

# **COORDENAÇÃO MODULAR DA ALVENARIA ESTRUTURAL:**

## **Concepção e Representação.**

### **Modular coordination of Structural masonry: conception and Representation**

**SIQUEIRA, Renata A.; MALARD, Maria L.; SILVA, Margarete M. A.;  
TELLO, Marina; ALVES, José M.**

### **RESUMO**

O sistema construtivo com o predomínio de alvenaria estrutural modulada é muito empregado em construções habitacionais populares, devido ao seu baixo custo e facilidade de execução, principalmente se comparado aos sistemas metálicos ou em concreto pré-moldado tradicionais.

Para que a alvenaria estrutural alcance o desempenho desejado ela necessita, assim como os demais sistemas, de um bom planejamento das atividades do canteiro e de uma mão de obra qualificada para a sua execução.

Num setor onde as pressões acerca da produtividade e das reduções de custo são constantes, o uso de ferramentas que auxiliem o processo de planejamento e contribuam para a racionalização da produção tornam-se essenciais, para que as potencialidades do sistema sejam exploradas. Nesse sentido, o desenvolvimento de projetos voltados para as peculiaridades da produção da alvenaria estrutural é um fator importante, tanto no que se refere à racionalização de custos e processos, quanto à melhoria da qualidade, com redução de patologias decorrentes de erros de construção.

O trabalho analisa, por meio de um estudo de caso do Conjunto Residencial Serra Verde, as dificuldades encontradas na execução do projeto para a produção de alvenaria estrutural. Pretende-se enfatizar as questões relativas à coordenação modular, tais como: adequação do projeto arquitetônico à modulação dos blocos; adequação dimensional dos blocos às características de trabalhabilidade e de custo do empreendimento; compatibilização com as prescrições dos projetos das instalações

prediais e à facilidade de compreensão dos desenhos de alvenaria estrutural pelo pessoal do canteiro de obras.

**Palavras chave:** Coordenação Modular, Alvenaria Estrutural, Representação

## **ABSTRACT**

Building systems based on modular structural masonry are largely adopted in low cost housing because they are cheap and easy to build in comparison to traditional systems as pre-cast concrete and steel frames.

In order to reach a good performance, structural masonry works need to be very well planned and to be carried out by qualified labour.

When there is a social demand for high productivity and cost reduction, it is crucial to use special tools, to improve and rationalize the construction process, exploring its full potential. Thus, it is important to develop projects that consider the peculiarities of the structural masonry production, as far as productivity and cost reduction are concerned. Another aspect to be taken into account is the reduction of structural masonry pathologies due to construction errors.

This paper analyses - by means of a case study about the Conjunto Residencial Serra Verde - the difficulties that are met in the design project of structural masonry to be built by unqualified labour. The emphasis is put on the problems related to modular coordination; the compatibility of the architectural design with the dimensions of masonry components; the compatibility of components dimensions with labour characteristics and building costs; the compatibility of the system with electrical installations and plumbing. The perfect understanding of the masonry design project by the labour force is also considered.

**Key Words:** Modular coordination, Structural masonry, Representation

# 1-INTRODUÇÃO

Historicamente, os sistemas estruturais onde as paredes funcionavam como elemento de sustentação sempre fizeram parte do cotidiano dos canteiros de obras. Desde a taipa, que necessitava de uma grande espessura de parede para cumprir sua função estrutural, passando pelo pau-a-pique, a cantaria, até o desenvolvimento do bloco de argila, a alvenaria sempre cumpriu uma função estrutural. (ABCI, 1990)

Foi a partir de 1970 que a alvenaria estrutural com blocos de concreto mais se desenvolveu, impulsionada pelo investimentos do Banco Nacional de Habitação – BNH - no segmento da moradia popular e pelo desenvolvimento de normas técnicas específicas para o sistema, fazendo acelerar o desenvolvimento tecnológico do setor e consolidando definitivamente o sistema construtivo. (ABCI, 1990)

No Brasil, o uso da alvenaria estrutural quase sempre esteve associado a construções de baixo custo. Culturalmente carrega o estigma de construção rígida, que impõe limites à Arquitetura devido à utilização das paredes como elemento estrutural. Limitações arquitetônicas estão presentes em qualquer sistema construtivo e no caso da alvenaria estrutural, as limitações impostas podem ser reduzidas pelos avanços na tecnologia de produção dos componentes, nos métodos de cálculo e na familiaridade dos arquitetos com o sistema. A distribuição adequada dos elementos com função estrutural, por exemplo, pode trazer ganhos significativos quanto à flexibilidade, que é um dos aspectos limitadores da alvenaria estrutural.

A principal vantagem obtida com o uso da alvenaria estrutural é a redução de custo, principalmente em função das possibilidades de racionalização da obra oferecida pelo sistema. A modulação torna-se um fator econômico importante quando, ao inserir uma série de componentes idênticos, reduz o trabalho, tanto estrutural quanto de acabamento.

Uma estrutura modular, fabricada com qualidade e explorado todo o seu potencial de racionalização, combinando o uso dos elementos modulados a pré-fabricados, como vergas de portas ou degraus de escadas, otimiza a produtividade da mão de obra, economiza elementos como chapisco, reboco e formas, reduz os cortes nos revestimentos e conseqüentemente, leva à redução do custo da obra.

Assim como as preocupações acerca do custo, as questões ergonômicas e de produtividades sempre estiveram presentes no cotidiano dos canteiros de obras. Os primeiros tijolos de barro produzidos tinham dimensões que buscavam se adequar à capacidade de trabalho do pedreiro, possuindo relações entre espessura, comprimento e largura que favorecessem o trabalho e também a modulação. O comprimento de um tijolo deveria ser o dobro da largura enquanto a espessura deveria ser a metade. Em 1940 a ABNT normatiza as dimensões do tijolo de barro cozido em 5,5x11x22 cm. Depois do tijolo de barro surgiu o tijolo furado de 20x20cm, que proporcionou maior agilidade na execução e, posteriormente, o bloco de concreto de 20x40, que possui a mesma modulação de alguns blocos usados atualmente. (ABCI, 1990)

A racionalização da alvenaria estrutural e os ganhos de produtividade são obtidos não só pela simples utilização dos blocos, mas pela racionalidade e compatibilização dos projetos. É nesse contexto que se inserem os projetos destinados à produção. O projeto para produção de alvenaria deve reduzir o número de decisões a serem tomadas no canteiro, integrando-se aos demais projetos com a incorporação de todos os itens de instalações prediais e definição dos elementos a serem utilizados, visando preparar e planejar a execução

“As atividades de execução não devem abrigar, como tradicionalmente ocorre na construção civil, tomadas de decisão definidoras da qualidade do produto. Essas devem estar definidas nas etapas anteriores, nas atividades de concepção e planejamento”. SABBATINI E SILVA, 2003, pg 27.

Na seção seguinte pretende-se relatar e analisar o processo de desenvolvimento do projeto para a produção de alvenaria para o Conjunto Residencial Serra Verde<sup>1</sup>, enfatizando as alternativas aventadas e as dificuldades e as soluções encontradas no desenvolvimento dessas até a versão final do projeto.

---

<sup>1</sup> O Conjunto Residencial Serra Verde é um empreendimento em autogestão comunitária, financiado pela Caixa Econômica Federal através do Programa de Crédito Solidário. É fruto de uma pesquisa financiada pela FINEP e desenvolvida pela UFMG.

## **2-A MODULAÇÃO E A ARQUITETURA.**

O sucesso de um projeto de alvenaria estrutural depende da definição dos elementos estruturais, da modulação da alvenaria em função da Arquitetura e da adequação desta às dimensões modulares dos componentes.

O ideal é que todo o projeto arquitetônico seja desenvolvido considerando a modulação, evitando-se assim ajustes excessivos em fases adiantadas de projeto. Isso, entretanto, nem sempre é possível, pois a pré-definição do sistema construtivo pode, também, ser um fator restritivo na projeção. A indefinição de um sistema estrutural na fase de anteprojeto, com a opção pelo sistema estrutural depois dessa fase (alvenaria estrutural ou qualquer outro sistema), embora possa levar a um reprojeto, tem um lado positivo, que é a liberdade de escolha da tecnologia em função do custo do momento.

### **2.1 - Os elementos estruturais**

A definição de quais paredes terão 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 a organização interna dos espaços.

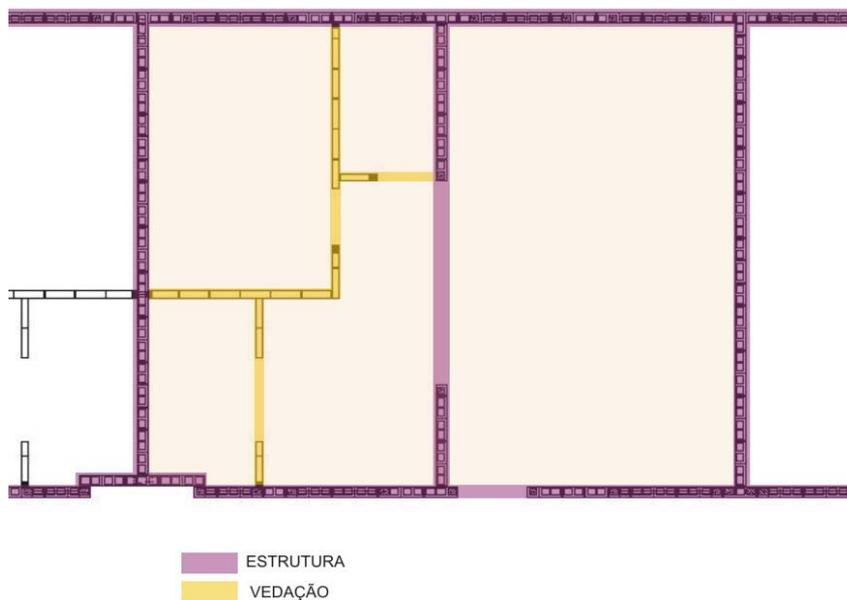
Ao se definir os elementos estruturais, o estabelecimento de algumas prioridades acaba auxiliando nos momentos de tomada de decisão. No RSV era importante permitir alguma flexibilidade para a unidade habitacional, devido às diferentes composições familiares, que demandavam a possibilidade de divisão do espaço interno em dois ou três quartos. Além disso, a redução das paredes internas, sejam elas estruturais ou de vedação, poderiam levar tanto a uma redução de custos, fator decisivo quando se trata de habitação de interesse social, quanto colaborar para a solução de problemas relativos às dimensões mínimas dos cômodos exigida pela legislação municipal<sup>2</sup>. A opção de divisão interna da unidade em três quartos tornaria o projeto inviável do ponto de vista legal, pois os quartos fatalmente teriam dimensões inferiores às exigidas pelo Código de Obras de Belo Horizonte.

---

<sup>2</sup> O Código de Obras de BH estabelece dimensões mínimas para os diversos cômodos da edificação.

No caso analisado, a definição dos elementos estruturais já era evidente desde as etapas iniciais de elaboração do projeto arquitetônico, em virtude da solução adotada: edifício em fita, com apartamentos geminados. Essa solução arquitetônica direcionava a estrutura para as paredes divisórias entre as unidades dispostas em fita, utilizando apenas uma das paredes divisórias internas (a parede central da unidade) como elemento estrutural, equacionando de forma satisfatória o dimensionamento dos vãos.

A opção foi, portanto, trabalhar com uma parede estrutural interna à unidade, além das paredes entre apartamentos e as laterais. O esquema estrutural adotado está ilustrado a seguir (figura 1).



**Figura 1- Esquema estrutural**

## **2.2 - A modulação**

Após a definição da alvenaria estrutural como sendo o sistema mais conveniente para a execução do empreendimento com mão-de-obra não especializada, o Projeto arquitetônico do RSV, foi modulado buscando atender tanto as modulações dos blocos das famílias de 29 cm (figura 2) quanto de 39 cm (figura 3), sem alterações significativas nas áreas das unidades habitacionais e nas dimensões do edifício.

“Modular uma alvenaria é projetar utilizando-se de uma ‘unidade modular’, que é definida pelas medidas dos blocos, comprimento e espessura. Essas medidas podem ou não ser múltiplas uma das outras. Quando as medidas não são múltiplas, a modulação é ‘quebrada’ e para compensá-la precisamos lançar mão de elementos especiais (...) chamados de elementos compensadores da modulação.” (ABCP, PR-2, sem data)

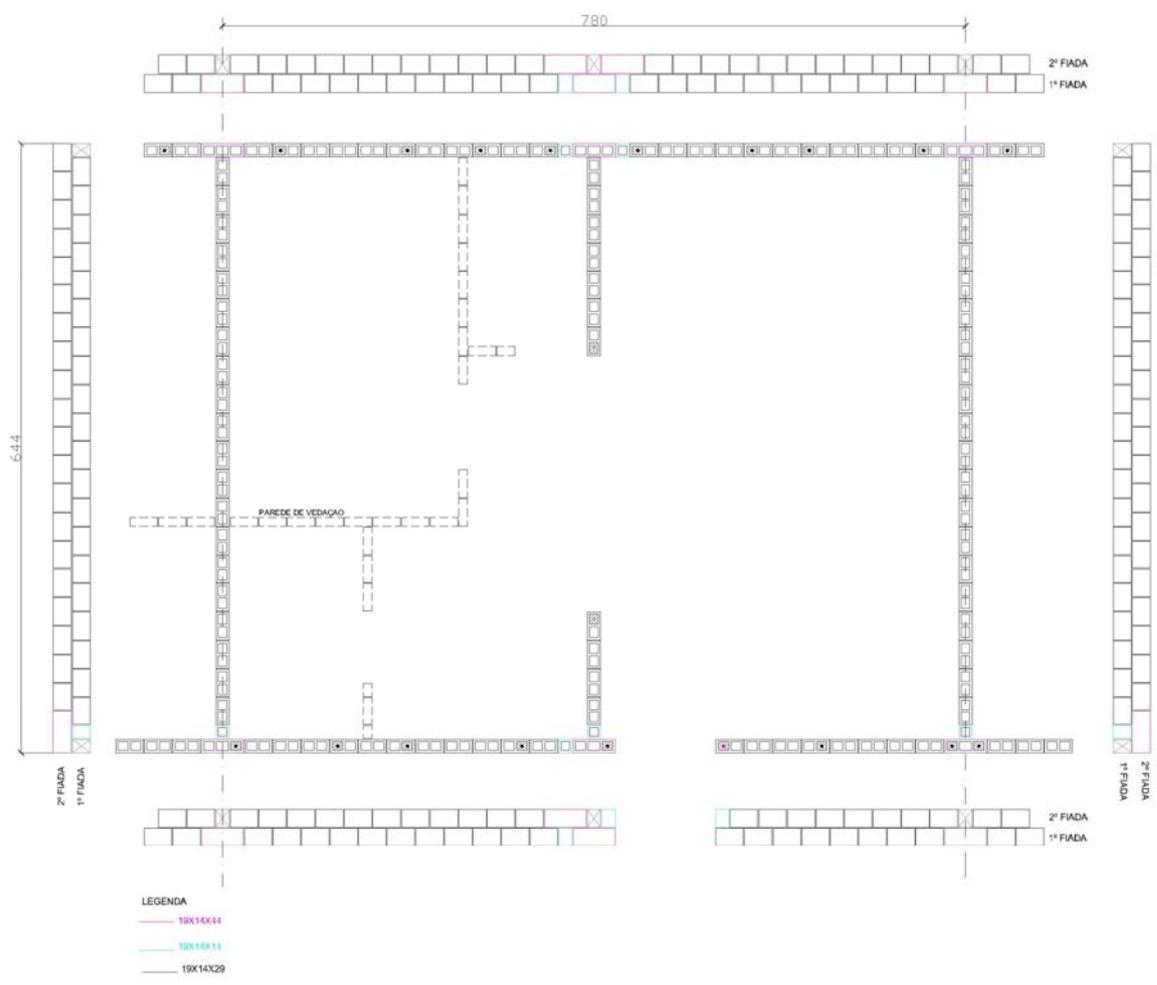
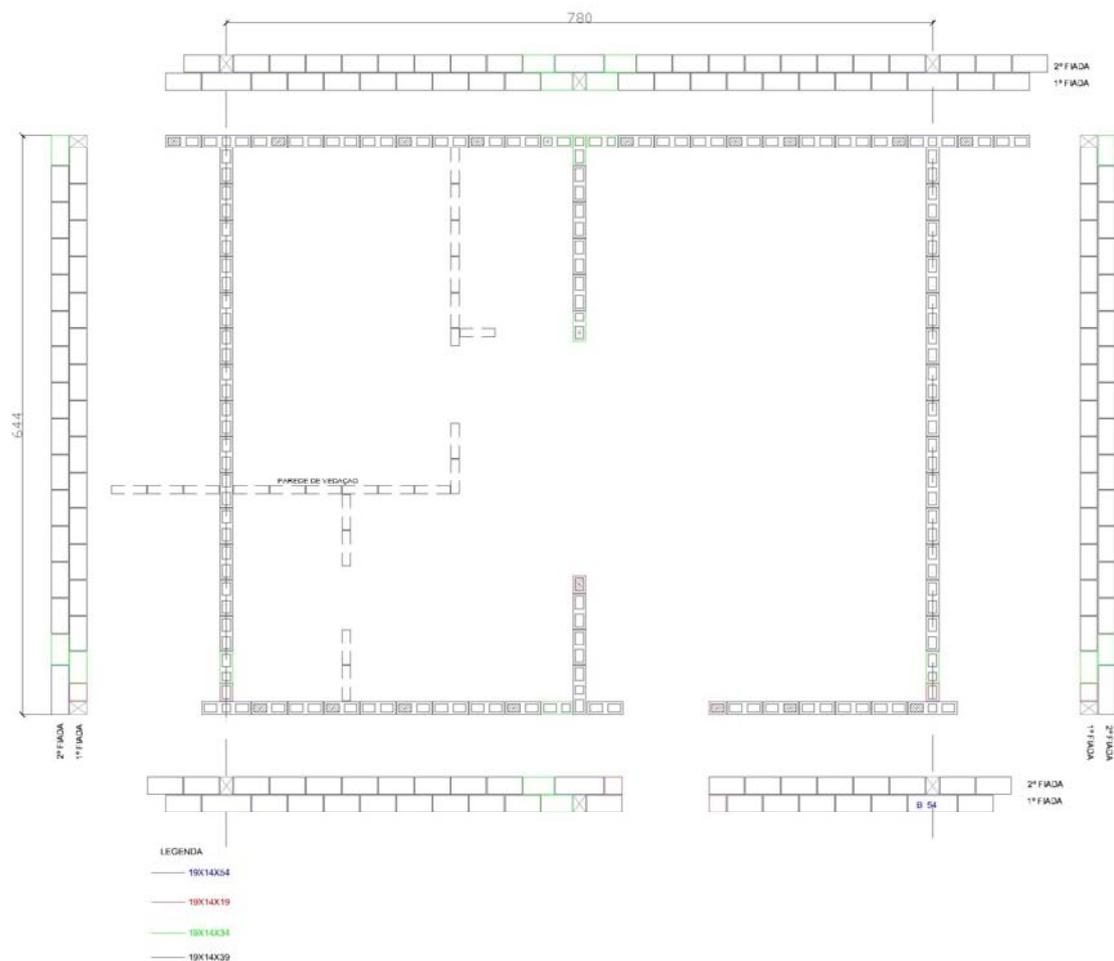


Figura 2- Modulação para os blocos da família 29



**Figura 3- Modulação para os blocos da família 39**

Projetar com blocos da família 29 ou 39 significa trabalhar com a modulação, no sentido do comprimento, de 15 cm ou de 20 cm, respectivamente.

Os blocos são definidos de acordo com sua aplicação, em estruturais e não estruturais. As dimensões dos blocos de concreto com função estrutural são determinadas pela NBR 6136 - *Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural*.

Segundo a NBR 6136, os blocos são designados pela largura em:

M15 – largura de 14 cm

M20 – largura de 19 cm

A norma cita apenas os blocos da chamada família 39, que possui comprimento modular de 20cm e é composta basicamente pelo bloco inteiro com 19x39 (h x c) e o meio bloco, com 19x19 (h x c), nas larguras de 14 e 19 cm. No mercado existem inúmeras outras opções para dimensões dos blocos que não constam na norma, entre eles os blocos da família 29.

Os blocos da família 39 designados como M15, possuem dimensão modular no comprimento de 20cm e na largura de 15cm, o que exige a inserção de blocos complementares para restabelecer a modulação nos encontros das paredes e amarrações, o que não acontece com os blocos da família 29, que possui modulação 15cm tanto no comprimento quanto na largura (ABCP, PR-1, sem data). Sendo assim, ao se projetar usando blocos M15 da família 39, usa-se uma diversidade de componentes muito maior do que quando se usa os blocos da família 29.

Os principais blocos M15 disponíveis no mercado para as famílias 29 e 39 são:

<b>Família 29 (lxhxc)</b>	<b>Família 39 (lxhxc)</b>
14x19x29	14x19x39
14x19x14	14x19x19
14x19x44	14x19x34
	14x19x54

**Tabela 1 – dimensões dos principais blocos**

No que se refere à etapa de projeto, desenvolver uma paginação utilizando blocos da família 29 ou 39 não facilita ou dificulta o trabalho, uma vez que existem no mercado as peças básicas para se modular uma alvenaria nas duas famílias de blocos. Além disso, a modulação utilizada não interfere significativamente nas características estruturais do edifício, sendo a característica dimensional mais relevante a largura do bloco. Mais importante que a dimensão é a resistência da parede, que é alcançada com a resistência do bloco determinada principalmente pelo concreto utilizado na sua confecção, aliada a recursos como ferragens e concreto para preenchimento dos furos. É a resistência que determina qual é a carga que uma parede pode suportar.

A escolha do tipo de bloco a ser utilizado deve levar em consideração não só a modulação, mas também a disponibilidade no mercado, o custo e as características de trabalhabilidade no canteiro de obras. No RSV foram desenvolvidos estudos para a modulação da alvenaria tanto com os blocos da família 39 quanto 29, sendo possível obter dimensões idênticas para o edifício, independente da modulação. Sendo assim, o fator que mais interferiu na escolha foram as características de trabalhabilidade no canteiro de obras.

Um empreendimento autogestionário<sup>3</sup>, leva ao canteiro de obras uma série de trabalhadores com características bem diferentes do trabalhador da iniciativa privada que, em geral, já é especializado ou recebe algum tipo de especialização para exercer uma função. O trabalhador de uma obra autogestionária na maioria das vezes não tem nenhum tipo de especialização ou possui experiência limitada e nem sempre tem a oportunidade de receber treinamento adequado. Além disso, é muito comum em canteiros autogestionários a presença de mulheres e pessoas mais velhas, que não possuem a mesma força física dos homens mais jovens, que são a maioria nos canteiros da iniciativa privada. Tendo em vista esses aspectos, torna-se importante avaliar as características dimensionais dos blocos e escolher o que mais se adapta às características da mão-de-obra, favorecendo antes de tudo a produtividade.

A opção, no RSV, foi pelos blocos da família 29. Em uma análise superficial os blocos da família 39 poderiam favorecer a produtividade uma vez que, sendo maiores, seria necessário uma menor quantidade de peças por metro quadrado produzido. No entanto, aspectos como a maior diversidade de blocos para solucionar uma paginação e o peso desses blocos deveriam ser considerados.

Uma diversidade maior de componentes pode quebrar o ritmo do trabalho e um bloco mais pesado desgasta muito mais o trabalhador, levando a uma redução da produtividade. Os blocos da família 29 são mais leves, o que pode tornar mais fácil a adaptação de uma mão-de-obra pouco qualificada. O principal mérito das alvenarias estruturais é, justamente, qualificar a mão-de-obra. A família 29, por ser composta por componentes mais leves, favorece a inclusão de também por mulheres e idosos. Além

---

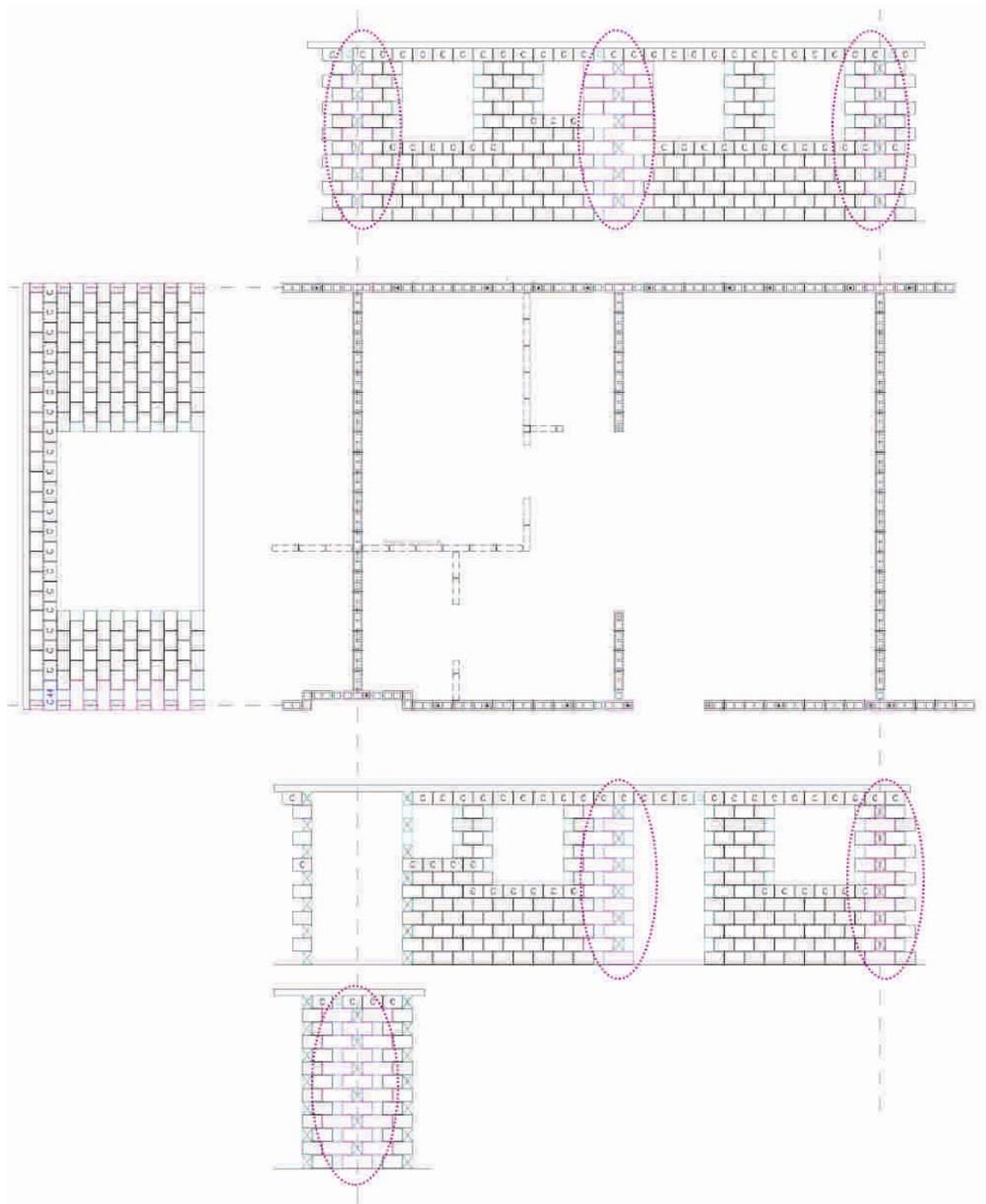
<sup>3</sup> Modelo de gestão onde as famílias têm autonomia para gerenciar a construção, com prioridade de contratação para trabalho remunerado e muitas vezes com trabalho de mutirão obrigatório

de se resolver com 3 componentes básicos: inteiro – 29, meio, 14 e bloco e meio de 44 cm. A outra família precisa do inteiro - 39, meio - 19, o de 34 e o de 54.

No RSV, a paginação da alvenaria foi desenvolvida buscando conciliar sempre os aspectos relativos ao peso e à diversidade de componentes, usando-se sempre a menor variedade de peças possível e evitando-se, também, o uso de componentes muito pesados, que no caso da família 29 é o bloco de 14x19x44.

A primeira alternativa de modulação (figura 4) desenvolvida para os blocos da família 29 trabalhava com os três blocos típicos da família, utilizando sempre o bloco de comprimento 44 nos encontros. Uma segunda alternativa de modulação (figura 5) foi desenvolvida, inserindo uma pequena alteração na modulação dos blocos, sem nenhuma necessidade de ajuste nas dimensões do edifício.

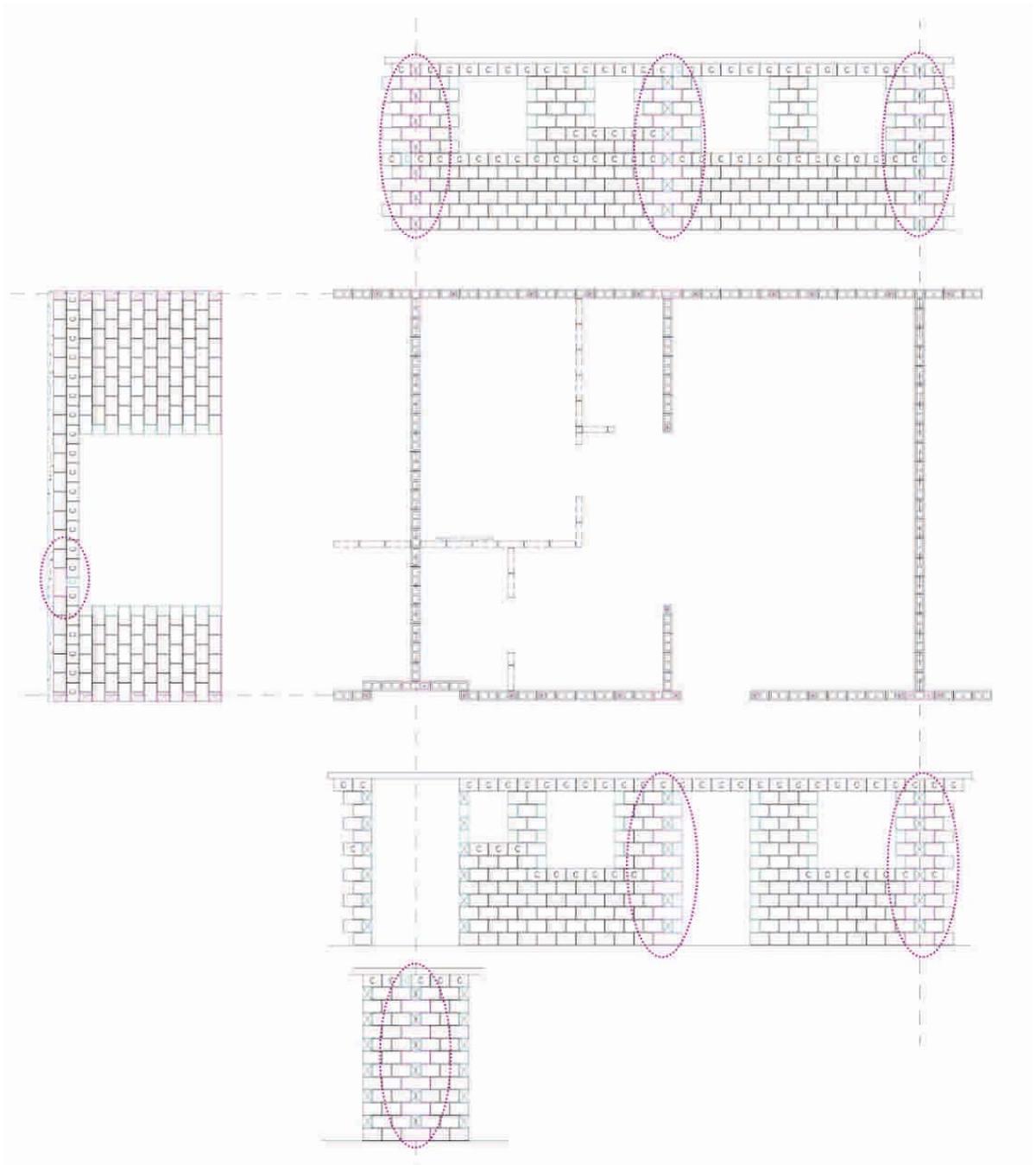
A segunda alternativa de modulação conseguiu reduzir o número de componentes com dimensão 44 utilizados na paginação, pela substituição de vários desses blocos por apenas um, inserido na viga sobre o vão interno da unidade habitacional, como elemento compensador da modulação. Nesse caso a alteração na modulação gerou uma quebra do ritmo da paginação nas duas últimas fiadas da parede estrutural interna. No entanto o ganho obtido pela redução no número de componentes mais pesados foi considerado mais vantajoso do que a manutenção do ritmo da paginação, e a segunda alternativa de modulação desenvolvida foi adotada.



LEGENDA

- 19X14X44
- 19X14X14
- 19X14X29

Figura 4- Primeira paginação



**LEGENDA**

— 19X14X44

— 19X14X14

— 19X14X29

**Figura 5- Segunda paginação**

A modulação final da alvenaria estrutural do projeto analisado é bastante racionalizada, não existindo muitas características atípicas no que se refere à modulação. No entanto, algumas características que interferem no dimensionamento da estrutura, como a altura do prédio e a dimensão de alguns vãos, trouxe a necessidade da utilização de componentes com modulação diferenciada em alguns pontos do edifício.

No 1º pavimento e nos pilotis do 2º pavimento são utilizados os blocos da família 39, na largura de 19cm. Nesse caso as demandas estruturais foram determinantes na escolha da do tipo de bloco a ser utilizado. Trabalhar com a espessura de 19m resolvia de maneira satisfatória as demandas estruturais. Optou-se, então, nessa situação, pela utilização dos blocos da família 39, uma vez que os blocos da família 29 na espessura 19cm, além de não modulares, não estavam disponíveis nos fornecedores pesquisados.

A utilização dessa modulação trouxe uma série de componentes e situações atípicas, como a necessidade de ligação entre blocos com modulações diferentes e ajustes na modulação com a inserção de uma série de elementos compensadores. Isso se deve principalmente à necessidade de ajustes para alinhamento das paredes, ocasionados pela utilização de duas modulações diferentes no mesmo pavimento.

### **3 - A ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES**

Um projeto para a produção de alvenaria estrutural é composto, basicamente, pela planta das fiadas e pelas elevações das paredes. É “um documento que reúne o conjunto de informações necessárias a execução da edificação” (ABCP, PR4, sem data), por isso é importante associar às plantas e elevações os detalhes construtivos relativos à alvenaria, além das especificações técnicas pertinentes.

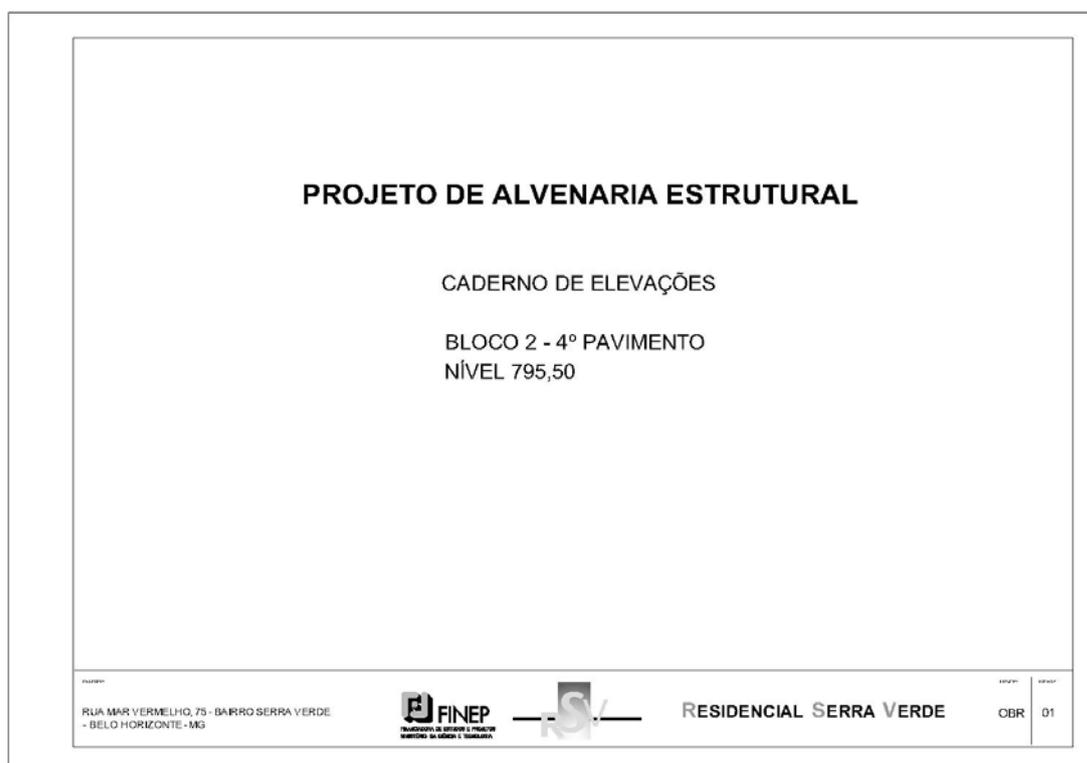
Sendo assim, a determinação da modulação e a planta das fiadas constituem apenas o início do trabalho a ser desenvolvido. O fechamento definitivo de uma paginação só ocorre após a elaboração das elevações, onde são lançadas as esquadrias e instalações, além dos detalhes, inseridos de acordo com as características de cada projeto.

Adotar a mesma nomenclatura dada às elevações das paredes no Projeto Estrutural foi uma premissa na organização do projeto para produção. Uma mesma parede, com

nomes diferentes, embora em projetos distintos, poderia causar confusão uma vez que grande parte das informações do projeto para produção é obtida através do Projeto Estrutural. Essa medida foi tomada com o intuito de se evitarem enganos quanto à identificação das paredes, facilitar o entendimento do projeto pelas pessoas que não participaram da sua elaboração e a verificação das informações no Projeto Estrutural.

Assim como a nomenclatura das paredes, a organização dos cadernos de elevações também foi pensada visando evitar problemas quanto à identificação das paredes. Os cadernos são divididos por pavimentos e depois por blocos. O conjunto RSV é constituído por quatro blocos, de 2 a 6 pavimentos, sendo assim, existe um caderno para o 6º pavimento do bloco A, um para o 6º do bloco B, um para o 6º do bloco C, um para do 6º do bloco D e assim por diante, para todo o prédio. Foram elaborados, ao todo, 20 cadernos.

Cada caderno é composto, além da capa (figura 6) e do índice (figura 7), por uma página com o desenho e os quantitativos de todos os blocos (figura 7) utilizados no pavimento, seguido pelas paredes de vedação, paredes estruturais específicas do pavimento ao qual o caderno se refere e pelos detalhes típicos das instalações.



**Figura 6- Exemplo da capa**

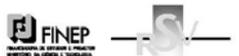
**ÍNDICE**

PAREDE VEDAÇÃO	FOLHA
V1	01
V2	02
V3	03
V4	04
V5	05
V6	06
V7	07
V8	08
V9	09
V10	10
V11	11
V12	12
V13	13
V14	14
V15	15
V16	16

PAREDE ESTRUT.	FOLHA
1	17
2	18
3	19
4	20
5	21
6	22
7	23
8	24
9A	25
9B	26
10	27
11	28

DETALHES	FOLHA
01	01
02	03
03	05
04	07
05	09
06	11
07	13
08	15
09	17
10	19
11	21
12	23
13	25
14	27
15	29
16	31
17	33
18	35
19	36

RUA MAR VERMELHO, 75 - BAIRRO SERRA VERDE  
- BELO HORIZONTE - MG



**RESIDENCIAL SERRA VERDE**

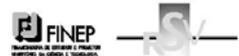
OBR 01

Figura 7- Exemplo do índice

**BLOCOS**

 1316 UNIDADES	 886 UNIDADES	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO
 432 UNIDADES	 26 UNIDADES	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO
 158 UNIDADES	 150 UNIDADES FUNDAMENTO	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO
 5626 UNIDADES	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO FUNDAMENTO	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO	 NÃO UTILIZADO NO PAVIMENTO
 370 UNIDADES			

RUA MAR VERMELHO, 75 - BAIRRO SERRA VERDE  
- BELO HORIZONTE - MG



**RESIDENCIAL SERRA VERDE**

OBR 01

Figura 9- Quantitativo dos blocos

Embora o edifício pudesse ser estruturalmente tratado com desenhos típicos, quando são inseridas as instalações as características se tornam, em algumas situações, específicas de cada pavimento. A alternativa encontrada para organizar as informações foi tratar as paredes estruturais como um conjunto de informações específicas de cada caderno e as paredes de vedação e os detalhes como um conjunto de informações típicas. Essa medida foi adotada não só para facilitar os trabalhos no canteiro, mas também o trabalho de projeto, conseguindo padronizar a forma de transmissão das informações.

A solução dada à organização dos arquivos deve-se muito a premissa de seguir a mesma nomenclatura do Projeto Estrutural. Ainda não é possível tirar uma conclusão definitiva, mas uma primeira avaliação mostra que a nomenclatura das paredes não favoreceu uma organização mais racional do projeto, gerando um volume muito grande de desenhos. Uma conclusão definitiva só poderá ser tirada após a utilização, na obra, do material produzido, sendo possível avaliar se as vantagens que se imaginava obter com a decisão tomada realmente se confirmaram.

#### **4 - FORMAS DE APRESENTAÇÃO**

O público alvo de um projeto para produção é quem vai executar o trabalho, ou seja, engenheiros, arquitetos, mestre-de-obras e principalmente o pedreiro. No projeto RSV toda a organização das informações e formas de apresentação foram pensadas visando atender os dois últimos agentes citados, o pedreiro e o mestre de obras, uma vez que serão eles os principais responsáveis pelo bom andamento dos trabalhos do canteiro.

A forma de apresentação e de utilização dos projetos para produção de alvenaria tem exercido um efeito ‘desmistificador’ da representação gráfica junto à mão-de-obra: o operário não só pode - mas deve – ter acesso a ele como forma de assegurar o cumprimento das prescrições técnicas. Cada pedreiro deve consultar sempre as plantas das fiadas, elevações e detalhes construtivos das paredes que executa e essa prática de leitura de projetos dá a ele autonomia, além de funcionar sempre como um canal para novas informações e conhecimentos”. SABBATINI E SILVA, 2003, pg 28.

#### 4.1 - Plantas das Fiadas

A planta da 1º fiada (figura 10) é utilizada para fazer a marcação da alvenaria. Ela deve cumprir um papel semelhante a um mapa, fornecendo as cotas acumuladas do alinhamento das principais paredes, além da indicação de todas as paredes, vãos, ligações e ferragens pertinentes com a representação em planta.

No RSV fez-se a opção pela elaboração também da planta da 2º fiada (figura 11), fundamental para correta amarração da alvenaria e garantia da resistência estrutural.

As plantas são cotadas com um sistema de cotas acumuladas, que auxiliam na marcação das alvenarias e minimizam os erros de medição no canteiro. Cotar a partir de um eixo facilita o trabalho de execução, uma vez que esse eixo é materializado no momento da locação da obra e transferido aos pavimentos à medida que vão sendo construídos.

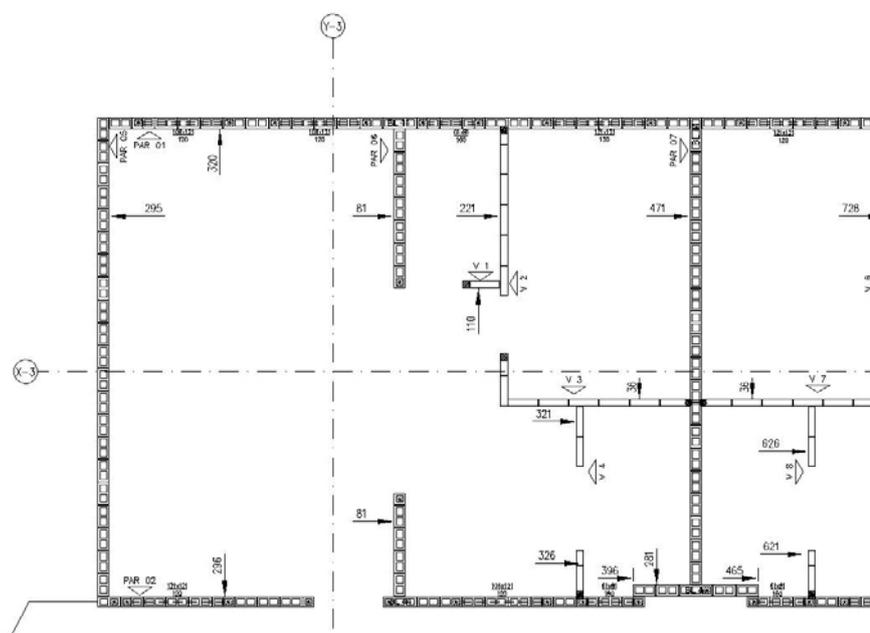
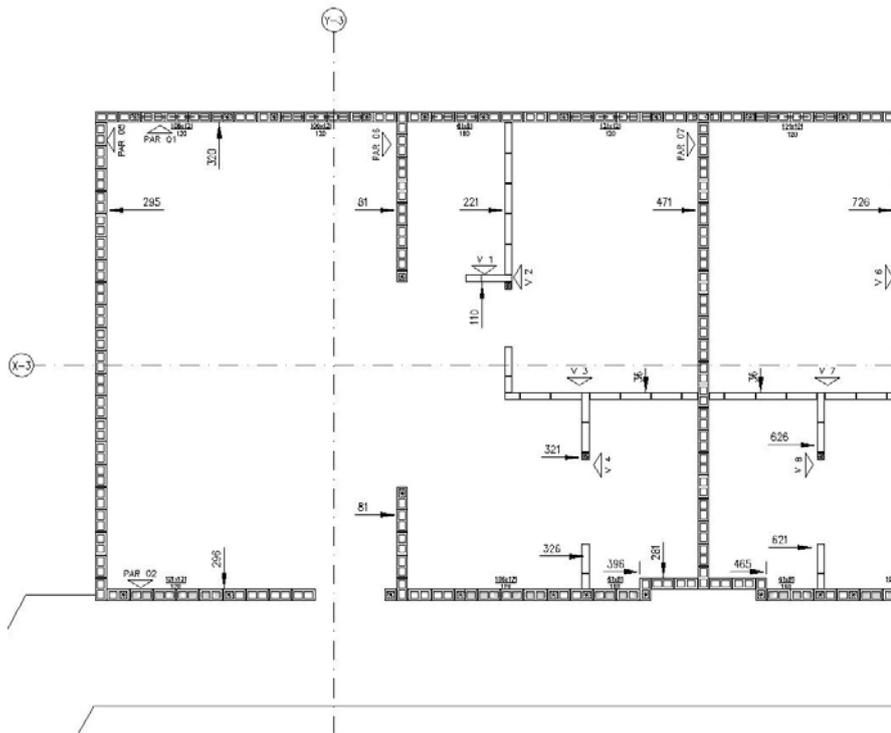


Figura 10- Planta da 1º fiada



**Figura 11- Planta da 2ª fiada**

#### **4.2 - Elevações e Detalhes**

Para o desenho das plantas a opção feita foi por uma apresentação tradicional, ou seja, em forma de desenho técnico bidimensional; para a apresentação das elevações e detalhes outra alternativa foi explorada, sempre com intuito de facilitar a compreensão das informações pelo executor da tarefa, o pedreiro. Essa outra alternativa foi de um desenho tridimensional, baseado em experiências anteriores dentro do próprio projeto RSV, quando foi verificada uma maior familiaridade e compreensão das informações de projeto com apresentação tridimensional, por pessoas com pouco ou nenhum conhecimento das formas de apresentação de desenho técnico.

O software escolhido para o desenvolvimento das elevações foi o Sketch Up. Ele foi considerado por todos da equipe a melhor opção, pois possuía uma interface simples e ideal para modelagem arquitetônica.

A primeira hipótese de trabalho explorada foi à modelagem da alvenaria de todas as paredes do edifício em um único arquivo. Dessa forma seria construído um modelo único, a partir do qual as perspectivas das paredes seriam geradas. A alternativa

encontrada para a elaboração desse modelo único foi construir a paginação da parede bloco por bloco, reproduzindo o mesmo processo de execução real, uma vez que as paredes devem ser representadas no osso, ou seja, sem a indicação de revestimentos.

A opção de modelagem bloco por bloco acabou fazendo com que a hipótese de construir um modelo único fosse rapidamente descartada, devido ao tamanho do arquivo gerado. Essa opção não chegou a ser concluída, devido à dificuldade dos computadores processarem as informações.

Partindo-se do pressuposto de que as perspectivas das paredes seriam apresentadas separadamente, concluiu-se que não haveria necessidade de construção de um modelo único. Optou-se então, por modelar cada parede individualmente. Para isso seria usado um modelo base, com a modelagem das duas primeiras fiadas do pavimento ao qual a elevação se referia. Cada parede seria construída de acordo com a posição determinada nas plantas, permitindo sua rápida identificação e verificação das interferências com os outros elementos da construção (figura 12).

O número de informações e a forma como elas deveriam ser representadas foi uma dificuldade encontrada, assim como a determinação do ângulo das visadas, de forma que a apresentação realmente contribuísse para a compreensão do projeto (figuras 13 e 14).

Segundo Sabbatini e Silva (2003), em um projeto para produção de alvenaria “são apresentadas elevações de todas as paredes ou, pelo menos, das paredes atípicas como, por exemplo, paredes contendo interferências com componentes do subsistema de instalações prediais de qualquer natureza, aberturas para incorporação de esquadrias ou quadros de distribuição ou outros elementos particulares”.

Diante do primeiro material produzido, as dificuldades, o tempo gasto na elaboração e a qualidade das informações foram avaliados. A forma de representação de alguns elementos, já equacionados em uma representação técnica tradicional, precisavam ser estudados e aprimorados de acordo com os recursos do software e a forma de representação proposta.

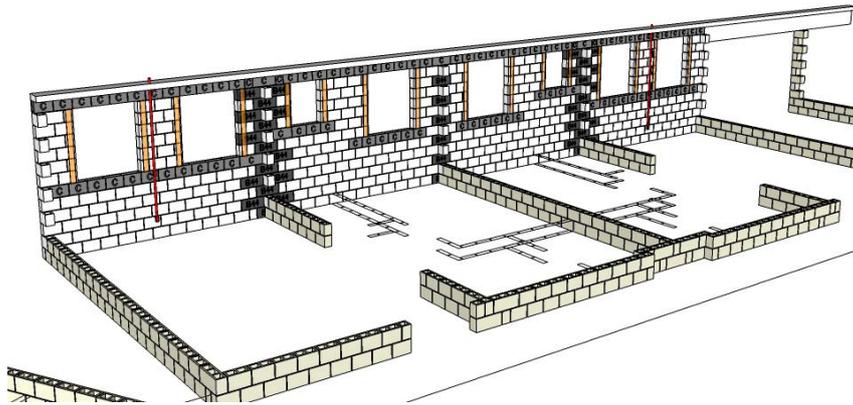


Figura 12- A figura ilustra a organização das paredes no modelo tridimensional e a relação da parede principal com as instalações e com as demais paredes.

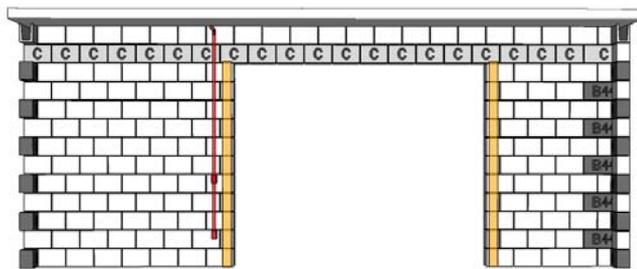


Figura 13- Estudos para apresentação.

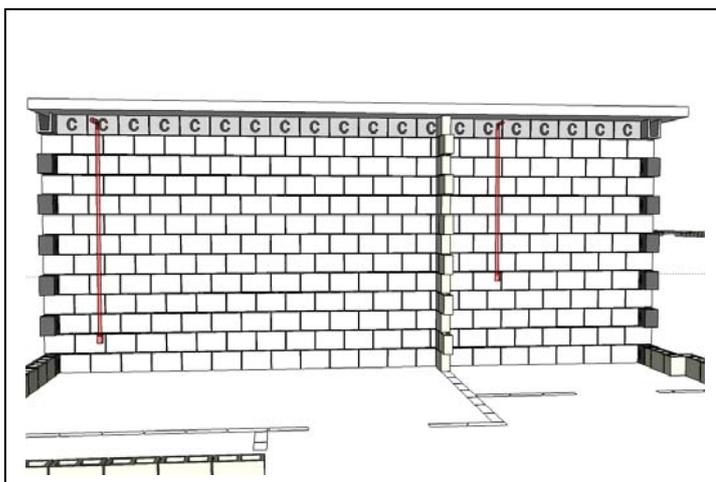


Figura 14- Estudos para apresentação.

Devido ao tempo gasto na produção dos modelos tridimensionais e diante dos prazos e a incerteza de que esse material seria, de fato, melhor para compreensão das informações, optou-se pela produção de um material misto, com as paredes representadas bidimensionalmente, em forma de elevações, como é feita a apresentação tradicional, e os detalhes representados tridimensionalmente.

Com a decisão de trabalhar com uma representação bidimensional, outras alternativas para garantir a compreensão do desenho foram estudadas. As elevações não possuem cotas nem escala, uma vez que a orientação quanto às dimensões deve vir da paginação dos blocos. A primeira versão do projeto foi elaborada com as pranchas das elevações em formato A4<sup>4</sup>, sem muitas informações complementares. Após avaliação uma segunda versão foi elaborada, agora em formato A3<sup>5</sup>, permitindo desenhos maiores, e com a inserção de detalhes típicos, ainda que bidimensionais, e também a associação da planta da 1º e 2º fiadas, com a indicação das paredes que fazem a amarração com a parede representada (figura 15 e 16).

Os detalhes desenvolvidos em modelagem tridimensional são dos shafts (figura 17 e 18) para passagem das tubulações, principais responsáveis pelas especificidades das elevações mencionadas anteriormente, e que formam um conjunto de desenhos típicos que fazem parte de todos os cadernos.

### **4.3 - Interface com as Instalações prediais**

As interferências das instalações na alvenaria estrutural constituem um item que merece uma atenção especial. As caixas, quadros, tubos e eletrodutos devem ser inseridos na alvenaria no momento da execução. Falhas nesse procedimento podem levar à necessidade de quebra da alvenaria para inserção das instalações, o que poderia prejudicar não só seu desempenho estrutural, mas também todos os esforços visando à racionalização, o aumento de produtividade e a economia.

No projeto analisado, além de algumas instalações embutidas na alvenaria, foi utilizado o recurso de shafts (figuras 17 e 18) para passagem das principais prumadas das instalações prediais. Nenhuma prumada hidráulica comum a mais de uma unidade habitacional é inserida na alvenaria, para evitar problemas futuros relativos à

---

<sup>4</sup> Formato ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 210x297 mm

<sup>5</sup> Formato ABNT 297x420 mm





## 5 - CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a adaptação da alvenaria estrutural a um projeto tecnologicamente aberto, isto é, a um projeto concebido para aceitar variados sistemas construtivos, não traz maiores dificuldades, pois não solicita modificações relevantes nas configurações volumétricas, nem nas dimensões propostas. A escolha da família de blocos – se 29 m ou 39 – pode ser determinada apenas em função da trabalhabilidade que se necessita obter, considerando-se a mão-de-obra de execução.

A representação gráfica mista – bidimensional e tridimensional - pode contribuir muito para agilizar o trabalho no canteiro, uma vez que pode ser facilmente compreendida por mão-de-obra não especializada, que é o caso dos empreendimentos autogestionários. A experiência do RSV poderá, quando concluída, oferecer dados que corroborem ou refutem essa hipótese.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – PR1 - **Prática recomendada 1** – Alvenaria com blocos de concreto. Recife, sem data. Disponível em <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml> , acessado em 25 de junho de 2007.

---

– PR2 - **Prática recomendada 2** – Alvenaria com blocos de concreto. Recife, sem data. Disponível em <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml> , acessado em 25 de junho de 2007.

---

– PR3 - **Prática recomendada 3** – Alvenaria com blocos de concreto. Recife, sem data. Disponível em <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml> , acessado em 25 de junho de 2007.

---

– PR4 - **Prática recomendada 4** – Alvenaria com blocos de concreto. Recife, sem data. Disponível em <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml> , acessado em 25 de junho de 2007.

**5** – Alvenaria com blocos de concreto. Recife, sem data. Disponível em <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml> , acessado em 25 de junho de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA – **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo, ABCI/PROJETO, 1990. 280p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - - **Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural** - NBR 6136/1994 . Rio de Janeiro. 1994

SABBATINI, FH; SILVA, M.M.A.-**Conteúdo e padrão de apresentação dos projetos para alvenaria de vedação racionalizadas** – Boletim técnico da escola Politécnica da USP. Departamento de engenharia de Construção Civil. São Paulo.: EPUSP 2003. 62p