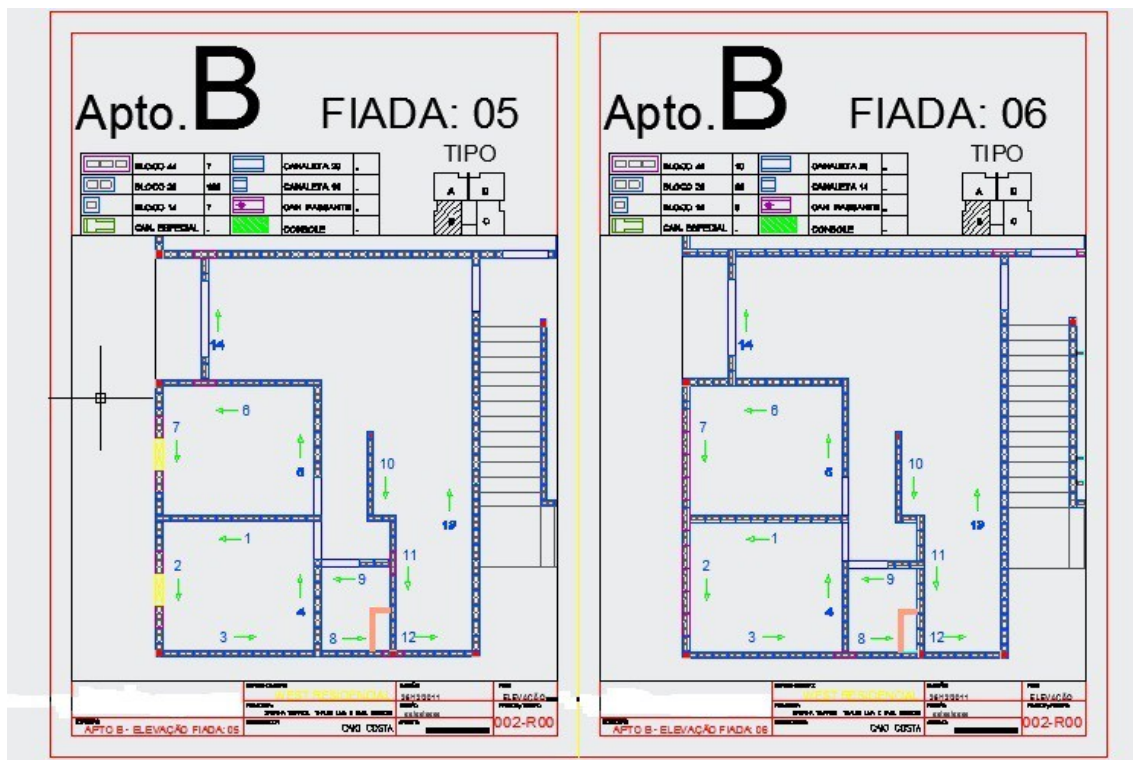


Figura 18: Projetos 5ª e 6ª fiadas

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

Os detalhes descritos a seguir visam comunicar com precisão qual componente será utilizado, em qual local e de que modo este será assentado.

4.3.4 Marcação

“O assentamento da primeira fiada somente pode ser realizado sobre bases de concreto niveladas e após 16 horas do término da concretagem da laje” (SABBATINI, 2003, apud RICHER, 2007). Segundo Santos, 1998, a marcação da alvenaria exerce um papel fundamental na resistência, nivelamento, esquadro e planeza das alvenarias.

A marcação da alvenaria deve ocorrer de forma que a laje esteja nivelada e o esquadro conferido. A primeira fiada é referência para a elevação das fiadas superiores num mesmo pavimento e também para a primeira fiada do andar imediatamente superior (ABCP, 2004). Pois, as medidas são transferidas de um nível ao outro. É necessário ter em mãos o projeto de execução da primeira fiada para o início dessa etapa. Como a ideia dessa pesquisa é fazer um projeto para cada fiada, após a marcação o operário deve estar com os projetos das 14 fiadas em mãos para não haver interrupções, e assim, prejudicar o andamento da execução.

A marcação prévia tem como objetivo orientar de maneira mais eficaz o projeto de elevação da alvenaria estrutural. Utilizando os princípios de modulação, consegue-se facilmente visualizar o início de cada parede, seu término, pontos de quina, e outras informações relevantes para a construção das paredes.

Para a execução da marcação em obra, segue-se uma ordenação definida na cartilha, a fim de minimizar erros no posicionamento de escantilhões e fios de nylon de guia, para a orientação física da elevação, apresentadas na a seguir. Estes equipamentos também auxiliam no alinhamento e no prumo das paredes, evitando desníveis e imperfeições desnecessárias, cuja correção é trabalhosa, e que caso aconteçam diminuem a qualidade da obra e ainda tem influência direta e negativa nos custos da obra.

Os escantilhões azuis são aqueles que têm função de marcar o início e final de parede e são os primeiros a serem instalados pela sua importância na planta. Os amarelos são localizados nas periferias, mas têm o papel de iniciar ou finalizar alguma parede. Eles são instalados para dar suporte para outros pontos no meio do pavimento para assim pode fazer a ligação com a linha. Por último, os vermelhos são instalados aonde haverá vão como de porta ou janela.

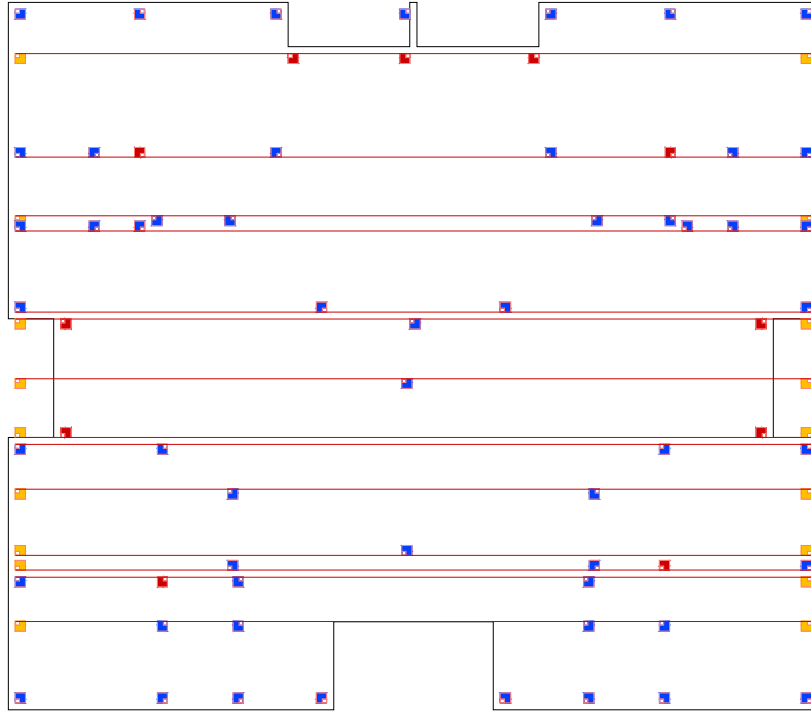


Figura 19: Projeto de posicionamento de escantilhões

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

Na figura abaixo podemos observar a instalação dos escantilhões sendo feita conforme o projeto de marcação de alvenaria e também, como será explicado a seguir, a separação da quantidade de blocos por apartamento.



Figura 20: Obra West Residencial, Campo Grande, Rio de Janeiro.

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

4.3.5 **Diferenciação de cores**

Encontra-se nas obras projetos de alvenaria por fiada, geralmente, em preto e branco pela economia que este tipo de plotagem gera. Entretanto, um projeto apresentado desta maneira gera dúvidas ao operário que no momento de definir qual o tipo de bloco terá interpreta o desenho e comparar os blocos que estão representados no mesmo e por comparação definir o que é bloco inteiro, meio bloco, canaletas, passantes e compens adorem.

A fim de minimizar essa problemática, escolheu-se por determinar um tipo de cor para cada tipo de bloco. A partir desta diferenciação de blocos, acredita-se que com o passar do tempo e do aumento de consultas ao projeto, os operários começarão a assimilar a cor ao tipo.

Através desse processo, acredita-se que o processo ganhará agilidade por fazer com que o operário tenha mais uma ferramenta no projeto para determinar suas escolhas. Além disso, redução dos erros de assentamento, já que, então, os operários terão maiores informações para conseguirem seguir de forma correta o projeto.

4.3.6 **Localização da equipe de trabalho**

Uma questão que também é observada no canteiro de obra é a dificuldade que o operário tem de se localizar no pavimento em relação ao projeto. Alguns não tiveram experiência de consulta de projetos para conseguir na leitura do documento definir a localização.

Assim, com o objetivo de gerar mais uma ferramenta para sanar este tipo de dúvida. No cabeçalho das cartilhas contém informações necessárias para situar o operário do projeto em questão, sua localização dentro do pavimento a ser elevado.

A informação é, basicamente, um esquema simplificado da planta baixa da edificação, representada na figura 21, que indica qual apartamento será executado, com posição relativa à planta hachurada. Essas informações permitem a localização global do operário evitando assim confusão ou troca de cartilhas.

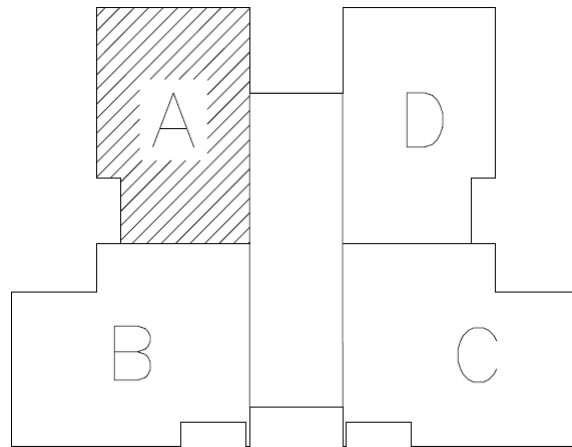


Figura 21: Esquema simplificado da planta baixa da edificação.

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela

4.3.7 Tipo e quantificação dos blocos

Uma questão que envolve logística da obra é a estocagem de material e transporte pelo canteiro de obras. Os blocos de alvenaria estrutural por serem eles que transmitem todos os esforços da estrutura demandam maior cuidado.

É possível observar na estrutura de um prédio onde o serviço de elevação esteja acontecendo que após o serviço ter sido terminado em um pavimento, muitas vezes são deixados alguns materiais que não foram usados, como, por exemplo, blocos. Isso se deve ao fato do responsável pelo abastecimento ter transportado mais material que o necessário para a elevação da alvenaria.

Essa situação gera um trabalho duplo ao servente que abastece a equipe. Pois, uma vez que ele tenha abastecido um pavimento ou apartamento, o ideal seria ele abastecer o próximo. E não, ter que voltar para o anterior, buscar materiais que sobraram e levar para o local que será trabalhado em seguida.

Além do trabalho do servente, isso torna o canteiro de obra um ambiente sem logística e desorganizado, o que faz com que os encarregados não saibam, exatamente, a localização de todo o material.

A fim de evitar esta problemática, no cabeçalho de cada cartilha há um quadro que determina a quantidade exata que cada tipo de bloco usará por fiada, como se pode observar na figura a seguir.

Através deste quantitativo, é possível para a equipe do almoxarifado, de produção e gerencial saber até quando o material será suficiente e quando será necessário fazer um novo pedido de material.






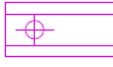

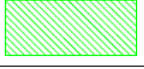
	BLOCO 44	14		CANALETA 29	0
	BLOCO 29	121		CANALETA 14	0
	BLOCO 14	5		CAN. PASSANTE	0
	CAN. ESPECIAL	0		CONSOLE	0

Figura 22: Esquema simplificado da planta baixa da edificação.

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

4.3.8 Particularidades das fiadas

Na elevação de uma parede, cada fiada contém alguma particularidade que exigem atenção da equipe de assentamento. Por exemplo, as aberturas para instalação das esquadrias e/ou equipamentos, por exemplo, ar condicionado, possuem detalhes estruturais específicos, uma vez que as paredes são elementos portantes e detalhes demandam vãos na estrutura.

Logo, o posicionamento de canaletas para execução das vergas e contra-vergas são de extrema importância, além de ser um bloco que é usado para fins específicos. Isso quer dizer que no orçamento, ele é dimensionado em menor quantidade, então não deve ser assentado na posição de outro. E também, deve-se lembrar que as vergas e contra-vergas têm medidas exatas em relação a posição do vão.

A amarração das paredes estruturais também devem ser, cuidadosamente, estudadas e detalhadas nos projetos, evitando erros e interrupções da execução, pois são elas que terminam a elevação.

O uso de blocos passantes posicionados de forma correta é crucial para o bom funcionamento do edifício será por eles que algumas instalações passaram. E como neste tipo de bloco não pode haver quebra, este bloco deve ser usado em compatibilidade com os outros sub sistemas.

Por último, os blocos chamados de compensadores que são aqueles que usam sub medidas, não podem ser substituídos por outros blocos ou mudados de posição. Pois, há uma modulação a ser respeitada como alinhamento dos blocos para que as juntas entre fiadas não se encontrem, isso para que o fim estrutural seja mantido.

4.3.9 Posicionamento dos blocos elétricos

A compatibilidade de projetos é uma das questões que gera maior cuidado em relação à alvenaria estrutural. Por não poder haver quebras a alvenaria deve estar de acordo com os outros subsistemas.

A fim de minimizar a problemática desta situação, foi criado também um projeto de para auxiliar os assentadores de blocos a não cometerem erros no posicionamento dos blocos elétricos que acontecem com frequência no canteiro de obras. Como já falado no caso da alvenaria estrutural, não haverá quebra de blocos, pois afetaria a resistência deles. Logo, os blocos elétricos chegam, ao canteiro de obra, prontos para o assentamento com a furação necessária.

Logo, a compatibilidade de projetos é uma pré-etapa essencial, pois é a partir deles que os serviços podem acontecer de forma correta. Depois disso de sabermos por onde passarão as prumadas de elétrica, acrescentamos uma marcação de “x”, logo na primeira fiada. Esta marcação é feita de forma antecipatória, pois assim ela já mostra ao operário que na sexta fiada no mesmo alinhamento do “x”, haverá um bloco elétrico. A seguir são apresentados o projeto de um apartamento seguindo este projeto para maior detalhamento, e logo após o pavimento como é recebido pelo operário.

O projeto onde estão representados os pontos elétricos se encontram nas figura a seguir.

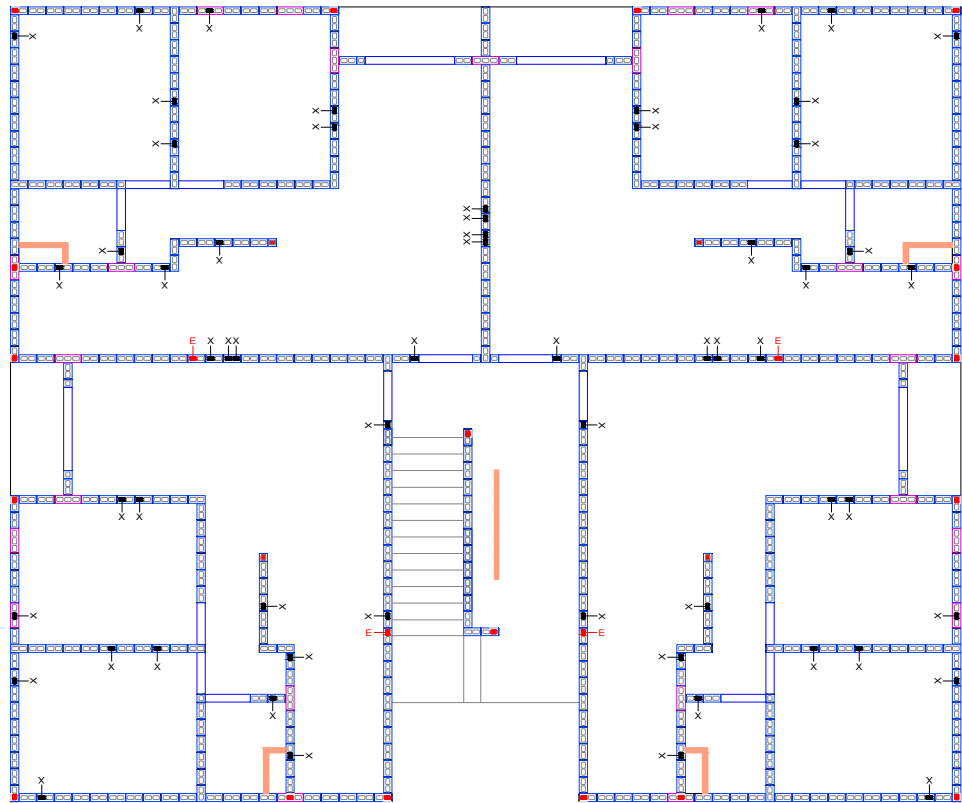


Figura 23: Posicionamento dos pontos elétricos

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

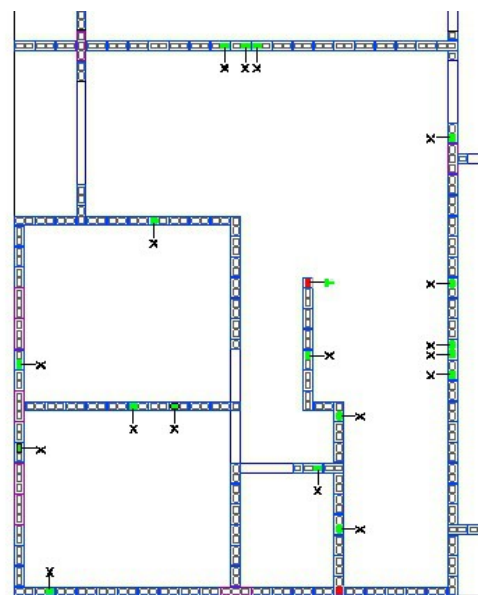


Figura 24: Posicionamento dos pontos elétricos

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

A seguir a figura de uma que foi feita na obra que mostra os blocos elétricos que foram instalados na sexta fiada da elevação com o uso do projeto de pontos elétricos.



Figura 25: Obra West Residencial, Campo Grande, Rio de Janeiro.

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

4.3.10 Sequência da elevação

O diferencial desse projeto de produção é a sequência de paredes que para serem elevadas geram o menor tempo para o assentamento. Como já foi dito no começo do capítulo, a sequência de paredes foi determinada em laboratório, onde várias sequências foram cronometradas, e por fim, uma foi determinada como a mais otimizada.

Para cada apartamento existe uma sequência de paredes a serem elevadas. Determinou-se que o operário ficaria por dentro do apartamento em uma posição em que pudesse observar o andamento do trabalho através de uma visão geral do processo de execução.

A sequência é numerada, mostrando por onde começar e ao lado de cada número uma seta indica o sentido do caminho do assentamento que deve ser seguido pelo pedreiro. A seguir uma figura do apartamento detalha os diferenciais deste projeto.

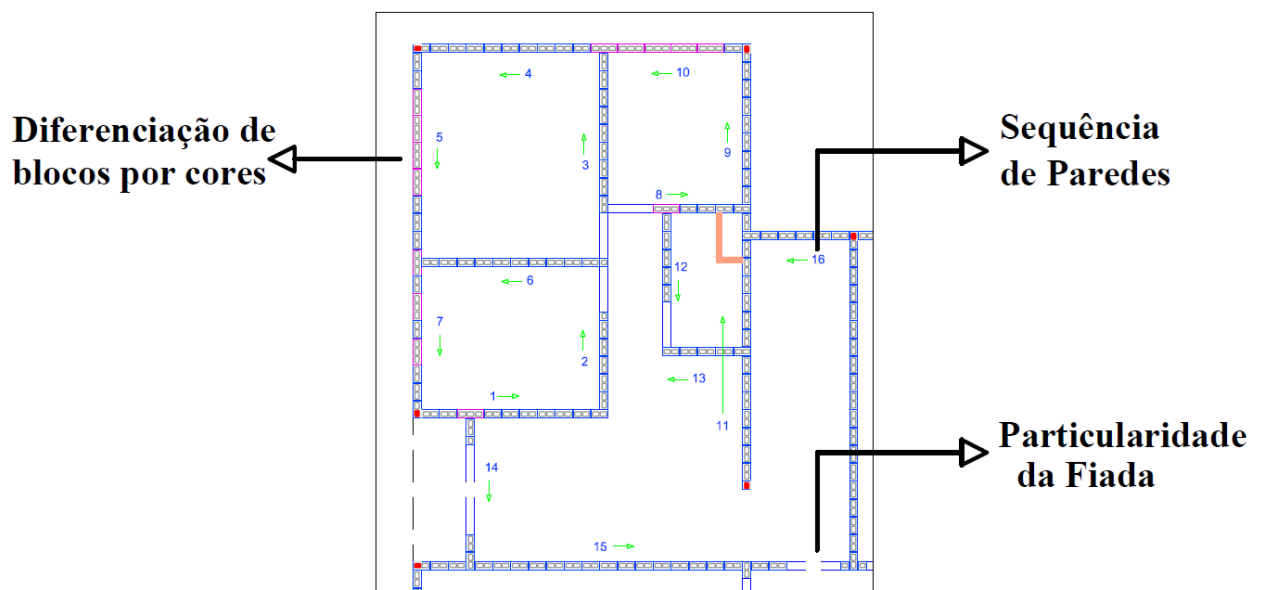


Figura 26: Sequência de paredes

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

Assim, as ferramentas citadas quantitativo, sequência de fiadas, diferenciação por cores, localização em relação ao pavimento, foram organizadas na mesma cartilha como mostra a figura seguir.

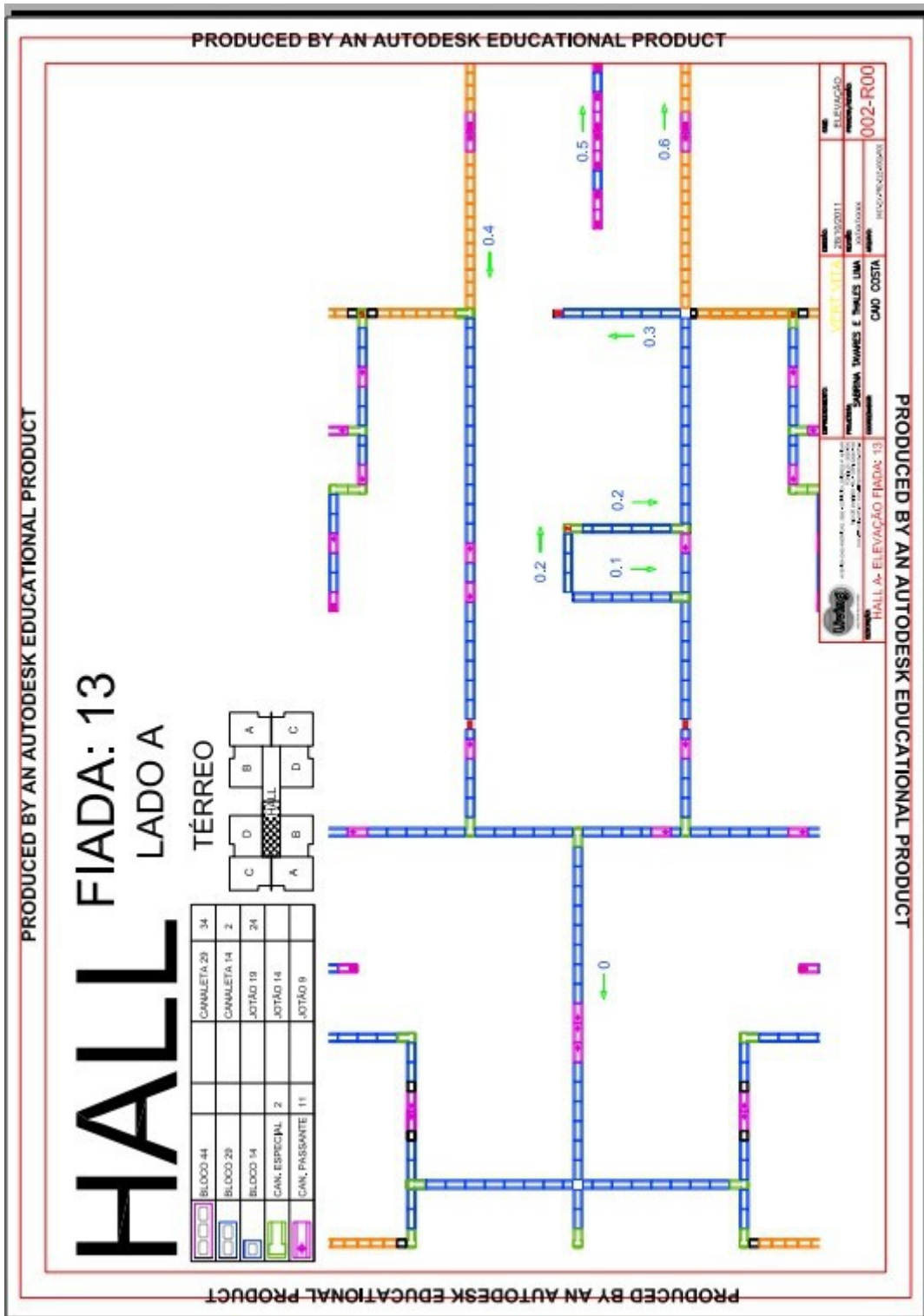


Figura 27: Cartilha do hall

Fonte: Equipe PIC – UFRJ & RJZ Cyrela, 2011

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cartilha foi desenvolvida a partir da parceria de alunos de um grupo iniciação científica da UFRJ com uma construtora. O objetivo da mesma era ser de fácil assimilação para a nova mão de obra que a empresa estava incorporando na época.

A obra onde as cartilhas foram implementadas teve como meta ser mais racionalizada possível. Os motivos eram vários, entre eles: ser lucrativa e ao mesmo tempo conseguir entrar no plano do governo federal Minha casa, minha vida. A fim de alcançar este ponto foram usados sistemas racionalizados como alvenaria estrutural, lajes e escadas pré-moldadas, kits hidráulicos com acabamento em dry wall e projetos de produção. Entretanto, os alunos da pesquisa foram encarregados da elaboração dos projetos de produção sobre o subsistema alvenaria estrutural.

O projeto de produção agrega também as obras um perfil mais industrializado, tentando distanciar dos serviços a característica artesanal. Isso se deve ao fato de haver um maior nível de planejamento e de maior informação junto aos projetos para tentar evitar erros cotidianos e trabalhos desnecessários. Como no caso do quantitativo de blocos, que faz com o que a produção da obra saiba, exatamente, a quantidade de material a transportar para cada fiada, no caso do projeto desse trabalho. Assim, cria para o canteiro de obra um perfil de produção em série. Evita-se não somente o corte ou quebra destes, como também se reduz os gastos de energia e tempo com o transporte horizontal e vertical de material. A racionalização dos sistemas construtivos propicia, desta forma, a redução da geração dos resíduos sólidos, que é uma medida importante na ótica da sustentabilidade.

Uma vez elaborado o projeto, o uso dela pelos operários era feita em larga escala, pois ela servia de guia para a equipe da alvenaria estrutural executar todas paredes em todas as etapas da execução. Para que isso acontecesse de forma efetiva, a empresa efetuou um treinamento estruturado para que os funcionários entendessem todo o processo de execução da alvenaria estrutural com a utilização das cartilhas. Inclusive o entendimento e uso da cartilha foram eliminatórios no processo de seleção de funcionários.

Após a implantação da cartilha na rotina dos empregados da obra, foram observados pontos importantes em relação ao desempenho da mesma. Todas as fiadas de todos os

apartamentos possuem um projeto de produção impresso em forma de cartilha, já havendo anteriormente a compatibilização dos projetos arquitetônicos, estrutural e das instalações prediais. Com isto, este projeto executivo diminui a tomada de decisões na obra, antecipando e prevenindo problemas de execução, devido a um planejamento prévio.

A elevação da alvenaria estrutural na empresa antes era feita de forma aleatória escolhida pelo encarregado de assentar os blocos. O processo era artesanal, o que produzia variação nos resultados finais, gerava erro modular dos blocos e desperdício de tempo e material. Visando aumentar a produtividade deste processo, a a cartilha já definia qual sequência de paredes e o sentido do assentamento dos blocos.

Entretanto, no começo do período da implementação da cartilha, a empresa notou que os gastos para a implementação da mão de obra própria em relação às empreiteiras existentes no mercado não apresentava vantagens. Todo o custo da incorporação da estava acima do que a empresa orçava lucrativo.

Outra questão que impossibilitou a análise do uso das cartilhas foi a condição climática na época. Durante o mês de janeiro, houve intensas chuvas na região que fizeram que o serviço parasse ou tivesse um rendimento abaixo do esperado. No caso na mão de obra própria, mesmo que não haja avanços nas tarefas, o empregador tem obrigações legais de fazer todos os pagamentos que o trabalhador tem direito. Ao contrário, da mão de obra terceirizada que a construtora paga, somente, o serviço realizado.

Contudo, como continuação deste projeto, poderia haver uma nova implementação das cartilhas em outra obra. E, a partir disso, poder acompanhar a execução dos serviços com o uso da cartilha, desde o primeiro pavimento tipo até o último. Com isso, poder comparar os prazos entre pavimento e averiguar se como os estudos apontam há uma redução do tempo de execução de um pavimento para o outro com o andamento da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRANCO, L. S.. **Sistema de informação para coordenação de projetos em alvenaria estrutural**. Dissertação de mestrado, USP, 2001.

HEINECK, L.F. **Efeito aprendizagem, Efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade nas alvenarias**. Anais do III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, Florianópolis SC, 30 e 31 de outubro, 1991

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5731: Coordenação Modular da Construção**. Fevereiro de 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: ABCI/Projeto/PW, 1990. 280p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706: Coordenação Modular da construção: procedimento**. Rio de Janeiro, 1977.

BNH / IDEG. **Coordenação Modular da Construção** - Gráfica Portinho Cavalcanti Ltda. Rio de Janeiro, 1978

ROSSO, Teodoro - **A Coordenação Modular: Teoria e Prática** – Instituto de Engenharia de São Paulo, 1996

ABD. Majod; MUHD, Ziami; MCCAFFER, Ronald (1998), **Factors of Non-Excusable Delays That Influence Contractors Performance**, Journal of Management in Engineering, Vol. 18, Nº 2, Abril, pp. 84-94

FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do processo produtivo de edifícios em alvenaria estrutural**. Minas Gerais, 2009. Monografia – Escola de Engenharia da Universidade

Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de materiais e Construção. Curso de Especialização em Construção Civil.

YOSHITO, É. **Sistemas construtivos em alvenaria estrutural de blocos de concreto**, 2005.

PRUDÊNCIO JR, L.R.; OLIVEIRA A.L.; BEDIN, C.A. **Alvenaria estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: Editora Gráfica Pallotti, 2002

ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: um estudo de caso**. Florianópolis: UFSC, 1995. 117 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Santa Catarina, 1995.

GOMES, N.S., **A resistência das paredes de alvenaria**, Tese M.Sc., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1974.

ALY, V. L. C. **Determinação da capacidade resistente do elemento parede de alvenaria armada de blocos de concreto, submetido à esforços de compressão**. São Paulo, 1991. 103p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo.

ALY, V. L. C.; SABBATINI, F. H. **Determinação de correlações de resistências mecânicas de paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. IN: 5TH International Seminar on Structural Masonry of Developing Countries, 1994, Florianópolis – Brazil.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

GREVEN, H. A. **Coordenação Modular**. In: **GREVEN, H. A. Técnicas não convencionais em edificação I**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI. **La coordinación modular**. Barcelona: GG, 1971.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1999.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edificações de Alvenaria Estrutural**. Associação Nacional da Indústria da Cerâmica. Porto Alegre, 1999.

BAUER, Roberto J. F. **Patologias em Alvenaria Estrutural de blocos vazados de concreto**. Prisma, 2007.

OLIVEIRA, R. A. **Notas de Aulas da Disciplina: Alvenaria Estrutural** – Mestrado de Estruturas, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Pini. São Paulo, 2003.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL -

<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural> -

acesso em: 2 de fevereiro de 2015

KALIL, Sílvia Maria Baptista. **Alvenaria Estrutural**. Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2015

ARCARI, Andrey. **Alvenaria estrutural e estrutura aporticada de concreto armado: estudo comparativo de custos para execução de empreendimento habitacional de interesse social** – Graduação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.