



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CLEILA CRISTINA NAVARINI**

**DIRETRIZES DA COORDENAÇÃO MODULAR PARA O USO  
DO BLOCO 44 CM COMO ELEMENTO PRINCIPAL EM  
PROJETOS ARQUITETÔNICOS DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL CERÂMICA**

**Florianópolis/SC  
Fevereiro de 2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**CLEILA CRISTINA NAVARINI**

**DIRETRIZES DA COORDENAÇÃO MODULAR PARA O USO  
DO BLOCO 44 CM COMO ELEMENTO PRINCIPAL EM  
PROJETOS ARQUITETÔNICOS DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL CERÂMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa Catarina,  
como parte dos requisitos de obtenção  
do título de Mestre em Engenharia Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Humberto Ramos Roman, Ph.D.

**Florianópolis/SC  
Fevereiro de 2010**



**CLEILA CRISTINA NAVARINI**

**DIRETRIZES DA COORDENAÇÃO MODULAR PARA O USO  
DO BLOCO 44 CM COMO ELEMENTO PRINCIPAL EM  
PROJETOS ARQUITETÔNICOS DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL CERÂMICA**

Esta Dissertação foi julgada adequada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Florianópolis, fevereiro de 2010.

---

Prof. Dr. Janaíde Cavalcante Rocha  
Coordenador do Programa

Exame de qualificação defendido e aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/2010, pela comissão examinadora:

---

Prof. Humberto Ramos Roman, PhD. (UFSC) – Orientador

---

Prof.Dr. Aguinaldo dos Santos (NDS-UFPR)

---

Profa. Dra. Poliana Dias (ECV – UFSC)

---

Prof. Dr. Luiz Gómez (ECV – UFSC)



*“Podemos escolher recuar em direção à  
segurança ou avançar em direção ao  
crescimento. A opção pelo crescimento tem  
que ser feita repetidas vezes. E o medo tem  
que ser superado a cada momento.”*

*Abraham Maslow*





***DEDICO***

*Aos meus pais, Leonildo e Soeli Navarini,  
A minha irmã Franciele Navarini  
E ao meu noivo Cledison Valdameri.*



## AGRADECIMENTOS

A Deus

Ao Cledison, obrigada pelo apoio, desde o principio e em todo o trajeto, pelo companheirismo suporte técnico enfim você foi fundamental em todas as etapas dessa dissertação.

Ao Professor Humberto Ramos Roman, pelo incentivo, pela confiança, pela orientação, pela amizade e principalmente por me ensinar a acreditar na minha capacidade.

Aos meus pais Leonildo e Soeli pelo amor incondicional, pelo apoio e por me ensinarem que a educação é sempre muito importante.

A minha irmã Fran pela paciência, dedicação, pelos conselhos, pelo carinho enfim por estar por perto em todas as horas.

Ao tio Neivo pelo apoio na redação e a sua família pelo zelo, carinho enfim por tornar muito mais agradável a minha estadia em Florianópolis.

A toda minha família e amigos por sempre torcer por mim.

A meus amigos da UFSC Ana Maria, Elaine, Fernanda, Geovana, Ju Guarda, Ju Casali Rodrigo, Reginaldo, Michele, Tina, Alisson, Radames, Jenner, Everton, Narciso pela amizade e por sempre me socorrerem nas dúvidas.

A Ana Maria Santana por toda a dedicação, preocupação, apoio, pelos conselhos.

A Fernanda Schuch por me ajudar com a pesquisa.

A Giovana Collodetti pela amizade compreensão e principalmente por toda a paciência e dedicação em me ajudar com a redação.

A Tina por todo o apoio, preocupação, dedicação, incentivo e principalmente pela linda amizade.

A Luciana da Rosa Espindola pela amizade, pelo incentivo, pelo carinho e por não me deixar para fora do metro em SP rsss.

A Leslie Roman por todo o carinho.

Ao professor Edson Ueda (*In memoriam*) pelo incentivo, tenho certeza que onde estiver está feliz com essa conquista.

A FINEP, a CAPES, ao CNPq pelo apoio financeiro.

Enfim, a todos que fizeram parte dessa trajetória.

Todos vocês tem participação especial nesse trabalho!

*Muito Obrigada!*



## RESUMO

NAVARINI, C.C. *Diretrizes de projeto arquitetônico para auxiliar o uso de bloco 14x19x44 cm como componente principal na Alvenaria Estrutural Cerâmica seguindo os critérios da Coordenação Modular*. Florianópolis, 2010. 154p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

A Alvenaria Estrutural é um sistema construtivo cuja racionalização se deve à coordenação dimensional e integração dos projetos. A adoção desse sistema construtivo racionalizado propicia maior rapidez, facilidade e qualidade à execução. Visando a racionalização dos componentes da edificação em obras de Alvenaria Estrutural Cerâmica este estudo tem como objetivo principal estudar diretrizes para auxiliar o bloco 44cm como elemento principal em projetos arquitetônicos de Alvenaria Estrutural Cerâmica de acordo com a Coordenação Modular. Para isso, primeiramente foi realizada uma pesquisa de campo com as dimensões disponíveis no mercado de Santa Catarina das unidades de Alvenaria Estrutural, as esquadrias e os revestimentos cerâmicos. Em seguida uma revisão bibliográfica dos conceitos e os princípios fundamentais de Coordenação Modular, Alvenaria Estrutural, Construtibilidade e Projeto. Como resultado o estudo apresenta arranjos de paredes utilizando as unidades 14x19x44cm e uma série de medidas preferidas para a padronização das dimensões dos ambientes das esquadrias e dos revestimentos cerâmicos.

**Palavra-chave:** Alvenaria Estrutural. Coordenação Modular. Bloco 14x19x44 cm.



## **ABSTRACT**

The structural masonry is a building system which rationalization is taken from the dimensional coordination and the integration of projects. The adoption of this rationalized building system provides greater speed, facility and quality to the implementation. Intending to rationalize the building components in Ceramics Structural Masonry this study's main objective is to study guidelines to help the 44cm block as main element in architectural projects of Ceramics Structural Masonry according to the Modular Coordination. For that, it was firstly made a field research with the available dimensions in Santa Catarina's market of Structural Masonry units, frames and ceramic tiling. Afterwards, a bibliographic review of the concepts and the fundamental principles of Modular Coordination, Structural Masonry, Constructability and Project, was made. As result, the study shows walls arrangements using the 14x19x44cm units and a series of ideal measurements for standardization of frame's environment dimensions and ceramic's tiling.

**Keywords:** Structural Masonry. Modular Coordination. The 44cm block.





## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - As ordens gregas na interpretação de Scamozzi.....	38
<b>Figura 2</b> - Residência típica japonesa representada em um quadriculado modular.....	39
<b>Figura 3</b> - Palácio de Cristal.....	40
<b>Figura 4</b> - Medida modular, medida nominal, junta nominal e ajuste modular.....	43
<b>Figura 5</b> - Reticulado modular espacial de referência.....	44
<b>Figura 6</b> - Quadrícula Modular.....	45
<b>Figura 7</b> - Ospedale Ayub a Dacca, obra de Louis Kahn.....	48
<b>Figura 8</b> - Igreja de Atlântida, obra Eládio Dieste.....	49
<b>Figura 9</b> - Sistema celular.....	51
<b>Figura 10</b> - Sistema complexo.....	51
<b>Figura 11</b> - Sistema transversal.....	52
<b>Figura 12</b> - Paredes estruturais não contrafiadas.....	53
<b>Figura 13</b> - Paredes estruturais de vedação.....	53
<b>Figura 14</b> - Verga e contraverga.....	54
<b>Figura 15</b> - Sacada interna à projeção do edifício.....	54
<b>Figura 16</b> - Sacada parcialmente em balanço.....	54
<b>Figura 17</b> - Exemplo de shaft.....	56
<b>Figura 18</b> - Detalhe em planta de uma esquadria modular.....	65
<b>Figura 19</b> - Planta baixa utilizada nas simulações de uso dos blocos 29cm e 44cm.....	66
<b>Figura 20</b> - Simulação vãos de ambientes para o estudo das paginações.....	69
<b>Figura 21</b> - Descontinuidade de juntas das fiadas ímpares e pares.....	71
<b>Figura 22</b> - Amarração bloco 29 cm.....	71
<b>Figura 23</b> - Amarração bloco 44 cm.....	72
<b>Figura 24</b> - Simulação de ambientes para a verificação das amarrações.....	72
<b>Figura 25</b> - Detalhe em planta de uma esquadria modular.....	73
<b>Figura 26</b> - Planta de modulação primeira fiada modulação com a família do bloco 29 cm.....	92
<b>Figura 27</b> - Planta de paginação segunda fiada modulação com a família do bloco 29 cm.....	93
<b>Figura 28</b> - Planta de paginação primeira fiada modulação com a família do bloco 39 cm.....	95
<b>Figura 29</b> - Planta de paginação segunda fiada modulação com a família do bloco 39 cm.....	96

<b>Figura 30</b> - Planta de modulação primeira fiada, família do bloco 44 cm. ....	97
<b>Figura 31</b> - Planta de modulação segunda fiada, família do bloco 44 cm .....	98
<b>Figura 32</b> - Posição ideal para os blocos de primeira e segunda fiada para paginações em “U” .....	101
<b>Figura 33</b> - Estudo da posição dos blocos para vãos em “um vão” ...	102
<b>Figura 34</b> - Paginação da planta simplificada para um vão .....	103
<b>Figura 35</b> - Posição ideal para os blocos de primeira e segunda fiada para dois vãos .....	103
<b>Figura 36</b> - Estudo da posição dos blocos para dois vãos .....	104
<b>Figura 37</b> - Paginação da planta simplificada para dois vãos .....	105
<b>Figura 38</b> - Posição ideal para os blocos de primeira e segunda fiada para três vãos .....	105
<b>Figura 39</b> - Estudo 01 das posições dos blocos para três vãos .....	106
<b>Figura 40</b> - Estudo 02 das posições dos blocos para três vãos .....	107
<b>Figura 41</b> - Estudo das posições dos blocos para vãos maiores que três .....	107
<b>Figura 42</b> - Paginação da planta simplificada para três vãos .....	108
<b>Figura 43</b> - Paginação da planta simplificada para amarrações em “X”	108
<b>Figura 44</b> - Representação das plantas de primeira e segunda fiada das paredes 1, 2, 6, 8 e 11 .....	114
<b>Figura 45</b> - Representação das plantas de primeira e segunda fiada das paredes 3, 4, 5, 7, 9, 10 e 12 .....	116
<b>Figura 46</b> - Planta Baixa de modulação da primeira fiada para a Modulação 04 .....	118
<b>Figura 47</b> - Planta Baixa de modulação da segunda fiada para a Modulação 04 .....	119
<b>Figura 48</b> - Detalhamento da porta P1 em planta .....	121
<b>Figura 49</b> - Detalhamento da janela J2 em planta .....	121
<b>Figura 50</b> - Planta paginada com as diretrizes estudadas .....	122

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Relação dos blocos principais das famílias mais utilizadas no Brasil.....	24
<b>Tabela 2</b> - Amarrações diretas.....	53
<b>Tabela 3</b> - Família de bloco 15x30 (Cerâmica Constrular, 2008) .....	57
<b>Tabela 4</b> - Família de bloco 15x40 (Blocos Pré-fabricados, 2008) ....	57
<b>Tabela 5</b> - Denominação das modulações dos blocos utilizados na pesquisa .....	61
<b>Tabela 6</b> - Exemplo de relação dimensional entre vãos e esquadrias... 64	
<b>Tabela 7</b> - Diferentes situações de amarrações.....	70
<b>Tabela 8</b> - Blocos de concreto modulares produzidos no estado de Santa Catarina.....	79
<b>Tabela 9</b> - Blocos cerâmicos modulares produzidos no estado de Santa Catarina.....	79
<b>Tabela 10</b> - Dimensões dos materiais cerâmicos para construções coordenadas modularmente, de acordo com a NBR 5711.81	
<b>Tabela 11</b> - Dimensões de blocos de concreto para construções coordenadas modularmente conforme a NBR 5712. ....	81
<b>Tabela 12</b> - Dimensões de blocos de concreto, retiradas da NBR 6136. ....	82
<b>Tabela 13</b> - Dimensões para blocos cerâmicos retirados da NBR 15270-2.....	83
<b>Tabela 14</b> - Estudo de dimensão de vãos para janelas de correr .....	85
<b>Tabela 15</b> - Estudo de dimensão de vãos para janela maxim-ar .....	86
<b>Tabela 16</b> - Estudo de dimensão de vãos para porta de correr .....	87
<b>Tabela 17</b> - Estudo de dimensão de vãos para porta pivotante.....	88
<b>Tabela 18</b> - Estudo dos blocos para amarração em “T” conforme a norma NBR 15270-2, blocos cerâmicos .....	90
<b>Tabela 19</b> - Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 26 e 27 .....	94
<b>Tabela 20</b> - Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 28 e 29 .....	94
<b>Tabela 21</b> - Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 30 e 31 .....	99
<b>Tabela 22</b> - Diretrizes de posicionamento dos blocos e módulos.....	108
<b>Tabela 23</b> - Estudo de dimensão de vãos para janelas de correr .....	110
<b>Tabela 24</b> - Estudo de dimensão de vãos para janela maxim-ar .....	111
<b>Tabela 25</b> - Estudo de dimensão de vãos para porta de correr .....	111
<b>Tabela 26</b> - Estudo de dimensão de vãos para porta pivotante.....	112

<b>Tabela 27</b> - Dimensões para janelas de correr de acordo com os vãos resultantes do bloco 14x19x44 cm .....	113
<b>Tabela 28</b> - Dimensões para janelas maxim-ar, de acordo com os vãos resultantes do bloco 14x19x44 cm .....	113
<b>Tabela 29</b> - Dimensões para portas de acordo com os vãos resultantes do bloco 14x19x44 cm .....	113
<b>Tabela 30:</b> Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 46 e 47 .....	117
<b>Tabela 31</b> - Relação dos vãos de esquadrias necessários para modular a planta da figura 46 .....	120
<b>Tabela 32</b> - Relação das unidades necessárias para as quatro modulações estudadas.....	123

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	23
1.2 OBJETIVOS .....	27
1.2.1 Objetivo Geral.....	27
1.2.2 Objetivos Específicos.....	27
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>29</b>
2.1 DEFINIÇÕES DE TÉCNICA, MÉTODO, PROCESSO E SISTEMAS CONSTRUTIVOS .....	29
2.2 RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA.....	30
2.3 CONSTRUTIBILIDADE.....	32
2.4 COORDENAÇÃO DIMENSIONAL.....	34
2.5 COORDENAÇÃO MODULAR .....	35
2.5.1 Objetivos da Coordenação Modular.....	35
2.5.2 Conceitos da coordenação modular.....	36
2.5.3 Módulo .....	37
2.5.4 Evolução histórica do módulo.....	38
2.5.5 Medida modular, de projeto e real.....	42
2.5.6 Tolerância.....	43
2.5.7 Sistema de referência .....	43
2.5.7.1 Reticulado modular espacial de referência.....	44
2.5.7.2 Quadriculado modular de referência .....	44
2.6 ALVENARIA ESTRUTURAL.....	45
2.6.1 Definição .....	45
2.6.2 Projeto arquitetônico em alvenaria estrutural.....	47
2.6.3 Diretrizes de projeto arquitetônico para Alvenaria Estrutural.....	48
2.6.3.1 Paredes .....	50
2.6.3.2 Comprimento e altura total das paredes .....	50
2.6.3.3 Arranjo das paredes.....	51
2.6.3.4 Amarração das paredes.....	52
2.6.3.5 Esquadrias .....	53
2.6.3.6 Balanços .....	54
2.6.3.7 Passagem de dutos.....	55
2.6.3.8 Família de blocos .....	56
2.6.3.9 Modulação na Alvenaria Estrutural.....	57
2.6.3.10 Simplificação do projeto .....	58

<b>3 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>61</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	61
3.1.1 Pesquisa de mercado sobre a disponibilidade das dimensões de alguns componentes para as vedações verticais em Santa Catarina.....	62
3.1.2 Componentes para amarrações em “T” e “X”.....	65
3.1.3 Modulação 01, 02 e 03.....	66
3.1.4 Definição das diretrizes.....	68
3.1.4.1 Arranjos e modulações das paredes .....	69
3.1.4.2 Esquadrias .....	72
3.1.4.2.1 Coordenação Modular dos vãos de esquadrias .....	73
3.1.4.2.2 Códigos e Normas .....	73
3.1.4.2.3 Esquadrias disponíveis no mercado de Santa Catarina .....	74
3.1.5 Paginação da planta com aplicação das diretrizes Modulação 0474	
3.1.6 Comparação das Modulações 01, 02,03 e 04.....	75
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>77</b>
4.1 ESTUDO DAS DIMENSÕES DE ALGUNS COMPONENTES DISPONÍVEIS NO MERCADO CATARINENSE.....	78
4.1.1 Alvenaria.....	78
4.1.1.1 Disponibilidade do bloco 14 cm x 19 cm x 44 cm de alvenaria estrutural cerâmica em Santa Catarina.....	78
4.1.1.2 Verificação das dimensões de blocos.....	78
4.1.1.3 Análise das dimensões das normas de blocos .....	80
4.1.1.4 Código de obras .....	84
4.1.2 Esquadrias .....	84
4.2 CONCLUSÕES SOBRE OS COMPONENTES INVESTIGADOS .....	89
4.3 ANÁLISE DO BLOCO 44 CM EM RELAÇÃO AOS DEMAIS BLOCOS, PARA AMARRAÇÕES.....	89
4.4 MODULAÇÕES DAS PLANTAS ARQUITETÔNICAS .....	91
4.5 DIRETRIZES DE PROJETO ARQUITETÔNICO PARA O BLOCO 44 CM.....	100
4.5.1 Diretrizes de módulo e amarrações das paredes.....	100
4.5.1.1 Amarrações para terminações com “um vão” .....	101
4.5.1.2 Amarrações em “L”e ”T” para “dois vãos” .....	103
4.5.1.3 Amarrações para três ou mais vãos .....	105
4.5.2 Diretrizes para os vãos de esquadrias.....	109
4.6 EMPREGO DAS DIRETRIZES.....	114
4.7 COMPARATIVO ENTRE AS MODULAÇÕES 01, 02,03 E 04	123

<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>127</b>
5.1 CONCLUSÕES SOBRE O PROBLEMA E O MÉTODO DE PESQUISA .....	127
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	128
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>129</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>135</b>
APÊNDICE A - PAGINAÇÃO DAS PAREDES.....	137





# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Constantes modificações ocorreram na construção civil nas últimas décadas, motivadas pela evolução tecnológica, acirramento da concorrência, surgimento de leis, como Código do Consumidor e a Resolução N.º 307 de 5 de julho de 2002, do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que responsabiliza as construtoras pela correta destinação dos resíduos gerados nas obras. Com isso, a redução de desperdício e a busca por aumento de produtividade viraram obrigatoriedade nas empresas que pretendem sobreviver no mercado da construção civil. Outro fator importante é a conscientização, por parte das construtoras, de que as perdas no processo de produção, os custos de retrabalho e as correções pós-entrega são fatores significativos na produtividade e na geração de custos.

As vedações verticais, conjuntamente com as interfaces que fazem com os demais subsistemas do edifício, representam, geralmente, o maior item de custo de produção. Ao mesmo tempo é justamente na produção das mesmas que se constata os maiores índices de desperdício, tanto de materiais quanto de mão de obra empregada, sendo as mesmas constituídas das paredes, que definem a tecnologia de produção, dos revestimentos e das esquadrias (FRANCO, 1996)

Diante disso, buscou-se contribuir com a industrialização e racionalização das vedações verticais, propondo alternativas para as empresas que pretendem aumentar a produtividade e reduzir desperdícios em suas obras, estudando as vedações verticais no processo construtivo em Alvenaria Estrutural. Isso tudo devido à importância das mesmas, principalmente nesse processo construtivo, onde as paredes são usadas como elementos de vedação, com a função de compartimentar os ambientes e, ao mesmo tempo, estruturais (resistentes a cargas), substituindo pilares e vigas.

Atualmente, o componente utilizado em maior escala (bloco principal) em Alvenaria Estrutural Cerâmica é o bloco de 14x19x29 cm. Sua família é constituída pelos blocos 14x19x14 e 14x19x44 cm, sendo o que possui 14x19x44 cm necessário para as amarrações em “X” e “T”. Nesta pesquisa foi avaliada a viabilidade do uso do bloco de 14x19x44 cm, com a função de componente principal, nas vedações verticais em edificações em Alvenaria Estrutural, como alternativa para aumentar a produtividade no trabalho de assentamento de alvenaria e a

padronização dos componentes. Isso pelo fato de que o bloco proposto apresenta, entre outras vantagens em relação ao 14x19x29 cm, a possibilidade de ser usado em amarrações em forma de “L”, “T” e “X”, e não só nas paredes em forma de “L”, como é o caso do bloco 14X19X29 cm. Dessa forma, reduzindo a necessidade de blocos complementares.

Para Heineck (1992), a utilização de blocos maiores, nas modulações, pode melhorar a produtividade, pois mesmo que haja redução na velocidade de movimentação dos blocos, devido ao aumento do peso, ainda assim a produtividade aumenta. Isso resulta da redução na quantidade de blocos movimentados e no número de juntas verticais, acarretando diminuição da quantidade de argamassa necessária para preenchê-las e reduzindo o número de operações que o pedreiro realiza para levantar a alvenaria de uma parede.

Sabe-se que o tamanho da peça não apenas influencia na produtividade, mas também o treinamento das equipes, adoção de uma modulação adequada, detalhamento dos projetos, entre outros. Porém, o tamanho do bloco é, sem dúvida, um fator importante na produtividade, porque o aumento do primeiro acarreta aumento do segundo, desde que o peso do bloco não seja inviável para o manuseio humano. Em relação a este fator, partiu-se do princípio que o peso do bloco cerâmico de 44 cm de comprimento pode ser até mesmo uma vantagem competitiva, pois este pesa aproximadamente 3000g a menos que o componente principal da família mais utilizada nas modulações com Alvenaria Estrutural de Concreto, o bloco 14x19x39 cm, como mostra a tabela 1. A mesma faz um comparativo do peso do bloco 14x19x44 cm em relação aos blocos mais usados como componente principal na Alvenaria Estrutural.

**Tabela 1** - Relação dos blocos principais das famílias mais utilizadas no Brasil.

<b>Bloco (dimensões cm)</b>	<b>Material</b>	<b>Resistência</b>	<b>Peso médio</b>
14x19x29	Cerâmica	6 MPA	5900g
14x19x44	Cerâmica	6 MPA	8900g
14x19x29	Concreto	6 MPA	9700g
14x19x39	Concreto	6 MPA	12260g

Como mostra a Tabela 1, o bloco 14x19x44 cm cerâmico pesa aproximadamente 3000g a mais que o bloco 14x19x29 cm, constituído do mesmo material. Porém, em relação aos blocos de concreto de 29 cm de comprimento, seu peso é menor. Assim, pode-se concluir que não há problema em relação ao peso do bloco 14x19x44 cm, para o manuseio humano.

Outra vantagem do bloco 44 cm em relação ao 39 cm é que para uma amarração sem cortes ou peças especiais é importante que a largura e o comprimento da unidade sejam múltiplos, o que reduz a variedade do tipo de peças na modulação, condição essa atendida pelo bloco 44 cm já que o mesmo possui 14 cm de largura e 44 cm de comprimentos. Já o bloco de 39 cm de comprimento possui como largura 14 cm, não atendendo a relação matemática, e com isto, exige uma variedade maior de blocos especiais além de ser comum a necessidade de uso de “bolachas” para ajustes.

Porém, para que o bloco 14x19x44 cm possa ser empregado como componente principal, da forma mais adequada possível, devem ser estudadas diretrizes de projeto arquitetônico, visto que o projeto arquitetônico possui significativa importância na obtenção de qualidade e racionalização na produção de edifícios.

É nessa fase que as necessidades do cliente são transformadas em representações gráficas, sendo definidas características da edificação, tais como: sistemas construtivos, volumetria, organização dos espaços, acessos, instalações prediais, detalhamentos, definição dos materiais, adequação às legislações, entre outros aspectos importantes.

Para Castells e Heineck (2001), a maioria dos problemas habituais da Indústria da Construção Civil é originada na fase de elaboração dos projetos, interferindo diretamente no custo da obra, fator também destacado por Melhado (1994).

A concepção do projeto em Alvenaria Estrutural pode ser prejudicada, caso o projetista não possua conhecimentos suficientes sobre as técnicas construtivas baseadas neste processo. Esse problema é gerado, muitas vezes, devido a pouca difusão da referida técnica por parte das universidades, o que cria uma resistência dos profissionais da área à sua utilização.

Ramos (2001) observou que o projeto desenvolvido com a modulação adequada tem grande influência na produtividade de uma obra. O mesmo comparou obras executadas com duas modulações, uma com módulo básico de 40 cm e outra com módulo básico de 30 cm. Todos os projetos desenvolvidos para a modulação de 30 cm foram concebidos para Alvenaria Estrutural, com a modulação adequada para

esse bloco, enquanto a maioria dos projetos executados, com a modulação de 40 cm, foram apenas adaptados para o processo, o que colaborou para tornar a modulação de 30 cm, na maioria dos casos, mais produtiva.

Isso porque, quando as soluções de projeto não atendem às necessidades dimensionais do bloco, ou seja, a modulação usada difere da projetada, deve-se tomar medidas em obra, tais como: a variação de espessura das juntas verticais e a definição da posição dos componentes, além do uso de componentes complementares, o que dificulta o assentamento da alvenaria, acarretando mais trabalho para a equipe, influenciando diretamente na produtividade.

Contudo, para a efetiva racionalização da Alvenaria Estrutural, as condicionantes de projeto devem ser aliadas à Coordenação Modular, pois a mesma é um elemento chave que compõe esse processo construtivo, sendo condição fundamental para que não haja a necessidade de arremates ou improvisações que gerem desperdício e redução da produtividade. A Coordenação Modular é uma condicionante para elaboração de projetos e produção de componentes, a partir de um módulo básico que determina as dimensões, tanto dos ambientes projetados quanto dos componentes utilizados, obedecendo a uma mesma malha modular, com intuito de proporcionar uma obra racionalizada (BALDAUF, 2004).

A proposta de realização deste trabalho e os primeiros resultados obtidos despertou o interesse de empresas em usar o bloco 44 cm como bloco principal em obras no estado de Santa Catarina, tendo as mesmas iniciado obras com este componente. Os resultados são muito positivos devido a produtividade que o bloco em questão está proporcionando as obras onde o mesmo é aplicado, já que a dimensão da área de face, bloco 14x19x 44 cm em relação ao bloco 14x19x29 cm é 33% maior.

No entanto, como ainda não há estudos sobre a utilização do bloco 14x19x44 cm, como elemento principal em obras que utilizem Alvenaria Estrutural Cerâmica, e as obras onde o mesmo está sendo empregado a modulação utilizada não é adequada para esse bloco, já que foram utilizadas as mesmas diretrizes necessárias para o bloco 29 cm.

Por esta razão pretende-se definir os problemas e dificuldades no uso do mesmo, como o componente principal nas alvenarias moduladas. A partir das observações foram verificadas possíveis soluções para que ele possa ser utilizado por projetistas da forma mais racionalizada possível, definindo as diretrizes de projeto arquitetônico, aliadas à Coordenação Modular, para o correto desenvolvimento do processo construtivo. Assim, proporcionando maior construtibilidade e

racionalização às obras, elevando o processo construtivo em Alvenaria Estrutural a um sistema construtivo.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Estudar as diretrizes de Coordenação Modular para uso do bloco 14x19x44 cm, como elemento principal em projetos arquitetônicos em Alvenaria Estrutural, tendo como hipótese que este bloco poderá reduzir o número de blocos complementares em projetos de Alvenaria Estrutural.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos deste trabalho, têm-se:

- Conhecer os problemas e dificuldades no uso do bloco 14x19x44 cm, como bloco principal na modulação;
- Definir as possíveis soluções para o uso do bloco 14x19x44 cm.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 DEFINIÇÕES DE TÉCNICA, MÉTODO, PROCESSO E SISTEMAS CONSTRUTIVOS

O estudo a respeito de Alvenaria Estrutural requer que sejam dominados os conceitos básicos que circundam esta área do conhecimento. Entre tais conceitos encontram-se os de “técnica construtiva”, “método construtivo”, “processo construtivo” e “sistemas construtivos”. Como suas definições podem variar entre diferentes autores, essas definições serão aqui adotados de acordo com Sabatini (1989), quais sejam:

**Técnica construtiva:** “Conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção”;

**Método construtivo:** “Conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregadas na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação”;

**Processo construtivo:** “É um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro). O processo construtivo engloba técnica e método construtivos bem definidos, para a execução dos elementos que dão forma à obra, como as vedações horizontais e verticais;”

**Sistema construtivo:** “Processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo”.

Essas definições permitem concluir que há uma relação entre processo e sistema construtivos. No entanto, esses termos não devem ser confundidos, pois possuem algumas diferenças que serão evidenciadas neste trabalho. Processo pode ser interpretado como um conjunto de métodos inter-relacionados que transforma métodos construtivos em produtos, já um sistema deve ser entendido como um conjunto de partes coordenadas que guardam relações mútuas perfeitamente determinadas, utilizando-se de industrialização muito maior. Logo, todos os elementos da construção, no sistema construtivo, são associados e coordenados dimensional e funcionalmente entre si, cada um podendo influenciar no funcionamento de toda a obra.

Para Sabatini (1989), a Alvenaria Estrutural de blocos cerâmicos



é um processo construtivo, pois, segundo o autor, “é um bem definido modo de se construir a estrutura e as vedações de um edifício”.

Como a diferença entre processo e sistema está no grau de industrialização aplicado, a Alvenaria Estrutural, nesta pesquisa, será considerada como sistema construtivo, pois o objetivo fundamental deste trabalho é definir diretrizes de projeto arquitetônico, para o uso do bloco 44 cm, que atendam a Coordenação Modular de modo a otimizar o uso dos recursos e aumentar o grau de industrialização da Alvenaria Estrutural.

É importante distinguir o conceito de industrialização de pré-fabricação, já que a pré-fabricação pode estar contida na industrialização, mas seu uso não necessariamente implica em aumento do nível de industrialização. Enquanto a pré-fabricação consiste na fabricação industrial fora do canteiro, de partes da construção que podem ser montadas no canteiro (BRUNA, 2002), a industrialização é um processo evolutivo que objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva (SABBATINI, 1998).

Bruna (2002) salienta que “não existe construção não industrializada, mas sim diferentes modos de construir com diversos níveis de industrialização”. O processo de industrialização na construção tem objetivo de conseguir uma economia do trabalho requerido na produção de uma unidade, aumento da produção, aumento da qualidade e redução do seu custo.

## ***2.2 RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA***

Segundo Rosso (1990), “racionalização é o processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo, isento do influxo emocional”. Dessa forma, pode-se entender que a racionalização de um processo de produção é um conjunto de ações reformadoras que sugerem substituir as práticas convencionais por recursos e métodos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a casualidade nas decisões e os desperdícios.

Para Sabbatini (1989), existe uma distinção entre os conceitos de racionalização, que são a Racionalização Construtiva e a Racionalização da Construção:

- a) Racionalização da Construção: “É um processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos,

materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando a atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país, de acordo com a realidade sócio-econômica própria”;

- b) Racionalização Construtiva: “É um processo composto pelas ações que tenham como finalidade otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção, em todas as suas fases”.

A racionalização construtiva pode ser alcançada através da aplicação de alguns princípios, como os de projeto integral, construtibilidade, desempenho e ferramentas de qualidade, entre outros. Tais princípios são ferramentas básicas para nortear ações que buscam o aumento do nível organizacional do empreendimento, e podem ser aplicados desde sua concepção até as intervenções pós-venda. (VALLE, 2006)

Melhado (1994) salienta que a Racionalização é tão abrangente que suas diretrizes podem ser aplicadas a qualquer técnica e método, em qualquer circunstância tecnológica. Dessa forma, a Racionalização Construtiva mostra-se como uma importante "ferramenta" em programas de melhoria de qualidade de processos construtivos e seus produtos, com aplicação direta e resultados significativos, mesmo em curto prazo.

Dentre os objetivos a serem alcançados ao se buscar a racionalização construtiva, estão:

- redução do consumo de materiais;
- redução do consumo de mão de obra;
- padronização de produtos;
- preparação para a aplicação de técnicas racionalizadas em fases posteriores;
- aumentar o nível de organização do trabalho;
- redução de problemas patológicos.

No caso de um processo construtivo tradicional, racionalização significa a implantação de medidas de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento da produtividade, com redução de desperdícios, pela eliminação de procedimentos corretivos e de ajustes de componentes. No entanto, a maior parte dessas medidas tem que ser adotadas ainda na etapa de projeto, pelas suas implicações quanto a dimensões, especificações e detalhes que são incorporados

(MELHADO, 1994).

Segundo Silva (1991), essa é uma condição para que o "potencial de racionalização" do sistema adotado seja aproveitado em sua íntegra. As condicionantes que determinam a racionalização são o planejamento e as decisões tomadas para a concepção de projeto de um produto. Isto porque o projeto, funcionando como idealizador do empreendimento, apresenta as condições ideais para a implantação da estratégia construtiva, pois tem o potencial de agregar todas as condicionantes do processo produtivo.

A elaboração do projeto arquitetônico fornece resultados satisfatórios em um empreendimento, pois este estabelece o partido geral do edifício, condicionando o desenvolvimento de todos os demais projetos. Além de solucionar os aspectos estéticos, deve, principalmente, se preocupar com materiais e tecnologias construtivas adotadas.

Dessa forma, para usar o bloco 14x19x44 cm como bloco base é importante a racionalização na concepção do projeto, abordando as vedações verticais em Alvenaria Estrutural. Para tal devem ser aplicados os princípios de construtibilidade e coordenação modular, com o objetivo de otimizar a construção como um todo, conferindo maior racionalização ao sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Franco (1992) observa que há muitos estudos sendo realizados com o intuito de introduzir conceitos de racionalização construtiva ainda na fase de projeto. O mesmo salienta que os maiores índices de desperdício de material e de mão de obra ocorrem durante a produção de vedações verticais. É que a qualidade destas pode interferir na qualidade de muitas outras etapas do empreendimento, visto que a vedação vertical apresenta interfaces com a maioria dos outros serviços, na execução do edifício.

### ***2.3 CONSTRUTIBILIDADE***

O conceito surgiu nos anos 80, no Reino Unido, conhecido como "buildability", considerado como o estágio em que a etapa de concepção procura facilitar os processos construtivos, e nos Estados Unidos como "constructability", que é a integração do conhecimento e da experiência construtiva em todas as fases do empreendimento. No Brasil, os dois conceitos são entendidos como um só (VALE, 2006).

Tradicionalmente, os projetos são elaborados pelos projetistas e a obra executada pelos engenheiros, no entanto, muitas vezes há

dificuldade de comunicação entre esses profissionais durante as diferentes etapas do empreendimento. A falta de experiência em execução das obras pelos projetistas pode afetar diretamente a qualidade do projeto. É justamente a integração entre experiência em obra e elaboração dos projetos que se busca ao se aplicar conceitos de construtibilidade.

Para Saffaro, Santos e Heineck (2004) e Roman (2000), a construtibilidade refere-se a integração do conhecimento com a experiência construtiva, ou seja, o emprego adequado do conhecimento e da experiência técnica, em vários níveis, para racionalizar a execução dos empreendimentos, é a habilidade das condições de projeto para permitir a utilização ótima dos recursos da construção enfatizando a inter-relação entre as etapas de projeto e execução, com objetivo de simplificar as operações construtivas.

Dessa forma, a construtibilidade pode ser entendida como a aplicação da experiência e conhecimento de execução de obra, pela integração entre projetista e executor, durante o desenvolvimento dos projetos.

A seguir são apresentados alguns princípios da construtibilidade segundo Oliveira (1994) que serão fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho:

- **Simplificação do projeto:** Utilização de um número mínimo de componentes, sejam eles elementos ou peças, concentrando o trabalho em um só tipo de material ou profissão, através da incorporação de vários componentes ou funções em um só elemento; utilização de materiais simples e facilmente disponíveis no mercado, com tamanhos e configurações comuns; fáceis de serem conectados, uso de componentes que cubram grandes áreas, volumes ou metragens lineares; respeito a prumo, nível e esquadro - evitar ângulos e superfícies curvas.
- **Padronização:** A padronização permite acréscimo da construtibilidade, aumentando assim a produtividade, pois reduz a variedade e melhora a eficiência dos componentes construtivos. Devido à padronização de plantas, detalhes em elevação, dimensões, detalhes de execução e também pela repetição de tamanho de ambientes (padronização de tamanho de quartos, salas, etc.).
- **Comunicação projetos/obra:** A melhora na comunicação dos projetos com a obra pode ser obtida por um detalhamento de todas as informações necessárias, através da organização dos projetos e detalhes construtivos em locais acessíveis e com

referências claras para uso; comunicação rápida aos projetistas, sobre alterações realizadas durante a execução da obra e sobre mudanças realizadas nos projetos; revisão detalhada das especificações e detalhes, antes do início de cada serviço, realizada por todos os envolvidos no processo (cliente, projetista, construtor).

- **Redução de componentes do produto ou processo:** Em geral, o gerenciamento é mais complexo quando há uma grande variedade de componentes na edificação. Porém, a elevada repetição de um componente pode reduzir o custo e aumentar a produtividade. Assim, a repetitividade e a pouca variedade de componentes podem servir como parâmetros para avaliar a qualidade do projeto de um processo ou produto na construção (PEREIRA, 2005).
- **Modulação:** Em alvenaria estrutural, o uso da modulação é um dos fundamentos do projeto arquitetônico, pois esta técnica permite relacionar as medidas de projeto com as demais medidas modulares, por meio de um reticulado espacial de referência. Um componente só é modular quando o seu emprego permite a adoção de um projeto integralmente modulado, que possa ser implantado sobre um reticulado, sem adaptações (SABATINI, 1989).

## ***2.4 COORDENAÇÃO DIMENSIONAL***

De acordo com Andrade (2000), a coordenação dimensional visa compatibilizar dimensionalmente a solução arquitetônica com os componentes de construção, de forma a otimizar a edificação da obra, transformando-a em uma tarefa de montagem das partes autônomas.

Os projetos, concebidos de acordo com o que preconiza a Alvenaria Estrutural, têm como base, para a modulação, a dimensão do componente básico que é o bloco. Essa dimensão é usada como referência para dimensionar a malha modular que será utilizada nos ambientes. Dessa forma, os elementos que compõem o projeto, como as plantas, fachadas e cortes, se desenvolvem sobre um quadriculado, o que permite coordenar a posição e as dimensões dos componentes da construção, tanto na vertical quanto na horizontal (ZECHMEISTER, 2005).

Se na coordenação dimensional são as dimensões dos componentes que servem de base para o dimensionamento dos

ambientes nos projetos, na coordenação modular é necessário o uso de uma unidade referencial de dimensão, o módulo.

Este trabalho pretende fazer com que a modulação do componente básico, o bloco 44 cm, dentro dos princípios de Alvenaria Estrutural, atenda os critérios de Coordenação Modular, mesmo que sejam necessários dois ou mais blocos para formar um módulo. Ou seja, atendendo a um mesmo módulo, as obras não ficam individualizadas pelas dimensões de seus componentes.

No item a seguir, são apresentados, de forma geral, os princípios fundamentais de Coordenação Modular, para que os mesmos possam ser utilizados como ferramenta auxiliar no uso do bloco 14x19x44, como componente básico em projetos de alvenaria estrutural cerâmica.

## **2.5 COORDENAÇÃO MODULAR**

### **2.5.1 Objetivos da Coordenação Modular**

A indústria da construção civil desperdiça uma quantidade significativa de recursos econômicos, humanos, energéticos e componentes construtivos, além de ser responsável por grande quantidade dos resíduos sólidos produzidos nas cidades brasileiras. Isso, geralmente, é ocasionado porque as dimensões dos componentes construtivos não são adequadas, tendo que ser adaptadas na obra.

Segundo Greven e Baldauf (2007), para levar à construção civil as mesmas vantagens obtidas nos processos modernos de industrialização, é necessário um sistema capaz de ordenar a construção, desde o projeto do edifício, a fabricação dos componentes, até a execução da obra.

A Coordenação Modular surgiu com o objetivo de racionalizar componentes do empreendimento, por meio da coordenação dimensional normalizada de todos os elementos da construção (BYRNE, 1970).

Ao universalizar a Coordenação Modular o retrabalho é diminuído, as especificações e o controle de materiais são simplificados, o que gera economia, pois o tempo e o custo aplicado na elaboração de projetos e no desenvolvimento das obras são reduzidos. Consequentemente, garante-se a qualidade e o desempenho do produto final.

É importante deixar claro que a aplicação dos princípios da Coordenação Modular não implica em limitação da criação dos

profissionais nem em geração de obras com características idênticas - pois um só elemento pode ocupar diferentes posições em um mesmo edifício ou em edifícios diversos, permitindo uma infinita variedade de combinações entre os componentes construtivos - mas tem como um dos objetivos facilitar o detalhamento dos projetos (SABATINI, 1989) e sua execução, com redução de desperdícios.

São listadas, abaixo, algumas vantagens de se projetar com os princípios da Coordenação Modular (BNH,1976):

- a) simplifica o processo de elaboração do projeto pela representação na quadrícula modular de referência;
- b) facilita a normalização dos componentes de construção, considerando as juntas necessárias e as tolerâncias de fabricação admissíveis;
- c) reduz a variedade de tamanhos dos componentes da construção, com emprego de medidas preferidas a serem escolhidas na série de medidas preferíveis;
- d) facilita o intercâmbio nacional e internacional dos componentes da construção;
- f) permite o adiamento de decisões projetuais, adequando-se à realidade da relação cliente-arquiteto.

### **2.5.2 Conceitos da coordenação modular**

Os componentes usados na composição da construção civil brasileira usualmente são fabricados em vários tamanhos, constituindo uma infinita gama de dimensões, sem relação dimensional garantida entre eles, especialmente no que se refere à conectividade e dimensões projetuais. Contudo, a falta de coordenação modular nessa variedade de dimensões tem consequências negativas, tais como: o desperdício de recursos humanos, materiais, energéticos, entre outros. Para atender a necessidade de uniformidade das dimensões entre os componentes do sistema construtivo e as exigências do projeto, surge a Coordenação Modular como uma ferramenta para buscar o controle, a estabilidade dos componentes e dos procedimentos da produção.

A NBR 5706 (1977) define Coordenação Modular como: “Técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares, por meio de um reticulado espacial modular de referência”.

Para Lucini (2001), “entende-se por Coordenação Modular o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base num módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a

aplicação racional de técnicas construtivas quanto o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações”.

Segundo Rosso (1976), “a Coordenação Modular poderia ser simplesmente entendida como sistema de medidas, no caso o Sistema Métrico Decimal, no qual o menor submúltiplo permitido seria o décímetro”.

Lucini (2001) salienta, ainda, que a Coordenação Modular atua como uma ferramenta de diálogo entre as dimensões dos elementos que compõem uma edificação, com o intuito de definir uma série de produtos, de garantir o posicionamento adequado dos mesmos no projeto e na obra, sem ajustes nem retrabalho. “Estabelece, na realidade, um “acordo tecnológico” entre as partes envolvidas na produção, desde o projeto dos componentes e sua fabricação, passando pelo projeto do edifício e culminando na execução da obra”.

Dessa forma, entende-se como Coordenação Modular uma condicionante na elaboração de projetos e componentes construtivos, a partir de um módulo básico, que determina as dimensões, tanto dos ambientes projetados quanto dos componentes utilizados, obedecendo a uma mesma malha modular, com intuito de proporcionar uma obra racionalizada.

Porém, a eficiência da Coordenação Modular não depende apenas de que os ambientes e componentes utilizem os mesmo módulos, mas também da forma com que eles são empregados na execução da obra. É necessário existir um intercâmbio entre as partes para que ocorra uma perfeita compatibilização entre os componentes. Para que isso ocorra, a Coordenação Modular faz uso de três princípios, considerados fundamentais: o sistema de referência, o módulo e o ajuste modular (ANDRADE, 2000).

### **2.5.3 Módulo**

As dimensões, tanto das edificações quanto dos componentes, devem atender a uma mesma unidade de medida para reduzir a grande variedade de dimensões dos componentes. Essa unidade de medida é conhecida como módulo.

Segundo Rosso (1976), o módulo, na arquitetura, é uma unidade de medida convencional adotada para estabelecer dimensões, proporções e organizar a construção.

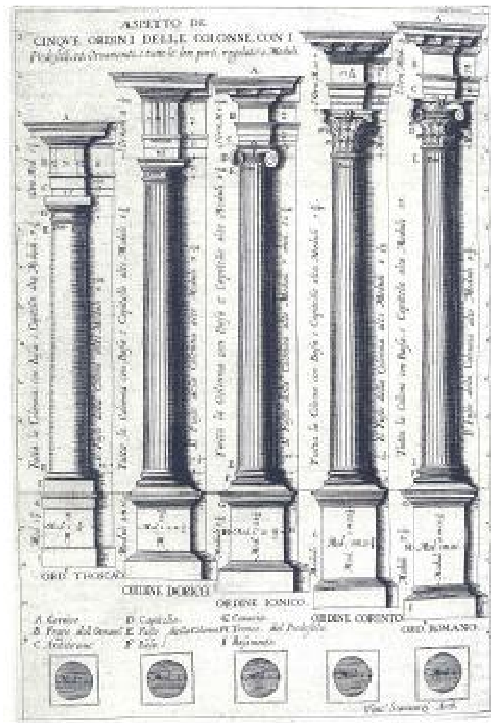
De acordo com a NBR 5706, define-se módulo como: “A distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o



reticulado espacial modular de referência” (ABNT, 1977).

## 2.5.4 Evolução histórica do módulo

O conceito de módulo já era usado na antiguidade, nas construções romanas e gregas. O diâmetro da base da coluna dos templos era usado como módulo, porém o tamanho das colunas não era constante, variava conforme a edificação. As ordens gregas - toscana, dórica, jônica, coríntia e composta - cada uma seguia as suas proporções, como ilustrado na figura 01 (ROSSO, 1976).

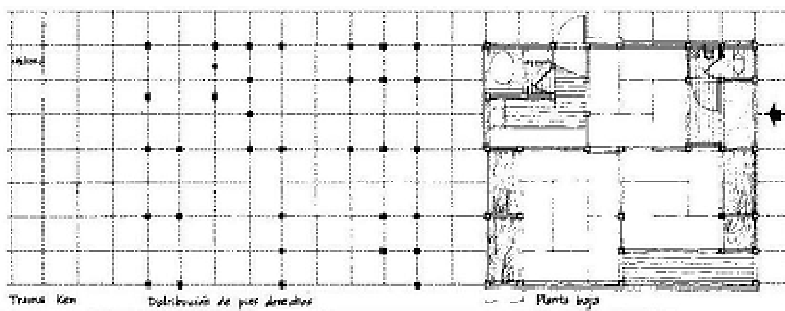


**Figura 1** - As ordens gregas na interpretação de Scamozzi.

Fonte: (BIERMANN et al., *apud* BALDAUF, 2004)

Em 1657, os japoneses, na reconstrução de Tóquio, após um incêndio, possuíam normas que estabeleciam, para as dimensões interiores das habitações, a justaposição de elementos com a dimensão

de uma esteira tradicional, o “tatami”, representado na figura 02. As dimensões das habitações eram expressas pelo número de tatames que possuíam. Por ser usado em todos os locais internos, levou à necessidade de os espaços serem dimensionados de forma a poder receber, no piso, um número inteiro de tatames, dando à modulação um caráter prático-funcional (ROSSO, 1976).



**Figura 2** - Residência típica japonesa representada em um quadriculado modular.

Fonte: (CHING, 1998 *apud* Baldauf)

Em 1851, o Palácio de Cristal, projetado por Paxton e apresentado na figura 03, foi construído para a Exposição Universal de Londres e utilizava, como módulo básico, as dimensões das chapas de vidro de oito pés, produzidas na época. Esse módulo estabelecia a correlação entre as peças de vidro e os outros elementos estruturais metálicos. Os elementos utilizados foram projetados para serem produzidos em massa, e também permitindo sua montagem e desmontagem em outro local (BRUNA, 1976).

Em 1927, Walter Gropius projetou e construiu a “Casa Ampliável”, que consistia em duas casas isoladas, feitas por montagem, a seco, de painéis padronizados, sobre uma estrutura metálica de planta modular, em que se obtinha um crescimento por adição de poucos tipos de corpos volumétricos (BYRNE, 1970).

Entretanto, Albert Farwell Bemis, em 1936, foi o pioneiro no domínio da Teoria da Coordenação Modular. Propôs, pela primeira vez, a utilização de um módulo cúbico e concebeu uma malha constituída por módulos, ocupando o volume do edifício nas três dimensões. Segundo Bemis, todos os elementos de um edifício poderiam ser combinados racionalmente dentro de uma mesma malha, se fossem dimensionados em múltiplos de um módulo. Posteriormente, seus seguidores

escolheram o tamanho correspondente a quatro polegadas, como módulo padrão, pois essa dimensão daria uma flexibilidade adequada e estava relacionada com as dimensões utilizadas nos estudos das casas de madeira americanas. Os estudos de Bemis auxiliaram os primeiros estudos realizados sobre Coordenação Modular, na Europa e nos Estados Unidos da América (BYRNE, 1970).



**Figura 3-** Palácio de Cristal.

Fonte: (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1991 *apud* Baldauf)

Em 1943, com o objetivo de coordenar e de normalizar as dimensões, vários países publicaram normas de unificação. A França foi o primeiro país a publicar uma norma de Coordenação Modular nacional. Em seguida, os Estados Unidos da América, em 1945; Suécia, em 1946; Bélgica, em 1948; Itália, em 1949, entre outros países. O Brasil publicou a primeira norma de coordenação modular em 1950, sob o título NB 25-R: *Modulação das Construções*.

Ernest Neufert (1943 *apud* Baldauf, 2007) publicou o livro *Bauordnungslehre*, preocupado em desenvolver um sistema dimensional que não precisasse modificar as medidas dos tijolos usuais alemães. Então concebera, em seu livro, um sistema de coordenação octométrico (100 cm/8), baseado no módulo de 12,5 cm.

Nessa mesma época, Bergvall e Dahlberg, na Suécia, estudaram a Coordenação Modular utilizando o módulo de 10 cm como base em suas obras (BYRNE, 1970).

Em 1953, foi aprovado um plano específico para o estudo de Coordenação Modular na indústria da construção, pela Agência Europeia de Produtividade (AEP). Participaram desse estudo os seguintes países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Itália, Noruega, Holanda, Grã-Bretanha, Suécia, Canadá e Estados Unidos da América.

Esse plano foi dividido em duas fases: na primeira, foram recolhidas opiniões e experiências de cada país, em seguida estabeleceu-se uma teoria sintética da Coordenação Modular; na segunda fase, a aplicação prática, com o objetivo de analisar e desenvolver essa teoria.

Em 1956, foi publicado o primeiro relatório sobre o Projeto AEP 174, recomendando a utilização do módulo de 10 cm, para os países que utilizavam o sistema métrico, ou o de quatro polegadas, nos países que utilizavam o sistema pé-polegada (BYRNE, 1970).

Em 1961, foram divulgados, em um segundo relatório sobre o projeto da AEP, os resultados da construção dos projetos experimentais realizados nos países participantes. Dos países membros da ISO, na época, 31 adotaram o módulo decimétrico, enquanto o Canadá e os Estados Unidos da América normalizaram o módulo em quatro polegadas (BALDAF, 2007). O trabalho desenvolvido nessa fase, além do propósito de resolver os dois problemas principais (as escolhas do módulo-base e de gamas de dimensões preferenciais) também objetivou abordar assuntos, tais como: a utilização de dimensões inferiores ao módulo e a adaptabilidade dos materiais a um sistema modular único, as tolerâncias de fabricação e execução, entre outros problemas de aplicação (BYRNE, 1970).

Em 1970, é publicado, na Austrália, o *Modular Metric Handbook*, com o objetivo de resolver os problemas ocasionados pela mudança do sistema nacional de medidas pé-polegada para o sistema métrico (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM, 1970c).

Em 1971, o Comitê Alemão de Normas propôs uma nova norma para a Coordenação Modular, a DIN 18000: *Modulordnung im Bauwesen* (Coordenação Modular da Construção), fundamentado no sistema decimétrico, de uso internacional, em detrimento do sistema octamétrico proposto por Neufert. A última e atual versão data de maio de 1984 (DEUTSCHE INSTITUT FÜR NORMUNG, 1984).

Na Inglaterra, a adoção do sistema de medidas métrico ocorreu em 1972. A partir da Segunda Guerra Mundial, com a necessidade de troca de mercadorias entre os países, a necessidade de uma coordenação internacional de dimensões para a edificação tornou-se urgente,

objetivando conseguir um sistema modular internacional comum a todos os países (BALDAUF, 2007).

No entanto, alguns componentes, por suas características, muitas vezes têm suas dimensões necessariamente inferiores, como espessura de alguns painéis, revestimentos ou superiores ao módulo  $M=10$  cm. Nesses casos, para auxiliar a coordenação modular, admite-se o uso dos conceitos de submódulos ou multimódulos, os quais serão detalhados nos itens a seguir (BYRNE, 1970).

### **Submódulo**

A NBR 5731 (1982) define submódulo como: “Medida fracionária do módulo correspondente a uma fração do módulo e expressa pela fórmula  $nM/4$ ”. Porém, o submódulo não deve ser utilizado com frequência, pois acarretaria aumento na variedade dimensional de produtos, contradizendo os princípios da Coordenação Modular. Então, o submódulo nunca deve ser empregado como módulo base.

### **Multimódulo**

Módulo de cujo valor é múltiplo inteiro do módulo base, preferido para dimensões de maior grandeza (BYRNE, 1970). Rosso (1976) recomenda o uso da série 3M, 6M, 9M, 12M e 15M.

## **2.5.5 Medida modular, de projeto e real**

Na Coordenação Modular, para melhor aplicação dos componentes e o intercâmbio entre toda a rede da construção civil, ou seja, fabricantes, projetistas e executores, cada medida possui um nome específico.

**Medida modular:** Segundo a NBR 5731, é a medida igual ao módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo, ou seja, o vão modular necessário para aplicação do componente, considerando as dimensões dos componentes, mais os ajustes necessários para sua aplicação.

**Medida de projeto:** Conforme a NBR 5731, é a medida que se determina, no projeto, para qualquer componente da construção. Essa medida deve ser menor que a medida modular, pois leva em conta a tolerância de fabricação e as juntas necessárias para a fixação do componente ao seu espaço destinado (GREVEN e BALDAUF, 2007).

**Medida real:** Segundo a NBR 5731, é a que se obtém ao medir qualquer componente da construção.

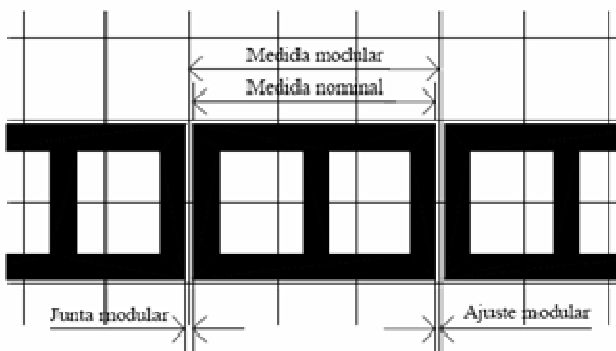
## 2.5.6 Tolerância

Um componente de forma geométrica definida pode sofrer variações dimensionais em relação às medidas modulares, devido à ocorrência de erros de fabricação, de posição, de dilatações, de contrações e de deformações. As tolerâncias são valores que têm a função de absorver essas variações na união, e encontram-se entre dimensões máximas e mínimas permitidas (BALDAUF, 2004).

### Ajuste modular

Para Lucini (2008), o ajuste modular estabelece a relação entre os componentes da construção com o sistema de referência. Ou seja, é a diferença entre a medida nominal e a medida modular. Essa diferença de medida é necessária ao componente para absorver as tolerâncias de fabricação e a sua colocação em obra, sem invadir a medida modular do componente adjacente.

Para melhor compreensão das definições sobre as medidas abaixo, está ilustrada a figura 04, representando a planta baixa de uma paginação de blocos.



**Figura 4** – Medida modular, medida nominal, junta nominal e ajuste modular.

Fonte: (BALDAUF, 2004)

## 2.5.7 Sistema de referência

Para a NBR 5731 (ABNT, 1982), o sistema de referência é constituído por pontos, linhas e planos, aos quais devem estar relacionadas as medidas de posição dos componentes de construção. Ou seja, sistema de coordenadas, através do qual se pode determinar as

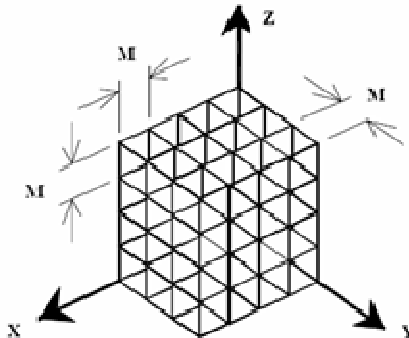
dimensões e a posição dos elementos de construção.

Os componentes construtivos são posicionados na construção com auxílio do reticulado espacial modular de referência e do quadriculado modular de referência, que são malhas bi e tridimensionais, definidas pelo sistema de referências (ZECHMEISTER, 2005).

### 2.5.7.1 Reticulado modular espacial de referência

Quando a distância entre as linhas de referência e os planos paralelos de um sistema de referência é medida em termos de módulo (M) ou múltiplo de um módulo (multimódulo:  $n \times M$ ), tem-se, então, um sistema modular de referência denominado Reticulado Espacial Modular de Referência (ANDRADE, 2000).

Segundo Rosso (1976), o Reticulado Espacial Modular de Referência, representado na Figura 05, é constituído pelas linhas de interseção de um sistema de planos, separados entre si por uma distância igual ao módulo, e paralelos a três planos ortogonais, dois a dois.

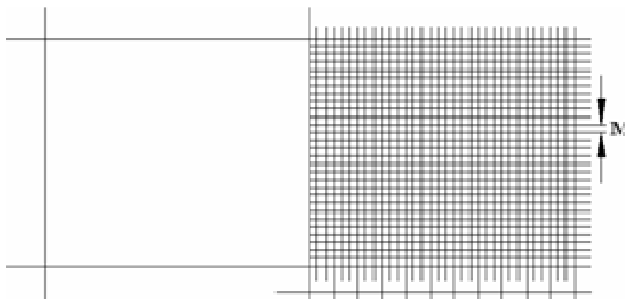


**Figura 5** – Reticulado modular espacial de referência

Fonte:(BALDAUF, 2004)

### 2.5.7.2 Quadriculado modular de referência

Segundo a NBR 5706 (ABNT, 1977), o quadriculado modular de referência, como ilustrado na Figura 06, é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um dos três planos ortogonais.



**Figura 6 - Quadrícula Modular.**

Fonte: (BALDAUF, 2004)

Pode-se, contudo, afirmar que a Coordenação Modular, quando corretamente utilizada, propicia às obras menor índice de desperdício de material e de mão de obra, maior eficiência na elaboração de projetos, entre outros, auxiliando, desta forma, o processo de racionalização da construção civil. Entretanto, é necessária a integração e conscientização de toda a rede da construção civil, desde fabricantes de componentes, projetistas e executores, da importância da Coordenação Modular para a racionalização da construção civil, para que haja integração entre os componentes, os projetos e a execução das obras. Diante disso, no próximo item são apresentados os resultados de uma pesquisa com as dimensões de alguns componentes disponíveis no estado de Santa Catarina, e é avaliada a aplicação da Coordenação Modular no estado.

## **2.6 ALVENARIA ESTRUTURAL**

### **2.6.1 Definição**

A Alvenaria Estrutural pode ser conceituada como um processo construtivo que se caracteriza pelo emprego de paredes de alvenaria e lajes enrijecedoras, como principal estrutura de suporte dos edifícios. Ou seja, é um processo construtivo em que as paredes são utilizadas, simultaneamente, como elementos de vedação e como elementos resistentes às cargas. Essa dupla função da alvenaria tem como consequência a diminuição de especialidades de mão de obra e a redução de tipos de componentes. Além disso, pode proporcionar a redução de custos de construção e maior facilidade de execução.

Segundo Sabatini (1989), Alvenaria Estrutural é um processo que não propõe grandes mudanças nos modos de produção tradicionais



empregados. Seus princípios não precisam de tecnologias avançadas, apenas de medidas que alterem a postura e a forma de trabalhar de todos os envolvidos no processo de construção, o que proporciona aumento na produtividade e redução no desperdício de recursos.

A alvenaria estrutural, utilizada com conhecimento empírico, é empregada a milhares de anos no mundo, em edificações monumentais de pedras e tijolos, como as pirâmides do Egito, o Farol de Alexandria, o Coliseu Romano, as catedrais da Idade Média, como a Catedral de Reims, construída entre 1211 e 1300 d.C.

As vedações dos edifícios construídas no Brasil no período colonial exerciam a função conjunta de estrutura resistente e de vedação, utilizando alvenarias de pedra e de tijolos de barro cru ou queimados, com espessuras excessivas, já que eram dimensionadas de acordo com conhecimento empírico. Até a década de 20, esse processo construtivo era a principal solução estrutural utilizada no Brasil. Após essa data, a função estrutural das alvenarias foi progressivamente substituída pelo concreto armado e o aço (SILVA, 2003).

No início da década de 50, no entanto, novas pesquisas e novos métodos de cálculo tornaram a Alvenaria Estrutural um processo construtivo organizacionalmente muito bem definido e competitivo, para construção de prédios de até 16 pavimentos. Atualmente, em países como Estados Unidos da América, Inglaterra e Alemanha, a Alvenaria Estrutural atinge níveis de cálculo, execução e controle similares aos aplicados nas estruturas de aço e concreto, constituindo-se em um sistema construtivo econômico e competitivo (RAUBER, 2005).

No Brasil, os primeiros prédios construídos nesse processo, com dimensionamento adequado e projetos, surgiram em São Paulo, no final da década de 60. No início da década de 90, surgiu no Sudeste e no Sul do país (ROMAN, MUTTI e ARAÚJO, 1999).

Atualmente, alvenaria estrutural, para prédios de vários pavimentos, tornou-se opção de construção empregada em todo mundo, devido as suas vantagens. No entanto, o sistema também apresenta características consideradas como desvantagens.

Segundo Franco (1992), as características que levam à racionalização são:

- a) simplicidade do processo, eliminando vários problemas de interface entre os subsistemas;
- b) fácil implantação da coordenação modular;
- c) definição dos detalhes construtivos, assim como das técnicas de execução na fase de projeto, proporcionado por uma sistemática de projeto que o torna mais confiável;

- d) precisão na execução da obra;
- e) definição da sequência de técnicas para a execução dos subsistemas e diminuição da incerteza quanto ao planejamento de cada atividade;
- f) controle das atividades executadas, pois, com a definição na etapa de concepção, passa a ser possível ou mais efetiva a existência de um controle de execução.

Ramalho e Corrêa (2003) apresentam algumas características tradicionalmente consideradas como desvantagens desse sistema construtivo:

- a) dificuldade de adaptar o projeto de arquitetura para um novo uso;
- b) interferência entre projetos de arquitetura, estruturas e instalações;
- c) necessidade de mão de obra especializada;
- d) impossibilidade de passagem de dutos hidráulicos pelas paredes estruturais;
- e) restrições econômicas relativas às dimensões dos espaços e à forma da construção;

No Brasil, a Alvenaria Estrutural ainda não é tão aceita como em outros países. A falta de informação sobre as técnicas construtivas, próprias do sistema, e o receio de abandonar as técnicas relacionadas ao concreto armado, por muitos profissionais e construtores, é um grande empecilho para o desenvolvimento do sistema construtivo no Brasil.

## **2.6.2 Projeto arquitetônico em alvenaria estrutural**

Um empreendimento bem sucedido, principalmente em Alvenaria Estrutural, inicia por um projeto adequado. Os projetos arquitetônicos, para a Alvenaria Estrutural, se diferenciam em alguns aspectos em relação aos sistemas tradicionais. Além das condicionantes habituais, o projeto, nesse sistema construtivo, impõe algumas restrições, tais como: volumetria, simetria, dimensões máximas dos vãos e a flexibilidade da planta.

Quando o sistema construtivo escolhido for o de Alvenaria Estrutural, esta opção deve ser determinada desde o início do empreendimento, para que se obtenha a total racionalização do sistema. Assim, todas as diferentes possibilidades de planta devem ser estudadas

pelo arquiteto, o que requer conhecimento dos princípios básicos do sistema construtivo em Alvenaria Estrutural (RAUBER, 2005). Como o objetivo deste trabalho é propor diretrizes para o uso do bloco 44 cm, como elemento principal em todos os perfis arquitetônicos em que se aplica alvenaria estrutural, essas diretrizes devem atender os critérios da Coordenação Modular. É necessário o estudo dos princípios básicos da Alvenaria Estrutural, principalmente para analisar se as dimensões dos ambientes se enquadram nas diretrizes tanto da Alvenaria Estrutural quanto da Coordenação Modular. Sabbatini (1984) ressalta que o emprego de processos construtivos inovadores, sem o domínio da tecnologia apropriada e sem a observância de requisitos mínimos de desempenho, conduz, de maneira geral, a edifícios com sérios problemas patológicos.

### 2.6.3 Diretrizes de projeto arquitetônico para Alvenaria Estrutural

Não há restrições quanto ao emprego de Alvenaria Estrutural, do ponto de vista técnico. No entanto, alguns profissionais a rejeitam, por não conhecerem seus princípios e por acreditarem que a mesma só gera formas ortogonais. Porém, é possível a criação de obras arrojadas, com formas curvas e paredes chanfradas, que vão desde casas a grandes prédios, como ilustradas nas Figuras 07 e 08.



**Figura 7** - Ospedale Ayub a Dacca, obra de Louis Kahn.  
Fonte: (RAUBER, 2005)



**Figura 8** - Igreja de Atlântida, obra Eládio Dieste.  
 Fonte: (ideiascriativas.files.wordpress.com acesso10/08/2009)

O arquiteto deve ter o conhecimento básico sobre certas propriedades geométricas, mecânicas e estéticas dos componentes da alvenaria estrutural e suas uniões, além de utilizar o sistema de forma racionalizada. Com essas informações, o projetista pode criar novos arranjos e ousar mais em seus projetos (RAUBER, 2005).

Franco (1993) afirma que as condicionantes impostas pelo sistema em alvenaria estrutural possuem grande influência no partido arquitetônico. Entre as diretrizes, destacam-se as seguintes:

- paredes: simetria, arranjo e amarrações;
- esquadrias;
- balanços;
- família de blocos;
- passagens de dutos;
- modulação.

### ***2.6.3.1 Paredes***

Para se obter o máximo de desempenho de um sistema, ao desenvolver um projeto arquitetônico em Alvenaria Estrutural é fundamental que se estude as propriedades das paredes. Além das funções dos métodos construtivos tradicionais, como definição de espaço, vedação, estética, isolamento térmico e acústico, bem como de proteção ao fogo, as paredes são altamente resistentes a forças de compressão, mas possuem baixa resistência ao cisalhamento, à tração e à torção. Assim, algumas condicionantes devem ser seguidas tais como dimensão das paredes, preferência por arranjos simétricos, estudo de remoção de paredes, entre outras as quais serão detalhas a seguir.

Na organização dos espaços, as paredes são divididas em estruturais e não estruturais. As principais são denominadas paredes estruturais ou de carga, responsáveis por levar a carga do edifício à fundação. Essas paredes não poderão ser removidas ou sofrer rasgos na sua superfície. Já as paredes não estruturais são aquelas que poderão ser removidas, assim como receber as tubulações hidráulicas (RAUBER, 2005).

A dificuldade de remoção de paredes pode ser resolvida, se o projetista estrutural trabalhar em conjunto com o arquiteto, podendo, dessa forma, especificar as paredes passíveis de ser removidas e o melhor posicionamento das aberturas.

### ***2.6.3.2 Comprimento e altura total das paredes***

A espessura das unidades de alvenaria e o pé-direito adotado para as construções têm importância fundamental no desempenho das paredes estruturais, uma vez que seu valor interfere na esbeltez das peças. Dessa forma, quanto mais espessas as paredes, maior poderá ser o pé-direito permitido (ROMAN, MUTTI e ARAÚJO, 1999).

Com relação ao comprimento dos vãos, as edificações devem ser subdivididas em número maior de ambientes com dimensões menores, para garantir maior eficiência do sistema (HENDRY, 1981). Nos edifícios correntes, os vãos usuais são de quatro a cinco metros e altura dentro dos limites de esbeltez especificados por norma, entre 2,60 e 3,00 m.

Atualmente, no que se refere à resistência à compressão, os blocos de alvenaria estrutural encontrados no mercado são mais adequados para edifícios de, no máximo, 16 pavimentos (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

Em edifícios onde seja necessária a utilização de grandes vãos, esse sistema construtivo normalmente não é o mais adequado.

### 2.6.3.3 Arranjo das paredes

O lançamento do arranjo arquitetônico influencia nas distribuições de tensões, o que dará maior ou menor estabilidade à edificação. Dessa forma, o projetista deve distribuir as paredes estruturais em ambas às direções, a fim de garantir a estabilidade do edifício em relação à ação do vento.

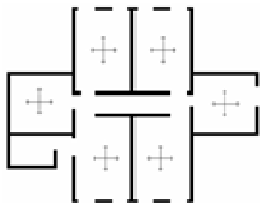
Arranjos de paredes, em conformações do tipo “L”, “C”, “T” e duplo “T”, atribuem maior estabilidade à estrutura. (ROMAN, MUTTI e ARAÚJO, 1999).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as principais soluções apresentam três diferentes categorias:

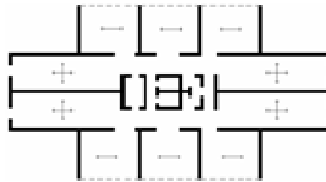
**Sistema celular:** Sistema onde todas as paredes são estruturais. É adequado a edifícios residenciais. As lajes podem ser armadas em duas direções, pois há possibilidade de apoiarem-se em todo o seu contorno como ilustra a Figura 09.

**Sistema de paredes transversais:** Adequadas para edifícios de plantas retangulares e alongadas. As paredes externas, na direção do maior comprimento, não são estruturais, podendo ser construídas com outro material. As lajes são armadas em uma direção, de forma a se apoiarem nas paredes estruturais como mostra a Figura 11. Seu uso é mais adequado a edifícios, tais como: hotéis, hospitais e escolas.

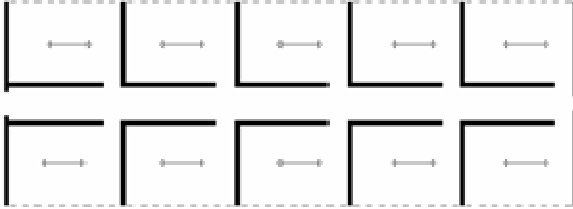
**Sistema complexo:** É a utilização simultânea dos dois sistemas anteriores, normalmente em regiões diferentes da planta da edificação como ilustra a Figura 10. É indicado para edificações onde é necessário o uso de algumas paredes externas não estruturais, sendo possível manter-se uma região interna mais rígida, com todas as paredes com função estrutural.



**Figura 9** – Sistema celular.  
Fonte: (MACHADO, 1999)



**Figura 10** – Sistema complexo.  
Fonte: (MACHADO, 1999)



**Figura 11** – Sistema transversal.

Fonte: (MACHADO, 1999)

Outra recomendação importante para garantir o pleno desempenho da alvenaria estrutural é evitar arranjos assimétricos, pois o arranjo simétrico das paredes resistentes gera menor ocorrência de esforços de torção por ação do vento. Dessa forma, quanto mais simétrico o projeto, mais eficaz será o resultado (DUARTE, 1999).

Esses conceitos auxiliam o projetista nas diretrizes do projeto arquitetônico, como o posicionamento das aberturas e das paredes não estruturais, evitando, assim, muitos efeitos estruturais, como a distribuição de esforços entre painéis de parede e o efeito arco.

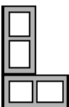

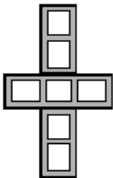

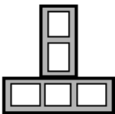
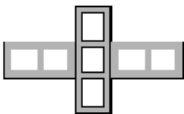
#### **2.6.3.4 Amarração das paredes**

Segundo Franco (1993), na edificação com alvenaria estrutural, as formas como as paredes se encontram influenciam na estabilidade do conjunto. Muitos estudos demonstram a grande influência das amarrações entre as paredes estruturais nas distribuições das tensões. Por isso, faz-se necessário o detalhamento dessas intersecções.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as amarrações podem ser realizadas de duas maneiras:

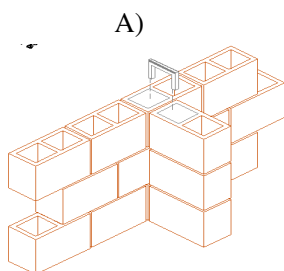
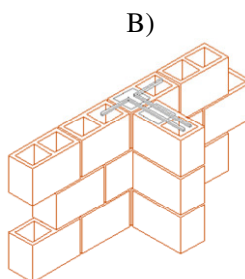
**Amarração direta:** Obtida através do intertravamento dos blocos, havendo penetração alternada de 50%, na parede interceptada. Recomenda-se seu uso sempre que possível;

**Tabela 2** – Amarrações diretas.

Amarrações diretas			
	“L”	“T”	“X”
2º Fiada			
1º Fiada			

Fonte: (RAUBER, 2005)

**Amarração indireta:** Obtida através da colocação de armaduras nas juntas de argamassa, com ângulo de 90°, podendo ser efetuada através de barras de aço dobradas, armadura industrializada em forma de treliças, ou grampos-chapa, ou telas metálicas de resistência comprovada.

**Figura 12** – Paredes estruturais não contrafiadasgrampo**Figura 13** – Paredes estruturais de vedação

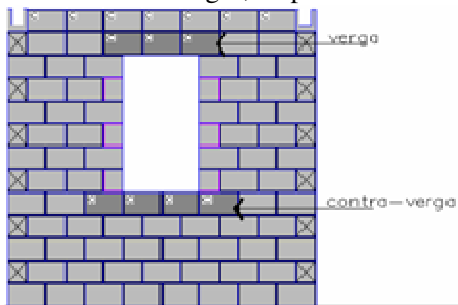
### 2.6.3.5 Esquadrias

As dimensões das esquadrias devem estar, de preferência, compatíveis com o reticulado espacial de referência como ilustrado na Figura 14, evitando, dessa forma, cortes nos blocos ou enchimentos para



complementação da modulação.

Além dos cuidados com a coordenação modular, o arquiteto deve projetar componentes que garantam o perfeito funcionamento das esquadrias, sem gerar patologias. Esses componentes são as vergas e contravergas, que podem ser obtidos através da utilização de canaletas ou de componentes pré-fabricados. As vergas são colocadas sobre o vão das portas e janelas e as contravergas, na parte inferior das janelas.



**Figura 14** – Verga e contra-verga.

Fonte: (Machado, 1999)

### 2.6.3.6 Balanços

Os elementos em balanço, nas fachadas dos edifícios, construídos em alvenaria estrutural, projetados para fora da projeção da edificação, como sacadas e marquises, devem ser estudados, pois podem introduzir cargas concentradas em áreas relativamente pequenas, elevando consideravelmente as tensões de compressão, induzindo à formação de fissuras. Sacadas internas à projeção do edifício (Figura 15) ou com apenas uma parte avançando (Figura 16), em balanço, em relação à projeção da fachada, são mais recomendadas (RAUBER, 2005).



**Figura 15** - Sacada interna à projeção do edifício.

Fonte: (RAUBER, 2005)



**Figura 16** - Sacada parcialmente em balanço

Fonte: (RAUBER, 2005)

### **2.6.3.7 Passagem de dutos**

Em Alvenaria Estrutural é inaceitável que se rasguem as paredes estruturais para inserir as instalações. Essa prática significa desperdício, maior consumo de matéria, de mão de obra e, principalmente, insegurança sob o ponto de vista estrutural. No entanto, existem algumas alternativas para a passagem dos dutos elétricos e hidráulicos, entre elas as descritas abaixo:

#### **Dutos elétricos**

A instalação elétrica deve ser distribuída horizontalmente, através da laje, ou nas fiadas de respaldo, ou também pelo emprego de forro falso, sendo os pontos de consumo alimentados por descidas (ou subidas), sempre na vertical. Os eletrodutos embutidos deverão passar pelos blocos vazados.

Outra forma possível de distribuição dos eletrodutos de instalação elétrica consiste no aproveitamento do espaço atrás do batente das portas, para os interruptores que se situam próximos a estas.

Para a instalação das caixas de tomadas e os interruptores, existem blocos especiais que já apresentam o recorte necessário. Porém, em função do custo mais elevado, muitas vezes opta-se por utilizar o bloco convencional, realizando-se o corte na obra, os quais, por sua vez, serão assentados durante a execução da alvenaria (MACHADO, 1999).

#### **Dutos hidráulicos**

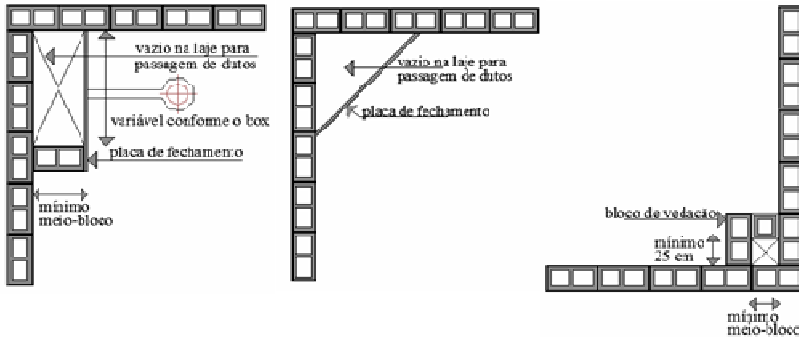
Para as instalações de água e esgoto, onde ocorre o maior problema, existem algumas alternativas, tais como:

- a) agrupamento das instalações hidrossanitárias de banheiros e cozinhas em paredes não estruturais, para embutir as tubulações;
- b) a abertura de passagens tipo *shafts* para a instalação das tubulações;
- c) tubulações executadas sob a laje, ocultas por forro rebaixado;
- d) o emprego das tubulações aparentes.

Segundo Machado (1999), a alternativa mais racionalizada em Alvenaria Estrutural e até mesmo em outros sistemas construtivos, tanto do ponto de vista construtivo quanto da segurança estrutural, é o uso de *shafts* (espaço vazio nas lajes por onde correm os dutos). Essa solução evita quebra da alvenaria para colocação de tubulações. Deve ser executada com material leve, como as representadas na Figura 17.

Devem-se agrupar as instalações de banheiros e cozinhas, ao máximo, sempre que possível. Dessa forma, economizar-se-á espaço e reduzir-se-á a quantidade de *shafts*.

É importante observar que a escolha pela forma de instalação reflete na manutenção da obra. Dependendo da escolha do projetista, essa manutenção será simples ou complexa (RAUBER, 2005).



**Figura 17** – Exemplo de shaft  
Fonte: (ROMAN, MUTTI e ARAÚJO, 1999)

### 2.6.3.8 Família de blocos

As unidades de alvenaria têm função estrutural, compartimento de espaços, isolamento térmico e acústico, proteção a intempéries e ao fogo. São confeccionadas em diversos materiais, processos, dimensões e formatos. Os materiais mais utilizados, no Brasil, são as cerâmicas e o concreto (ROMAN, MUTTI e ARAÚJO, 1999).

Cada formato tem função específica em uma obra, e o conjunto desses formatos define a “família do bloco”, por exemplo:

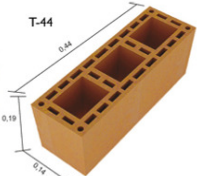
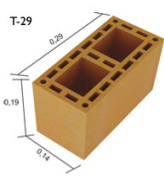
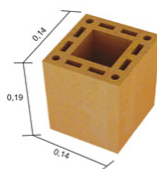
**Bloco canaleta** - Utilizado em vergas, contravergas pré-moldadas e vigas de cintamento;

**Bloco elétrico** – Utilizado para a passagem das tubulações de energia elétrica, de gás, etc.;

**Bloco J** - É utilizado para cintamento de paredes externas e concretagem de lajes moldadas *in loco*;





**Unidades cerâmicas** - São produzidas a partir de uma mistura de argila, normalmente moldadas por extrusão. Como exemplo, a família do bloco 14x19x29 cm citada na Tabela 03, abaixo.

**Tabela 3** – Família de bloco 15x30 (Cerâmica Constrular, 2008)

<b>Bloco de canto 44</b> (14x19x44 cm)	<b>Bloco inteiro 29</b> (14x19x 29 cm)	<b>Meio bloco 14</b> (14x19x14 cm)
		

**Unidades de concreto** - Produzidas a partir de uma mistura de cimento, areia e brita, moldadas por vibro-prensagem. Como exemplo, a família do bloco 14x19x39 cm citada na Tabela 04.

**Tabela 4** – Família de bloco 15x40 (Blocos Pré-fabricados, 2008)

<b>Bloco de canto 54</b> (14x19x54 cm)	<b>Bloco de Canto 34</b> (14x19x34)	<b>Bloco inteiro</b> (14x19x39 cm)	<b>Meio Bloco</b> (14x19x14 cm)
			

### 2.6.3.9 Modulação na Alvenaria Estrutural

Segundo Machado (1999), a modulação funciona como uma diretriz que auxilia na composição e dimensionamento de compartimentos.

Na Alvenaria Estrutural, a utilização correta da modulação é fundamental para a racionalização do sistema. O projetista deve trabalhar sobre um reticulado modular, tanto na vertical quanto na horizontal, com as medidas de altura e de largura das paredes múltiplas das dimensões do componente básico (o bloco). Dessa forma, é essencial conhecer as dimensões dos componentes que serão utilizadas na edificação (ROMAN, MUTTI e ARAÚJO, 1999).

Todavia, a coordenação dimensional só pode ser alcançada se os blocos forem padronizados e se os projetos arquitetônicos, estruturais e

de instalações forem compatibilizados.

Modler (2000 *apud* Rauber, 2005) apresenta alguns passos práticos que auxiliam a elaboração da modulação do projeto arquitetônico em Alvenaria Estrutural:

- a) definição das medidas modulares “m” e “m/2” – sendo “m” o comprimento
- b) modular do bloco padrão utilizado;
- c) elaboração de anteprojecto arquitetônico, considerando as dimensões internas dos compartimentos como múltiplas de m/2;
- d) lançamento da primeira fiada de blocos sobre o anteprojecto;
- e) ajustes de dimensões e lançamento da segunda fiada, pois algumas vezes, para atingir o módulo, podem ser necessárias mais de duas fiadas.

Dessa forma, a modulação arquitetônica é uma ferramenta que permite maior integração entre os componentes da construção.

### ***2.6.3.10 Simplificação do projeto***

Roman, Mutti e Araújo (1999) recomendam os seguintes passos para se obter

um projeto simplificado, tanto em Alvenaria Estrutural como em outros sistemas construtivos:

- utilizar o menor número de componentes possível;
- concentrar trabalhos com um único tipo de material ou função;
- utilizar materiais facilmente encontráveis no mercado, com tamanho e configuração padrões;
- utilizar materiais e componentes simples, fáceis de serem conectados, empregando o mínimo de serviço especializado possível;
- concentrar atenção nas juntas entre os componentes e entre os elementos construtivos;
- reunir, em um só elemento, vários componentes ou funções;
- evitar projetos com ângulos, inclinações e superfícies curvas;
- usar grandes componentes, para que cubram grandes áreas, volumes, metragens lineares, não esquecendo, entretanto, de limitar seu tamanho para não dificultar o manuseio.

Roman, Mutti e Araújo (1999) recomendam ainda os seguintes passos para a obtenção da racionalização de projetos em Alvenaria Estrutural:

- a. verificar condicionantes do projeto;
- b. objetivar o máximo de simetria;
- c. utilizar modulações;
- d. compatibilizar os projetos arquitetônicos com o estrutural e com os projetos de instalações;
- e. prever os pontos de passagem dos *shafts* para as tubulações. em caso de não ser possível o uso de shafts, prever as paredes que podem funcionar como vedação, utilizando-as para passagem de tubulações;
- f. apresentar os detalhes construtivos de forma clara e objetiva;
- g. usar escalas diferentes para planta e detalhes;
- h. apresentar detalhes em escalas adequadas;

Franco (1993) acrescenta os seguintes procedimentos:

- a) especificar “componentes de uma mesma família de blocos”. para os demais componentes, optar por elementos simples, igualmente padronizados e coordenados dimensionalmente.
- b) projetar componentes, elementos construtivos e unidades funcionais que possibilitem a execução através de um conjunto de operações repetitivas.

Como citado anteriormente, o domínio dessas condicionantes pelo projetista é fundamental para desenvolver um projeto arquitetônico otimizado, em Alvenaria Estrutural. Neste trabalho, esses conceitos irão auxiliar no estudo das diretrizes de projeto arquitetônico em Alvenaria Estrutural para o uso do bloco 14x19x44 cm, pois além de essas diretrizes estarem de acordo com a coordenação modular, devem atender os critérios da alvenaria estrutural, para que o projeto seja otimizado, o melhor possível.



### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a descrição do método de pesquisa utilizado para alcançar as possíveis soluções do problema de pesquisa.

Como problema de pesquisa surge o seguinte questionamento: Quais as diretrizes de projeto arquitetônico em Alvenaria Estrutural que irão auxiliar no emprego de bloco 44 cm, como componente principal, seguindo os critérios de Coordenação Modular?

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Com o intuito de desenvolver diretrizes de caráter genérico, para aplicação de conceitos de Coordenação Modular - com o emprego do bloco 44 cm como bloco base em projetos em Alvenaria Estrutural, foi desenvolvido um método de pesquisa com embasamento nas necessidades e conceitos apresentados pela comunidade científica da área.

Esse método consistiu de 06 (se) etapas sequenciais, sendo a primeira delas uma pesquisa de mercado no Estado de Santa Catarina para verificar a disponibilidade do bloco 14x19x44 cm de alvenaria estrutural cerâmica, assim como uma pesquisa das dimensões de esquadrias e pisos cerâmicos oferecidos ao mercado. Em seguida, tornou-se necessário modular uma planta arquitetônica paginada tendo como bloco principal o de dimensões 14x19x29 cm, que foi nomeada nesse trabalho de Modulação 01, outra com o bloco 14x19x39 cm, nomeada como Modulação 02 e finalmente com o bloco 14x19x44 cm chamada de Modulação 03 conforme Tabela 05 a seguir:

**Tabela 5** - Denominação das modulações dos blocos utilizados na pesquisa

Denominação	Tipo de Bloco	Dimensões do Bloco (cm)
Modulação 01	Bloco 29	14x19x29
Modulação 02	Bloco 39	14x19x39
Modulação 03	Bloco 44	14x19x44

O desenvolvimento dessas modulações foi necessário para



identificar a possibilidade de uso, e os possíveis problemas e dificuldades gerados a partir do uso do bloco 44 cm, como elemento principal na modulação. Como etapa conseguinte e após a modulação das plantas arquitetônicas foram determinadas as respectivas alternativas que contornem os problemas levantados.

Dadas as soluções de paginação dos blocos e módulo para os vãos da edificação, como etapa sequencial foram definidas as dimensões modulares que o uso do bloco 44 cm permite para as esquadrias.

Em seguida, foi realizada modulação da planta arquitetônica tendo o bloco 44 como principal aplicando das diretrizes desenvolvidas no trabalho, sendo nomeada esta planta como Modulação 04. Como etapa final foi realizado um comparativo entre a Modulação 04 com as Modulações 01, 02 e 03. A seguir, cada uma das etapas citadas será explanada detalhadamente.

### **3.1.1 Pesquisa de mercado sobre a disponibilidade das dimensões de alguns componentes para as vedações verticais em Santa Catarina**

Diante da proposta deste trabalho de sugerir diretrizes para o uso do bloco 14x19x44 cm, nas vedações verticais em Alvenaria Estrutural Cerâmica, que utilizam a Coordenação Modular, faz-se necessário que se avalie também a disponibilidade e a oferta do mercado local, no que tange às dimensões dos blocos estruturais, das esquadrias e dos revestimentos cerâmicos oferecidos, por se tratar de um aspecto fundamental para apoio à utilização de Coordenação Modular nos projetos de edificações a serem realizados.

Foi realizado também um estudo de levantamento das normas e códigos municipais existentes e referentes a esses componentes. Os componentes estudados nesse levantamento são: **Alvenaria**: blocos estruturais de concreto e de cerâmica, **Vedações**: esquadrias de alumínio (portas e janelas).

#### **Alvenaria**

##### **Disponibilidade do bloco 14x19x44 cm**

A primeira etapa foi verificar a disponibilidade do bloco 14x19x44 cm de alvenaria estrutural cerâmica em Santa Catarina. Para isso foram consultadas as fábricas de blocos cerâmicos estruturais do mercado catarinense, visto que, para propor a utilização de um

componente em quantidade maior que o usual, é necessário verificar a capacidade dos fabricantes em atender um possível aumento de demanda.

Para a coleta de dados foram consultados os fabricantes de blocos cerâmicos do estado. Os mesmos foram localizados no sítio da ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica), **SINDICER** – (Sindicato da Indústria da Cerâmica Vermelha), páginas da internet, catálogos, listas telefônicas e, principalmente, por informações de projetistas e construtoras que utilizam blocos cerâmicos estruturais. Após selecionadas as empresas, foi verificado se as mesmas produzem o bloco em estudo. Essas informações geraram uma tabela onde constam: o nome da empresa consultada, a cidade onde está instalada e a disponibilidade do componente.

### **Diagnóstico das Dimensões de Blocos**

Quanto aos blocos produzidos em Santa Catarina, foi realizada uma pesquisa sobre as dimensões dos blocos de alvenaria estrutural de concreto e de cerâmica. Pesquisaram-se também as dimensões dos blocos, descritas nas normas para unidades de alvenaria estrutural de concreto e cerâmica, para verificação de atendimento aos critérios da Coordenação Modular.

Para as medidas das unidades atenderem a coordenação modular devem ser seguidos os seguintes critérios:

- a) O comprimento e a largura dessa unidade devem ser múltiplos entre si;
  - Comprimento = (2\* espessura) + junta
  - Comprimento = (3\* espessura) + 2\*junta
  - Comprimento = (4\* espessura) + 3\*junta

Genericamente: Comprimento = N (número de vezes que a espessura será multiplicada)\* espessura + (N-1)\*junta (FRANCO, 1992);

- b) Mesmo não sendo uma medida modular (M), multimodular (n.M) ou submodular (n.M/4), no entanto, ao ser combinada algumas vezes com elementos semelhantes, preenche um espaço modular ou multimodular (ZECHMEISTER, 2005);

### **Diagnóstico das Dimensões dos vãos para esquadrias**

Quanto às dimensões dos vãos de esquadrias foi realizado um levantamento das dimensões disponíveis no mercado catarinense, com relação à influência do projeto de modulação na execução das

esquadrias.

Para verificar o atendimento das medidas modulares pelos fabricantes de esquadrias, exigidas pela Coordenação Modular, foi realizada uma análise das dimensões desses componentes, comercializados no estado de Santa Catarina, utilizando como referência as recomendações feitas por Lucini (2001), em seu Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias. Esse manual visa suprir as deficiências deixadas pelas normas de Coordenação Modular, que tratam do assunto, mas que não especificam nenhuma medida preferida para as esquadrias. As normas para esquadrias são:

- NBR 5708 - Vãos modulares e seus fechamentos: procedimento;
- NBR 5722 - Esquadrias modulares: procedimento;
- NBR 5728 - Detalhes modulares de esquadrias: procedimento.

O manual foi desenvolvido com o objetivo de propor um processo de modulação de vãos de esquadrias, considerando simultaneamente a modulação de vãos construtivos nas edificações e a definição de dimensões preferenciais para o desenvolvimento de sistemas de esquadrias. Tudo isso utilizando como base os sistemas construtivos em estruturas independentes de concreto armado e em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e de concreto (LUCINI, 2001).

A Tabela 06 demonstra as dimensões de vãos e esquadrias recomendadas por esse manual.

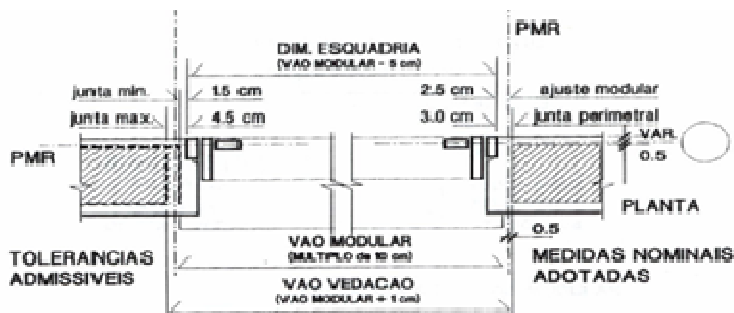
**Tabela 6** - Exemplo de relação dimensional entre vãos e esquadrias.

<b>Vão modular (cm)</b>	<b>Vão disponível à vedação (cm)</b>	<b>Dimensão modular da esquadria (cm)</b>	<b>Dimensão nominal da esquadria (cm)</b>	<b>Junta nominal total (cm)</b>	<b>Junta nominal perimetral (cm)</b>
<b>Larg. x Alt.</b>	<b>Larg. x Alt.</b>	<b>Larg. x Alt.</b>	<b>Larg. x Alt.</b>		
80x80	81x81	80x80	75x75	6,0	3,0
90x220	91x121	90x220	85x215	6,0	3,0
100x120	101x121	100x120	95x115	6,0	3,0
120x120	121x121	120x120	115x115	6,0	3,0
150x220	151x221	150x220	145x215	6,0	3,0

Fonte: (LUCINI, 2001)

As informações, para o estudo das dimensões de vãos de

esquadrias, foram fundamentadas na tabela 06 e nos dados contidos na seguinte afirmação: “As dimensões de esquadrias sempre devem fazer referência ao vão modular. Assim: o vão modular é múltiplo do módulo decimétrico; o vão vedação é o vão modular + 1 cm; a dimensão da esquadria é o vão modular - 5 cm; o vão iluminação/ventilação é o vão modular - 10 cm, ou dimensão da esquadria - 5 cm”, Lucini (2001). Estas regras são ilustradas na Figura 18.



**Figura 18** - Detalhe em planta de uma esquadria modular.

Fonte: (LUCINI, 2001)

### 3.1.2 Componentes para amarrações em “T” e “X”

No modelo clássico de amarrações entre unidades de Alvenaria Estrutural, o bloco 44 cm é utilizado somente para amarrações nomeadas tradicionalmente como “T” e “X”.

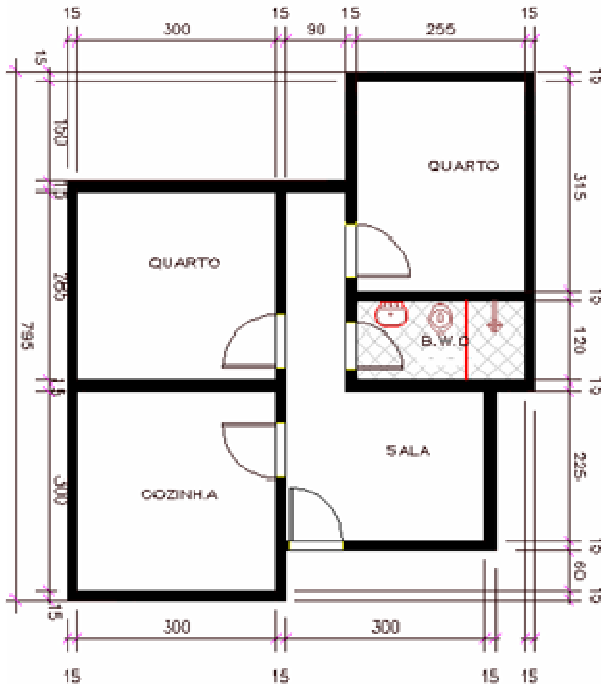
Neste item foram realizados estudos de amarrações em “T” e “X” com os componentes especificados na NBR 15270-2. O objetivo foi verificar a possibilidade de serem usados como componentes principais nos projetos em Alvenaria Estrutural e atenderem os critérios da Coordenação Modular, sendo analisados os seguintes itens:

- a) O comprimento e a largura da unidade devem ser múltiplos entre si, para que possa ser empregada uma malha modular coerente nas duas direções planimétricas, o que permite a amarração nos cantos da alvenaria (FRANCO, 1992)
  - Comprimento = 2\* espessura + junta
  - Comprimento = 3\* espessura + 2\*junta
  - Comprimento = 4\* espessura + 3\*junta
  - Comprimento = N\* espessura + (N-1)\*junta
- b) Mesmo não sendo uma medida modular (M), multimodular

(n.M) ou submodular(n.M/4), no entanto, ao ser combinada inúmeras vezes com elementos semelhantes, preenche um espaço modular ou multimodular (ZECHMEISTER, 2005).

### 3.1.3 Modulação 01, 02 e 03

Nesta etapa da pesquisa, foram adotados procedimentos experimentais realizados em ambiente virtual sendo que foi utilizada como base a planta baixa representada na Figura 19. Os procedimentos mencionados estão descritos nesse item, nas modulações 01, 02 e 03.



**Figura 19** - Planta baixa utilizada nas simulações de uso dos blocos 29cm e 44cm.

A planta baixa trata-se de uma residência unifamiliar, de 48,30 m<sup>2</sup>, constituída de dois quartos, sala, cozinha e banheiro. A malha usada nessa planta baixa para a Modulação 01 e 03 foi realizada de acordo com as necessidades do bloco 14x19x29 cm, componente principal, para

que o mesmo seja aplicado da forma mais racional possível, tendo como base quadrículos com dimensões de 15 cm na horizontal e 20 cm na vertical. A dimensão na horizontal (15 cm) foi determinada por  $30/2$ . Essa medida é referente ao comprimento do bloco (29 cm), acrescido de seu ajuste modular (1 cm). Porém, a medida do quadrículo na vertical (20 cm) foi determinada pela altura do bloco (19 cm), acrescida de ajuste modular (1 cm).

Como a proposta do uso do bloco 44 cm como componente principal é abrangente para todas as tipologias de plantas, não existiu um critério relevante para a seleção da planta em estudo. A opção foi por uma planta típica das habitações populares no país. Porém houve preocupação em optar por uma tipologia de planta onde a dificuldade na paginação dos blocos fosse maior, para que assim fossem encontrados e visualizados o maior número possível de problemas na modulação. Desta forma optou-se por uma planta baixa com recortes em seu “layout”.

Essa planta baixa foi paginada inicialmente três vezes, resultando em três outras plantas, e nomeadas neste trabalho como Modulação 01, 02 e 03. Cada uma possui a planta baixa modulada e as suas respectivas elevações de paredes, as quais foram desenvolvidas com auxílio da ferramenta AutoCAD®.

### **Modulação 01**

A paginação da Modulação 01 utilizou o bloco 14x19x29 cm, com a função de componente principal na modulação e os blocos 14x19x14 e 14x19x44 cm foram utilizados como componentes complementares. O módulo utilizado para determinar as dimensões da residência foi de acordo com as necessidades do bloco 29 cm, como habitualmente é o procedimento dos projetistas em Alvenaria Estrutural. Essa modulação foi necessária para comparações com a Família 03, para observar a possibilidade na troca do elemento principal e, principalmente para comparar com a de blocos denominada de Família 04. Nesta foram aplicadas as diretrizes, de posicionamento dos blocos nas modulações, módulo e dimensões de esquadrias, estudadas para avaliação das vantagens e desvantagens na troca do componente principal. Sendo que nesse caso as Famílias 01 e 04 foram moduladas da forma mais otimizada possível, de acordo com a necessidade de cada unidade principal para adequada comparação.

### **Modulação 02**

Para a Modulação 02 foi utilizada a mesma planta da Modulação

01. No entanto, as dimensões dos ambientes foram moduladas de acordo com as necessidades do bloco 39 cm de comprimento, tendo como base quadrículos com dimensões de 20 cm na horizontal e 20 cm na vertical. Essa Modulação foi necessária para comparativos entre a Modulação 03 e a Modulação 04, para avaliar o desempenho entre cada Modulação.

### **Modulação 03**

A Modulação 03 foi paginada com o bloco 44 cm como componente principal e tendo como possíveis blocos complementares as unidades 14x19x14 e 14x19x29 cm. Porém como as dimensões de módulo para o bloco 44 cm como componente principal ainda não foram determinadas, utilizou-se como base as mesmas dimensões que as apresentadas na Modulação 01, já que a mesma utiliza o bloco 44 cm como componente complementar. Essa Modulação foi necessária para verificar os possíveis problemas na troca do elemento principal e, assim, determinar quais diretrizes devem ser estudadas para aplicar o bloco 44 cm como componente principal, em projetos em Alvenaria Estrutural, da forma mais racionalizada possível.

O estudo dessas modulações foi necessário para verificar medidas, em relação à posição dos blocos na paginação, módulo, dimensões de vãos de esquadrias e de revestimentos cerâmicos, que devem ser alteradas para usar o bloco 14x19x44 cm como componente principal nos projetos em Alvenaria Estrutural. Isso para que se use o mínimo possível de blocos complementares e se atenda os critérios da Coordenação Modular, proporcionando facilidade e rapidez de execução e economia com mão de obra.

Considerando que o bloco 44 cm atende as necessidades de amarrações em “X”, “T” e “L”, espera-se, com o seu uso, reduzir a quantidade de unidades complementares, melhorar a produtividade e a qualidade da obra.

#### **3.1.4 Definição das diretrizes**

Foram estudadas as dimensões necessárias para os ambientes, as posições dos blocos conforme a necessidade do bloco 44 cm e as dimensões das esquadrias que atendam as necessidades do bloco 44 cm e os critérios de Coordenação Modular.

### ***3.1.4.1 Arranjos e modulações das paredes***

Uma primeira etapa de ajuste da planta baixa analisada (Figura 19) consistiu em modular as dimensões dos cômodos, para que atendam a Coordenação Modular e as necessidades de amarração do bloco 44 cm.

Foram estudadas diretrizes para casos elementares, que permitem a elaboração otimizada de projetos em Alvenaria Estrutural que empregam como elemento principal o bloco em estudo. Para isso, foram feitas simulações computacionais com auxílio da ferramenta AutoCAD®, desenvolvendo arranjos de parede e simulando ambientes representados nas figuras 20 e 21 para testar a posição ideal dos blocos e o módulo.

O objetivo foi evitar o uso de blocos complementares em nenhuma das fiadas e ao mesmo tempo em que as dimensões dos módulos atendessem a Coordenação Modular. Este estudo resultou em regras básicas e genéricas, para o posicionamento dos blocos, e expressões numéricas, para determinar os módulos. As mesmas podem ser aplicadas em todos os casos de projetos em Alvenaria Estrutural. Com isto, sua aplicação auxiliará o projetista a elaborar, com facilidade, os projetos utilizando o bloco de 44 cm de comprimento como módulo básico.

O método consiste em desenvolver arranjos para casos de paginações, representados genericamente pela figura 20, modulando a primeira (fiada ímpar) e segunda fiada (fiada par) e variando a posição do bloco de acordo com as necessidades de amarração da Alvenaria Estrutural, até chegar à situação em que não fossem necessários blocos complementares, definindo, dessa forma, as amarrações que melhor atendem a necessidade do bloco 44 cm.

Para real eficiência do comportamento estrutural não basta à especificação de blocos e argamassa de assentamento corretas. Também são importantes as amarrações entre os blocos. Estas amarrações são importantes para dar descontinuidade as juntas verticais, fornecer maior rigidez ao sistema e evitar futuras fissuras ocasionadas por movimentações devido aos diferentes níveis de carregamento comuns nas estruturas de alvenaria.



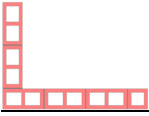
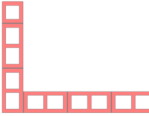
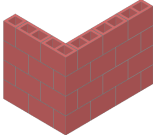
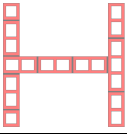
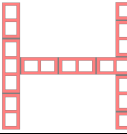
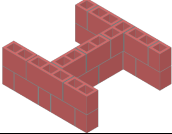
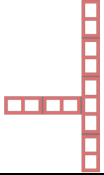
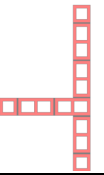
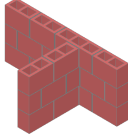
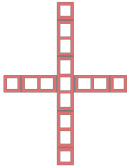
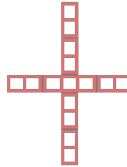
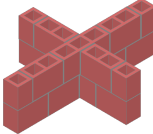
**Figura 20** – Simulação vãos de ambientes para o estudo das paginações



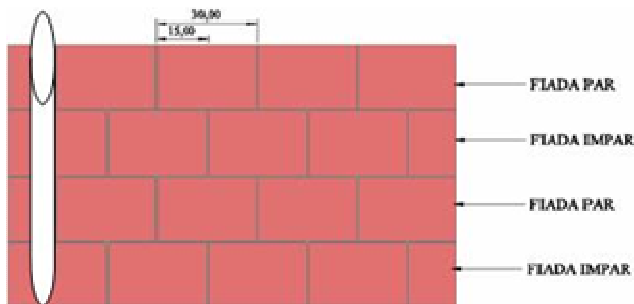
Para isso são utilizados blocos de diferentes tamanhos e também inversões de posicionamento nas fiadas pares e ímpares das paredes.

Existem várias necessidades de amarrações dentre elas: cantos “L”, encontros de paredes em “I”, “T” e “X”, utilizados para iniciar ou finalizar uma parede, para formar rigidez ao longo das paredes, dentre outras, como mostra a Tabela 07.

**Tabela 7** - Diferentes situações de amarrações

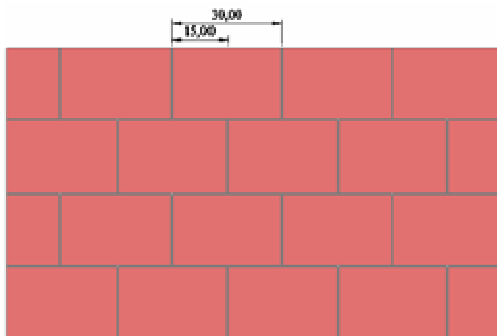
Amar.	Fiada Ímpar	Fiada Par	
“L”			
“T”			
“T”			
“X”			

No sistema atual de amarração, a descontinuidade das juntas verticais é posicionada no centro dos blocos das fiadas ímpares e pares, originando uma dimensão de meio bloco, conforme Figura 21, independente do módulo utilizado. A utilização deste procedimento garante não só a amarração, mas a coerência na posição dos blocos na modulação horizontal, além de garantir também a passagem vertical dos eletrodutos com facilidade pelos blocos, pois os vazados dos blocos das fiadas pares e ímpares coincidem.



**Figura 21** - Descontinuidade de juntas das fiadas ímpares e pares

A proposta deste trabalho, de sugerir o uso do bloco 44 cm como unidade principal nos projetos de Alvenaria Estrutural, traz uma inovação nas amarrações, pois a descontinuidade de juntas geradas origina uma distância entre fiadas ímpares e pares de  $2/3$  (dois terços). Porém a descontinuidade de juntas se mantém, garantindo uma amarração eficiente e também continua com a tão importante coerência na posição dos blocos na modulação horizontal, como ilustrado nas Figuras 22 e 23.



**Figura 22** - Amarração bloco 29 cm

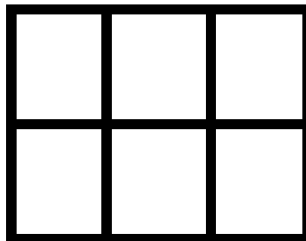
Após esta etapa, foram determinadas as dimensões dos módulos, visando permitir o uso do bloco 44 cm como componente principal e ao mesmo tempo atendendo ao módulo da Coordenação Modular, para cada um dos arranjos resultantes. Para complementar a modulação, foram analisadas as possibilidades permitidas para diferentes dimensões, onde foram estudadas quantas unidades desse componente são necessárias para atingir uma medida modular ou multimodular, resultando em expressões numéricas, seguindo os conceitos encontrados na revisão da literatura, os quais estão citados abaixo.



**Figura 23** - Amarração bloco 44 cm

A NBR 5706 (1977) que define módulo como: “A distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência”, sendo determinado como 10 cm. No entanto, para medidas maiores que 10 cm são usados **multimódulos**, cujo valor é múltiplo inteiro do módulo base. Para estes casos, Rosso (1976) recomenda o uso da série 3M, 6M, 9M, 12M e 15M.

Um resumo da verificação da validade dessas amarrações está apresentado na figura 24. A mesma foi modulada com as resultantes de posicionamento dos blocos e as expressões numéricas de módulo, para verificar se o fechamento completo da figura atende a condição de não necessitar blocos complementares.



**Figura 24** - Simulação de ambientes para a verificação das amarrações

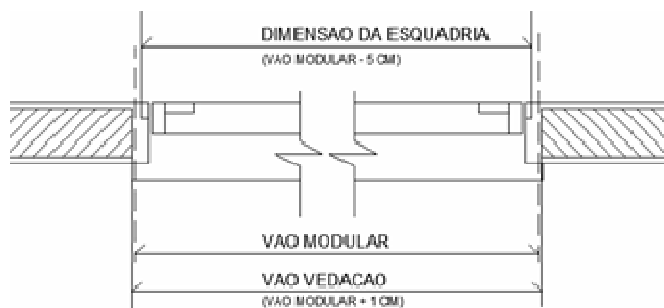
### 3.1.4.2 Esquadrias

Foram estudadas as dimensões referentes aos vãos de esquadrias mais adequados para os projetos em Alvenaria Estrutural, que utilizam

como elemento principal o bloco 44 cm. Avaliou-se a relação desses vãos com a Coordenação Modular, o Código de Obras municipal de Florianópolis, a NBR 9050 e as esquadrias disponíveis no mercado catarinense, seguindo os critérios abaixo para cada item:

### 3.1.4.2.1 Coordenação Modular dos vãos de esquadrias

Para avaliar se os vãos gerados pela unidade de 44 cm são vãos modulares, a pesquisa foi fundamentada nas definições das normas brasileiras sobre Coordenação Modular e nos dados contidos na seguinte afirmação de Lucini (2001): “As dimensões de esquadrias sempre devem fazer referência ao vão modular. Assim, o vão modular é múltiplo do módulo decimétrico; o vão vedação é o vão modular + 1 cm; a dimensão da esquadria é o vão modular – 5 cm; o vão iluminação/ventilação é o vão modular – 10 cm, ou dimensão da esquadria – 5 cm”. A Figura 25 ilustra o conceito de vão de esquadrias, apresentado por Lucini (2001).



**Figura 25** - Detalhe em planta de uma esquadria modular

Fonte: LUCINI (2001)

### 3.1.4.2.2 Códigos e Normas

Como parte desta pesquisa também foi analisado o Código de Obras de Florianópolis e a NBR 9050 (Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência a edificações, espaço, mobiliário e equipamento urbano), a respeito das dimensões de esquadrias necessárias para atender ambos. Foram aventados os seguintes aspectos, a respeito da abordagem feita pelas NBR 9050 e pelo Código de Obras

da região:

**Para o Código de obras:**

- Segundo o Código de Obras: “As portas terão, no mínimo, altura de 2,00 m (dois metros) e largura livre de 0,80 m (oitenta centímetros), quando situadas nas áreas comuns de circulação e quando servirem para ingresso à edificação, a unidades autônomas e a compartimentos dos grupos “A” (sala, dormitório), “B” (estudo, trabalho, reunião, comércio, prestação de serviços e prática de exercícios físicos ou esportes, em edificações em geral) e “C” (cozinhas, copas, despensas, lavanderias e áreas de serviço).”
- Nenhuma porta poderá ter largura inferior a 0,60 m (sessenta centímetros).

**Para a NBR 9050:**

- Segundo a NBR 9050: “As portas, inclusive de elevadores, devem ter um vão livre de, no mínimo, de 0,80 m (oitenta centímetros); as portas com mais de uma folha, pelo menos uma delas deve atender a essa condição.”

### ***3.1.4.2.3 Esquadrias disponíveis no mercado de Santa Catarina***

Para verificar se as medidas modulares exigidas pela Coordenação Modular são atendidas pelos fabricantes do estado, foi realizado um estudo com as dimensões de esquadrias comercializadas. No total foram estudadas as dimensões disponibilizadas por seis empresas de esquadrias de alumínio, através de catálogos, páginas da internet e entrevistas por telefone. O levantamento da pesquisa foi representado em tabelas.

Esse estudo serviu como referência para dimensionar as esquadrias em estudo, para que os vãos gerados pelo bloco 44 cm atendam a margem de dimensões das esquadrias disponíveis no mercado, já que as mesmas são as mais usuais em obras.

### **3.1.5 Paginação da planta com aplicação das diretrizes Modulação 04**

Nesta etapa da pesquisa, foi modulada a planta baixa ilustrada na

figura 19 e as elevações das paredes da mesma, neste caso utilizando a simulação computacional, com auxílio da ferramenta AutoCAD®. Foram aplicadas as diretrizes de módulo, arranjos de parede, dimensões das esquadrias e revestimentos cerâmicos selecionados na pesquisa para o uso do bloco 44 cm, nos projetos em Alvenaria Estrutural, de modo a atender os critérios de Coordenação Modular.

### **3.1.6 Comparação das Modulações 01, 02,03 e 04**

Nesta etapa verificou-se a viabilidade, as vantagens e as desvantagens do uso das diretrizes propostas para o bloco 44 cm. Com o intuito de visualizar as vantagens das diretrizes propostas foi realizado um comparativo referente ao desempenho das Modulações 01,02 e 03 em relação à Modulação 04. A comparação leva em consideração quanto ao número de blocos utilizados, ao número de blocos complementares necessários, à área de cada modulação e ao atendimento da Coordenação Modular. Esse estudo foi necessário para avaliar as vantagens e desvantagens em usar o bloco 44 cm como principal aplicando as diretrizes estudadas com as demais modulações mais utilizadas atualmente no mercado.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os dados e análises relativos ao uso do bloco de 14x19x44 cm, como componente principal em projetos de edificações fundamentados nos princípios de construção em Alvenaria Estrutural, como também as relações entre as dimensões dos blocos, das esquadrias, dos revestimentos cerâmicos e o processo de Coordenação Modular.

Inicialmente, são apresentados dados referentes à disponibilidade desses componentes no estado de Santa Catarina. Os itens seguintes referem-se ao estudo dos problemas e dificuldades encontrados no uso do bloco de 44 cm, em substituição aos blocos de 29 cm e 39 cm de comprimento, atualmente os principais elementos utilizados em construções que prevêm o emprego de Alvenaria Estrutural.

Em seguida são realizados estudos para o uso mais adequado do bloco 44 cm. Estes estudos buscaram a redução da quantidade de blocos complementares, na modulação e adequar as dimensões dos ambientes, das esquadrias e dos revestimentos cerâmicos à Coordenação Modular. Com isto, foi possível o estabelecimento de diretrizes de projeto arquitetônico para o uso do bloco de 44 cm de comprimento como componente básico, que, se seguidas, conferirão facilidade e rapidez na execução, economia em mão de obra e redução de uso de peças complementares.

Com as resultantes das diretrizes, foi modulada uma planta com o bloco 44 cm, como componente principal, para mostrar as melhorias na aplicação do bloco nas paginações.

Para finalizar o capítulo, são apresentados comparativos relativos à necessidade de blocos complementares, ao quantitativo total de blocos e a área para as plantas moduladas com os blocos principais 29,39 e 44 cm de comprimento. Estes comparativos serviram para avaliar o desempenho, em relação a necessidade de blocos complementares nas amarrações, da planta modulada com o bloco 44 cm como principal com relação a necessidade de blocos complementares em relação às demais plantas moduladas com os blocos principais 29 e 39 cm de comprimento.



## ***4.1 ESTUDO DAS DIMENSÕES DE ALGUNS COMPONENTES DISPONÍVEIS NO MERCADO CATARINENSE***

Neste item estão descritos o levantamento das dimensões dos principais componentes de vedações verticais, estudo das normas e códigos municipais referentes a esses componentes e as constatações são apresentadas em Pereira (2005), a respeito das vedações verticais e dos revestimentos de piso.

Os componentes estudados nesse levantamento foram:

- **Alvenaria:** blocos estruturais de concreto e de cerâmica;
- **Vedações:** esquadrias de alumínio (portas e janelas);
- **Revestimentos:** revestimentos cerâmicos para piso e parede;

### **4.1.1 Alvenaria**

#### ***4.1.1.1 Disponibilidade do bloco 14 cm x 19 cm x 44 cm de alvenaria estrutural cerâmica em Santa Catarina***

A pesquisa mostrou que pelo menos 7 (sete) cerâmicas de médio e grande porte produzem, ou podem vir a produzir blocos cerâmicos de 44 cm em escala.

Diante disto, pode-se observar que há oferta por parte de empresas fabricantes de blocos estruturais do estado do bloco 44 cm. Assim, justifica-se a continuidade do estudo com esse componente, já que o objetivo é propor o uso do mesmo em projetos de Alvenaria Estrutural Cerâmica.

#### ***4.1.1.2 Verificação das dimensões de blocos***

Os resultados sobre as dimensões dos blocos de alvenaria estrutural de concreto e de cerâmica, produzidos no estado de Santa Catarina e as dimensões dos blocos, descritas nas normas para unidades de alvenaria estrutural de concreto e cerâmica, para verificação de atendimento aos critérios da Coordenação Modular, são apresentados nas tabelas 8 a 14, sendo subdivididos, para melhor análise, em duas partes: na primeira, constam apenas os blocos modulares produzidos por empresas catarinenses fabricantes de unidades para alvenaria. Na segunda parte, os resultados e discussões são referentes à análise de normas nacionais de unidades de alvenaria, correlacionadas com a coordenação modular.

### **Blocos modulares produzidos em Santa Catarina**

Foram analisadas seis empresas do estado, três fabricantes de blocos de concreto e três de blocos cerâmicos, através de catálogos e páginas da internet, sendo que destas foram consultadas todas as dimensões disponíveis a serem comercializadas. Do total de 38 unidades fornecidas pelos fabricantes, apenas 13 foram selecionadas e apresentadas nas tabelas 08 e 09, pois se encontravam dentro dos critérios da coordenação modular, citados no item 3 nas alíneas a e b.

**Tabela 8** - Blocos de concreto modulares produzidos no estado de Santa Catarina

<b>BLOCO DE CONCRETO</b>	<b>DIMENSÕES (cm)</b>		
	<b>LARGURA</b>	<b>ALTURA</b>	<b>COMPRIM.</b>
<b>BLOCO INTEIRO</b>	14	19	29
	19	19	39
	19	19	19
<b>MEIO BLOCO</b>	14	19	19

**Tabela 9** - Blocos cerâmicos modulares produzidos no estado de Santa Catarina

<b>BLOCO CERÂMICO</b>	<b>DIMENSÕES (cm)</b>		
	<b>LARGURA</b>	<b>ALTURA</b>	<b>COMPRIM.</b>
<b>BLOCO INTEIRO</b>	14	19	29
	19	19	39
	14	19	44
	12	19	25
<b>MEIO BLOCO</b>	14	19	14
	12	19	12
	19	19	19

O estudo apresenta os seguintes resultados: 32% dos blocos estruturais de concreto e 35% dos blocos estruturais cerâmicos, produzidos no estado, atendem os requisitos da coordenação modular. Conclui-se que do total de blocos pesquisados aproximadamente 67% não são modulados, ou seja, ocasionam uso de blocos especiais, afetando o custo e a qualidade da construção.

#### **4.1.1.3 Análise das dimensões das normas de blocos**

Neste item, observou-se se as medidas que constam nas normas de blocos seguem os critérios da Coordenação Modular, citados no item 3.1.2 do capítulo de método, nas alíneas a e b.

##### **Normas analisadas:**

**NBR 5711 (1982)** - Esta norma padroniza os tijolos modulares de barro cozido a serem empregados na construção coordenada modularmente.

**NBR 5712 (1982)** - Esta norma padroniza os blocos vazados de concreto a serem empregados na construção coordenada modularmente.

**NBR 6136 (2006)** - Esta norma estabelece os requisitos para o recebimento de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural.

**NBR 15270-2 (2005)** - Esta parte da ABNT, NBR 15270, define os termos e fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos, exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos estruturais a serem utilizados em obras de alvenaria estrutural, com ou sem revestimento.

Os aspectos de modularidade foram identificados, assim como os de não modularidade, os quais serão representados nas tabelas de número 10 a 13, pelas seguintes formatações:

- **preta:** As medidas da unidade seguem critérios de coordenação modular;
- **vermelha:** O comprimento e a largura dos blocos não são múltiplos entre si;
- **azul:** Medida pertencente ao sistema octamétrico, com  $M = 12,5$ ;

Observa-se, nessa norma (Tabela 10), que o comprimento, largura e altura possuem uma boa correlação com a modulação, com exceção das unidades com altura igual a 8 cm. Essa altura não é uma medida modular ( $M$ ), multimodular ( $n.M$ ) ou submodular ( $n.M/4$ ). No entanto, ao ser combinada cinco vezes com elementos semelhantes, preenche um espaço multimodular de  $4M$ .

**Tabela 10** - Dimensões dos materiais cerâmicos para construções coordenadas modularmente, de acordo com a NBR 5711.

MATERIAL Cerâmicos Coordenação Modular	DIMENSÕES (cm)		
	LARGURA	ALTURA	COMPRIM.
<b>Bloco furado 01</b>	10	10	20
<b>Bloco furado 02</b>	10	20	20
<b>Bloco furado 03</b>	10	20	30
<b>Bloco maciço 01</b>	10	8b	10
<b>Bloco maciço 02</b>	10	8b	20

Fonte: (ABNT, 1982)

**Tabela 11** - Dimensões de blocos de concreto para construções coordenadas modularmente conforme a NBR 5712.

BLOCOS DE CONCRETO Coordenação Modular	DIMENSÕES (cm)		
	LARGURA	ALTURA	COMPRIM.
<b>Bloco inteiro 01</b>	20	20	10
<b>Bloco inteiro 02</b>	20	20	20
<b>Bloco inteiro 03</b>	20	20	40
<b>Bloco inteiro 04</b>	10	20	10
<b>Bloco inteiro 05</b>	10	20	20
<b>Bloco inteiro 06</b>	10	20	40
<b>Bloco inteiro 07</b>	<b>15</b>	20	<b>10</b>
<b>Bloco inteiro 08</b>	<b>15</b>	20	<b>20</b>
<b>Bloco inteiro 09</b>	<b>15</b>	20	<b>40</b>
<b>Meio bloco 01</b>	20	10	10
<b>Meio bloco 02</b>	20	10	20
<b>Meio bloco 03</b>	20	10	40
<b>Meio bloco 04</b>	10	10	10
<b>Meio bloco 05</b>	10	10	20
<b>Meio bloco 06</b>	10	10	40
<b>Meio bloco 07</b>	<b>15</b>	10	<b>10</b>
<b>Meio bloco 08</b>	<b>15</b>	10	<b>20</b>
<b>Meio bloco 09</b>	<b>15</b>	10	<b>40</b>

Fonte: NBR 5712 (ABNT, 1982)

Legenda: (a) - As medidas da unidade seguem critérios de coordenação modular.

(b) - O comprimento e a largura dessa unidade não são múltiplos entre si.

As dimensões apresentadas nas tabelas 10 e 11 se referem à dimensão real do bloco somado ao ajuste modular definido em um centímetro.

**Tabela 12** - Dimensões de blocos de concreto, retiradas da NBR 6136.

TIPOS BLOCOS DE CONCRETO	DIMENSÕES (cm)		
	LARGURA	ALTURA	COMPRIM.
<b>Bloco inteiro 01</b>	19	19	39
<b>Bloco inteiro 02</b>	14	19	29
<b>Bloco inteiro 03</b>	<b>11,5</b>	19	<b>24</b>
<b>Bloco inteiro 04</b>	9	19	39
<b>Bloco inteiro 05</b>	9	19	19
<b>Bloco inteiro 06</b>	9	19	29
<b>Bloco inteiro 07</b>	<b>14</b>	19	<b>39</b>
<b>Bloco inteiro 08</b>	<b>11,5</b>	19	<b>39</b>
<b>Bloco inteiro 09</b>	<b>11,5</b>	19	<b>36,5</b>
<b>Bloco inteiro 10</b>	<b>14</b>	19	<b>39</b>
<hr/>			
<b>Meio bloco 01</b>	19	19	19
<b>Meio bloco 02</b>	14	19	14
<b>Meio bloco 03</b>	<b>11,5</b>	19	<b>11,5</b>
<b>Meio bloco 04</b>	9	19	19
<b>Meio bloco 05</b>	9	19	9
<b>Meio bloco 06</b>	<b>14</b>	19	<b>19</b>
<b>Meio bloco 07</b>	<b>11,5</b>	19	<b>19</b>
<b>Meio bloco 08</b>	<b>6,5</b>	19	<b>19</b>

Fonte (ABNT, 2006)

Legenda: (a) - As medidas da unidade seguem os critérios da coordenação modular.

**(b) - O comprimento e a largura dessa unidade não são múltiplos entre si.**

**(c) - Medida pertencente ao sistema octamétrico, com M = 12,5.**

Pode-se verificar, nas Tabelas 10 à 13, que as quatro normas analisadas possuem um total de 32 unidades de blocos inteiros e 25 unidades de meio bloco, das quais:

- dez unidades de blocos inteiros e dez unidades de meio bloco não atendem o critério de apresentar o comprimento e a largura múltiplos entre si.
- sete unidades de blocos inteiros e seis unidades de meio bloco pertencem ao sistema octamétrico.

**Tabela 13** - Dimensões para blocos cerâmicos retirados da NBR 15270-2.

TIPOS DE BLOCOS CERÂMICOS	DIMENSÕES (cm)		
	LARGURA	ALTURA	COMPRIM.
<b>Bloco inteiro 01</b>	<b>11,5</b>	19	<b>24</b>
<b>Bloco inteiro 02</b>	14	19	29
<b>Bloco inteiro 03</b>	19	19	39
<b>Bloco inteiro 04</b>	<b>11,5</b>	<b>11,5</b>	<b>24</b>
<b>Bloco inteiro 05</b>	<b>11,5</b>	19	<b>29</b>
<b>Bloco inteiro 06</b>	<b>11,5</b>	19	<b>39</b>
<b>Bloco inteiro 07</b>	<b>14</b>	19	<b>39</b>
<b>Bloco inteiro 08</b>	<b>19</b>	19	<b>29</b>
<b>Meio bloco 01</b>	<b>11,5</b>	19	<b>11,5</b>
<b>Meio bloco 02</b>	14	19	14
<b>Meio bloco 03</b>	19	19	19
<b>Meio bloco 04</b>	<b>11,5</b>	<b>11,5</b>	<b>11,5</b>
<b>Meio bloco 05</b>	<b>11,5</b>	19	<b>14</b>
<b>Meio bloco 06</b>	<b>11,5</b>	19	<b>19</b>
<b>Meio bloco 07</b>	<b>14</b>	19	<b>19</b>
<b>Meio bloco 08</b>	<b>19</b>	19	<b>14</b>

Fonte: (ABNT, 2005)

Legenda: (a) - As medidas da unidade seguem os critérios da coordenação modular.

(b) - O comprimento e a largura dessa unidade não são múltiplos entre si.

(c) - **Medida pertencente ao sistema octamétrico, com M = 12,5.**

Dessas, a maior recorrência foi a de que o comprimento e a largura das unidades não são múltiplos entre si, dado que está destacado nas figuras pela cor vermelha.

Devido ao fato de que os equipamentos para a fabricação das unidades foram importados, são observadas também dimensões com medidas iguais a 12,5 cm, pertencentes ao sistema octamétrico, que era usado em diversos países europeus.

A partir dos resultados acima descritos, observa-se a falta de coerência entre as normas de coordenação modular e as que determinam dimensões para unidades de alvenaria. Consta-se, então, que essas normas não utilizam os conceitos da coordenação modular para determinar suas medidas.

#### **4.1.1.4 Código de obras**

Para o código de obras de Florianópolis, é exigida a espessura de 12 cm, quando da aprovação de projetos, junto à prefeitura, em relação à espessura mínima de parede em alvenaria, para paredes das edificações em geral

Para a espessura de blocos, de acordo com a Coordenação Modular, existem três tamanhos padronizados: 9 cm, 14 cm e 19 cm (dimensões nominais), e as paredes têm a espessura nominal do bloco ou, quando revestidas, essa medida acrescida da espessura do revestimento (BALDAUF, 2007). Com relação aos três tamanhos especificados pela coordenação modular, a única restrição para atender o código municipal é que o bloco com espessura igual a 9 cm apenas pode ser usado se, acrescido de revestimento, atingir uma espessura igual ou superior a 12 cm.

#### **4.1.2 Esquadrias**

Foram avaliados os produtos fabricados por seis empresas de esquadrias de alumínio, através de catálogos, páginas da Internet e entrevistas por telefone. Apenas três das empresas consultadas produzem esquadrias com dimensões definidas. As demais fornecem conforme a necessidade e pedido do cliente, ou seja, “sob medida”, de acordo aos vãos deixados em cada obra. Foram analisados também os vãos gerados pelas unidades de alvenaria estrutural, tais como: 9x19x19, 11.5x19x24, 14x19x29, 11.5x19x36,5, 19x19x39 e 14x19x44cm.

O levantamento da pesquisa com as dimensões disponíveis pelas empresas de esquadrias e os vãos gerados pelas unidades de alvenaria estrutural resultou nas tabelas de número 14 a 17. As letras representadas na tabelas significam respectivamente:

- a. o comprimento e a altura do vão seguem os critérios da coordenação modular;
- b. o comprimento e a altura do vão não possuem medidas modulares;
- c. o comprimento do vão não possui medida modular;
- d. o comprimento do vão não atende o código de obras.

**Tabela 14** - Estudo de dimensão de vãos para janelas de correr

<b>JANELA DE CORRER/VENEZIANA</b>					
		<b>Vão Modular(cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão(cm)</b>	<b>Vão Vedação(cm)</b>	<b>OBS.</b>
		<b>V.M =M*n</b>	<b>E.D = (M*n )-5</b>	<b>V.V= (M*n) +1</b>	
<b>Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias (LUCINI, 2001)</b>		120x120	115x115	121x121	a
		150x120	145x115	151x121	a
		105x105	100x100	106x106	b
<b>Esquadrias disponíveis no mercado</b>		105x125	100x120	106x126	b
		105x155	100x150	106x156	b
		105x205	100x200	106x206	b
		125x125	120x120	126x126	b
		125x155	120x150	126x156	b
		125x205	120x200	126x206	b
		155x125	150x120	156x126	b
		205x125	200x120	206x126	b
<b>Vãos resultantes das unidades de alvenaria estrutural</b>		H=h*6	H= (h*6)-5	H= (h*6) +1	
B 11,5x19x24	C=25*3	75x120	70x115	76x121	c
B 14x19x29	C=30*3	90 x120	85x115	91x121	a
B 11,5x19x36,5	C=37.5*3	112.5x120	107.5x115	113.5x121	c
B 19x19x39)	C=*3	120x120	130x155	136x121	a
B 14x19x44)	C=*3	135x120	130x155	136x121	c
		H=h*6	H= (h*6)-5	H= (h*6) +1	
B 9x19x19	C=20*4	80x120	75x155	81x121	a
B 11,5x19x24	C=25*4	100x120	95x155	101x121	a
B 14x19x29	C=30*4	120x120	115x155	121x121	a
B 11,5x19x36,5	C=37.5*4	150x120	145x155	151x121	a
B 19x19x39	C=40*4	160x120	155x155	161x121	a
B 14x19x44	C=45*4	180x120	175x155	181x121	a
		H=h*6	H= (h*6)-5	H= (h*6) +1	a
B 9x19x19	C=20*5	100x120	95x155	101x121	a
B 11,5x19x24	C=25*5	125x120	120x155	126x121	c
B14x19x29	C=30*5	150x120	145x155	151x121	a
B 11,5x19x36,5	C=37.5*5	187.5x120	182.5x155	188.5x121	c
B19x19x39	C=40*5	200x120	195x155	201x121	a
B14x19x44	C=45*5	225x120	220x155	226x121	a
		H=h*6	H= (h*6)-5	H= (h*6) +1	
B9x19x19	C=20*6	120 x120	115x155	121x121	a
B 11,5x19x24	C =25*6	150 x120	145x155	151x121	a
B14x19x29	C =30*6	180 x120	175x155	181x121	a
B 11,5x19x36,5	C =37.5*6	225 x120	220x155	226x121	c
B19x19x39	C =40*6	240 x120	255x155	241x121	a
B14x19x44	C =45*6	270 x120	265x155	271x121	a
		H=h*6	H= (h*6)-5	H= (h*6) +1	
B9x19x19	C =20*4	140 x120	135x155	141x121	a

Continua...



JANELA DE CORRER/VENEZIANA					
		Vão Modular(cm)	Esquadria Dimensão(cm)	Vão Vedação(cm)	OBS.
Continuação					
B 11,5x19x24	C =25*4	175 x120	170x155	176x121	c
B14x19x29	C =30*4	210 x120	205x155	211x121	a
B 11,5x19x36,5	C =37.5*4	262.5 x120	257.5x155	263.5x121	c
B19x19x39	C =40*4	280 x120	275x155	281x121	a
B14x19x44	C =45*4	315 x120	310x155	316x121	a

**Tabela 15** - Estudo de dimensão de vãos para janela maxim-ar

JANELA MAXIM-AR/IFOLHA BASCULANTE					
		Vão Modular (cm)	Esquadria Dimensão (cm)	Vão Vedação (cm)	OBS.
Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias ( LUCINI, 2001)		V.M =M*n	E.D = (M*n )-5	V.V = (M*n) +1	
		80x60	75x55	81x61	
		60x60	55x55	61x61	
Esquadrias disponíveis no mercado		45X45	40X40	46X46	b
		65X45	60X40	66X66	b
		45x65	40x60	46x66	b
		65x65	60x60	66x66	b
		85x65	80x60	86x66	b
		105x65	100x60	106x66	b
		125x65	120x60	126x66	b
		65X85	60X80	66X86	b
		85X85	80X80	86X86	b
		105X85	100X80	106X86	b
125X85	120X80	126X86	b		
145X85	140X80	146X86	b		
Vãos resultantes das unidades de alvenaria estrutural		H=h*3	H= (h*3)-5	H= (h*3) +1	
B 11,5x19x36,5	C=37.5*2	75x60	70x55	76x61	c
B 11,5x19x24	C=25*2	50x60	45x55	51x61	a
B14x19x29	C=30*2	60x60	55x55	61x61	a
B14x19x44	C=45*2	90x60	85x55	91x61	a
B19x19x39	C=40*2	80x60	75x55	81x61	a
		H=h*3	H= (h*3)-5	H= (h*3) +1	a
B 11,5x19x36,5	C=37.5*3	112.5x60	107.5x55	113.5x61	c
B 11,5x19x24	C=25*3	75x60	70x55	76x61	c
B14x19x29	C=30*3	90x60	85x55	91x61	a
B14x19x44	C=45*3	135x60	130x55	136x61	c
B19x19x39	C=40*3	120x60	115x55	121x61	a
		H=h*3	H= (h*3)-5	H= (h*3) +1	
B 11,5x19x36,5	C=37.5*3	150x60	145x55	151 x61	a
B 11,5x19x24	C=25*3	100x60	95x55	101 x61	a
B14x19x29	C=30*3	120x60	115 x55	121 x61	a

**Tabela 16** - Estudo de dimensão de vãos para porta de correr

PORTA DE CORRER					
		Vão Modular (cm)	Esquadria Dimensão (cm)	Vão Vedação (cm)	OBS.
Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias (LUCINI,2001)		120x220	115x215	121x221	
		200 x220	195 x215	201x221	
		240 x220	235 x215	241x221	
		300X220	295x215	301x221	
Esquadrias disponíveis no mercado		125x221	120x216	126x222	b
		155x221	150x216	156x222	b
		165x223	160x218	166x225	b
		205x223	200x218	206x225	b
		255x223	250x218	256x225	b
Vãos resultantes das unidades de alvenaria estrutural		H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
B 11,5x19x36,5	C=37,5*3	112.5x60	107.5x55	113.5x61	c
B 11,5x19x24	C=25*3	75x60	70x55	76x61	c
B14x19x29	C=30*3	90x60	85x55	91x61	a
B14x19x44	C=45*3	135x60	130x55	136x61	c
B19x19x39	C=40*3	120x60	115x55	121x61	a
		H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
B 11,5x19x36,5	C=37,5*3	150x60	145x55	151 x61	a
B 11,5x19x24	C=25*3	100x60	95x55	101 x61	a
B14x19x29	C=30*3	120x60	115 x55	121 x61	a
B19x19x39	C=40*4	160x120	155x155	161x121	a
B14x19x44	C=45*4	180x120	175x155	181x121	a
		H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
B9x19x19	C=20*5	100x120	95x155	101x121	a
B 11,5x19x24	C=25*5	125x120	120x155	126x121	c
B14x19x29	C=30*5	150x120	145x155	151x121	c
B 11,5x19x36,5	C=37,5*5	187.5x120	182.5x155	188.5x121	c
J5-(B19x19x39)	C=40*5	200x120	195x155	201x121	a
J5-(B14x19x44)	C=45*5	225x120	220x155	226x121	a
		H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
B9x19x19	C=20*6	120 x120	115x155	121x121	a
B 11,5x19x24	C =25*6	150 x120	145x155	151x121	a
B14x19x29	C =30*6	180 x120	175x155	181x121	a
B 11,5x19x36,5	C =37,5*6	225 x120	220x155	226x121	c
B19x19x39	C =40*6	240 x120	255x155	241x121	a
B14x19x44	C =45*6	270 x120	265x155	271x121	a
		H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
B9x19x19	C =20*4	140 x120	135x155	141x121	a
B 11,5x19x24	C =25*4	175 x120	170x155	176x121	c
B14x19x29	C =30*4	210 x120	205x155	211x121	a
B 11,5x19x36,5	C =37,5*4	262.5 x120	257.5x155	263.5x121	c
B19x19x39	C =40*4	280 x120	275x155	281x121	a
B14x19x44	C =45*4	315 x120	310x155	316x121	a

**Tabela 17** - Estudo de dimensão de vãos para porta pivotante

PORTA PIVOTANTE 1 FOLHA					
		Vão Modular (cm)	Esquadria Dimensão (cm)	Vão Vedação (cm)	OBS.
<b>Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias (LUCINI, 2001)</b>		<b>V.M = M*n</b>	<b>E.D = (M*n)-5</b>	<b>V.V = (M*n) +1</b>	
		90x220	85x215	91x221	
Esquadrias disponíveis no mercado		73x221	68x216	74x222	b
		83x221	78 x216	84x222	b
		93x221	88 x216	94x222	b
		73x222	68x217	74x223	b
		83x222	78 x217	84x223	b
		93x222	88 x217	94x223	b
Vãos resultantes das unidades de alvenaria estrutural		H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
B 11,5x19x36,5	C=37,5*2	75x220	70x215	76x221	c
B11,5x19x24	C=25*2	50x220	45x215	51x221	a, d
B14x19x29	C=30*2	60x220	55x215	61x221	a
B14x19x44	C=45*2	90x220	85x215	91x221	a
B19x19x39	C=40*2	80x220	75x215	81x221	a
		H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
B 11,5x19x36,5	C=37,5*3	112,5x60	107,5x55	113,5x61	c
B 11,5x19x24	C=25*3	75x60	70x55	76x61	c
B14x19x29	C=30*3	90x60	85x55	91x61	a

A partir da análise dos dados apresentados nas tabelas 14 a 17, podem-se fazer as seguintes observações com relação aos vãos gerados pelas unidades de alvenaria estrutural:

- Os blocos, quando multiplicados por números pares, geram vãos modulares, atendendo, assim, a coordenação modular.
- Multiplicados por números ímpares, os blocos não geram comprimentos modulares, sendo essa possibilidade descartada para este estudo.
- As esquadrias de alumínio padronizadas disponíveis no estado de Santa Catarina possuem medidas múltiplas do módulo (M=10cm). Porém, por necessitarem de uma junta perimetral de 3 cm, não geram vãos modulares.

A partir dos dados das tabelas, observa-se que as dimensões das esquadrias encontradas não atendem os princípios dimensionais de Coordenação Modular. Comparando as dimensões comercializadas no estado de Santa Catarina com as dimensões recomendadas por Lucini

(2001), observa-se que todas as esquadrias disponíveis apresentam dimensões diferentes das recomendadas.

- Além da necessidade das dimensões das esquadrias atenderem os critérios da Coordenação Modular (Lucini, 2001), a modulação nos projetos é fundamental para que não haja retrabalho, recortes de componentes na execução da obra.

#### ***4.2 CONCLUSÕES SOBRE OS COMPONENTES INVESTIGADOS***

Diante dessas análises, observa-se que:

Com relação aos blocos, as fábricas dispõem de blocos modulares, que podem ser usados em obras coordenadas modularmente. No entanto, a quantidade de blocos modulares encontrados é menor que 50%, em relação ao total de componentes oferecidos.

A respeito das esquadrias, nenhuma das medidas padrões disponíveis atendem a coordenação modular. No entanto, como a maioria das empresas consultadas disponibiliza o material sob medida, não haveria dificuldade para as empresas em produzir dimensões modulares.

Observa-se, então, que, entre os componentes encontrados, há dimensões modulares disponíveis para que o projetista possa trabalhar. No entanto, para satisfazer as necessidades criativas dos mesmos, quanto maior a oferta de produtos modulares no mercado maior poderá ser a utilização racional dos mesmos e maior será a aceitação por parte dos projetistas. Esse é um fator fundamental na implantação da coordenação modular, pois, para que esta funcione em sua totalidade, além de componentes modulares, a modulação no projeto é essencial. Segundo Pereira (2005), a qualidade total do edifício não é determinada somente pela qualidade das partes componentes, mas principalmente pela maneira com que elas são reunidas.

#### ***4.3 ANÁLISE DO BLOCO 44 CM EM RELAÇÃO AOS DEMAIS BLOCOS, PARA AMARRAÇÕES***

Para verificar se as unidades para amarração em “T” e “X”, conforme a NBR 15270-2, podem ser usadas como componente principal em projetos em Alvenaria Estrutural, atendendo os princípios de Coordenação Modular, foram analisados os critérios de

multiplicidade entre largura e comprimento das unidades e a necessidade de preencher um espaço modular descritos no capítulo de método, no item 3.1.2. que resultou na tabela 18. Nessa tabela, a sexta coluna, H refere-se à altura do bloco, mais 0,5 de junta perimetral, e C refere-se ao comprimento do bloco, mais 0,5 de junta perimetral.

**Tabela 18** - Estudo dos blocos para amarração em “T” conforme a norma NBR 15270-2, blocos cerâmicos

Blocos Cerâmicos Amarração “T” NBR 15270-2	Dimensões (cm)			Atendimento Alvenaria Estrutural	Atendimento Coordenação Modular	Módulo (cm)
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comp. (cm)			
Bloco 36,5	11,5	19	36,5	$3*11,5+2*1=36,5$	C: $37,5/12,5=3M$ H: $20/10=2M$	M=12,5 M=10
Bloco 36,5	11,5	11,5	36,5	$3*11,5+2*1=36,5$	C: $37,5=3M$ H: $12,5/12,5=1M$	M=10 M=12,5
Bloco 41,5	11,5	19	41,5	$4*11,5+3*1=49$	C: $42,5*5=17M$ H: $20/10=2M$	M=12,5 M=10
Bloco 51,5	11,5	19	51,5	$4*11,5+3*1=49$	C: $52,5*5=21M$ H: $20/10=2M$	M=12,5 M=10
Bloco 44	14	19	44	$3*14+2*1=44$	C: $45*2=9M$ H: $20/10=2M$	M=10 M=10
Bloco 54	14	19	54	$4*14+3*1=59$	C: $55*2=11M$ H: $20/10=2M$	M=10 M=10
Bloco 49	19	19	49	$3*14+2*1=44$	C: $50/10=5M$ H: $20=2M$	M=10 M=10
Bloco 59	19	19	59	$4*14+3*1=59$	C: $60/10=6M$ H: $20/10=2M$	M=10 M=10
	dimensões nominais				Dimensão nominal + junta perimetral	

Legenda: ■ O comprimento e a largura da unidade não são múltiplos entre si.

■ As medidas da unidade seguem os critérios da coordenação modular e de comprimento e largura.

Os itens abaixo foram analisados de acordo com os dados contidos na tabela 18:

- Os blocos de alvenaria estrutural que usam como módulo base 12,5 cm, que é o módulo do sistema octamétrico, tem estas dimensões por serem produtos da importação de máquinas dos países nos quais esse sistema é adotado. O módulo básico 10

- cm, adotado no Brasil, pertence ao sistema decimétrico.
- Os blocos com as dimensões destacadas pela cor vermelha, não são indicados como componente principal, em projetos de alvenaria estrutural, pois seu comprimento e largura não são múltiplos entre si. Seu emprego pode dificultar a amarração nos cantos da alvenaria, quando esse bloco for usado como componente principal, necessitando, assim, de blocos complementares.
  - Os blocos, com as dimensões destacadas pela cor preta, têm uso indicado como componente principal, nos projetos de Alvenaria Estrutural, segundo a Coordenação Modular, já que atendem as exigências das alíneas “a” e “b” descritas no item 3.1 do método.

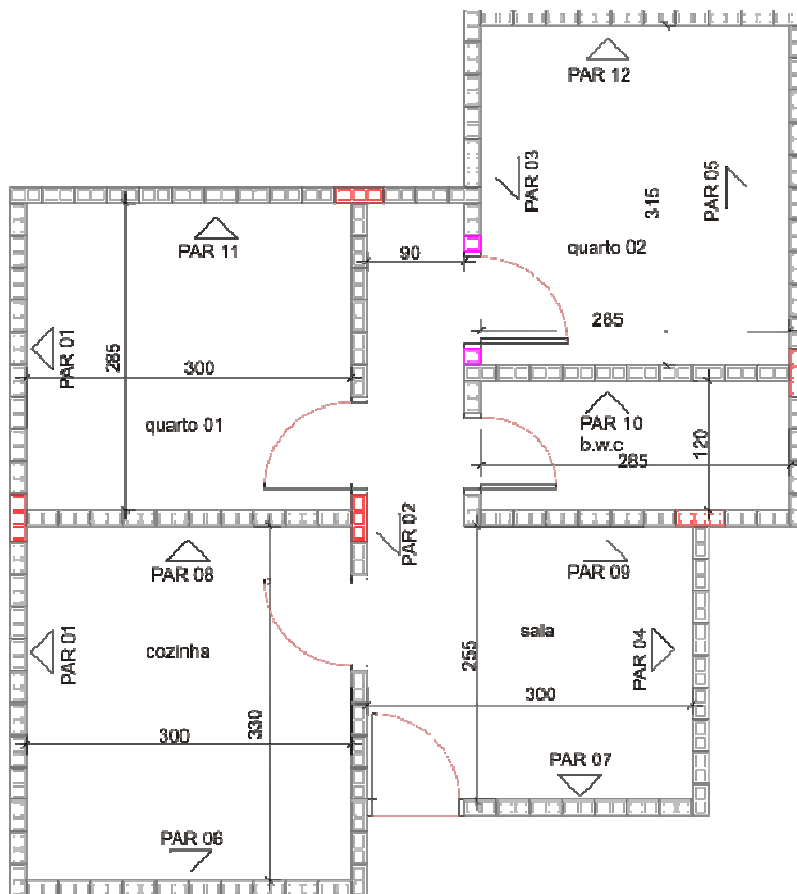
Entre todas as unidades estudadas, as únicas que atendem os critérios de Coordenação Modular decimétrica, e a relação entre o comprimento e a largura, são os blocos 14x19x44 cm e 19x19x59 cm. No entanto, para este trabalho, foi optado por estudar o bloco 14x19x44 cm, porque no Brasil o índice de utilização de paredes com espessura de 15 cm é maior que paredes com espessura de 20 cm.




Como mostra a Tabela 18, para o bloco 44 cm atender uma medida modular, são necessárias duas unidades do mesmo para preencher um espaço modular. Dessa forma, os vãos horizontais resultantes dessa unidade devem ser múltiplos de 9M, ou seja, 9M, 18M, 27M, 36M, e assim sucessivamente.

#### ***4.4 MODULAÇÕES DAS PLANTAS ARQUITETÔNICAS***

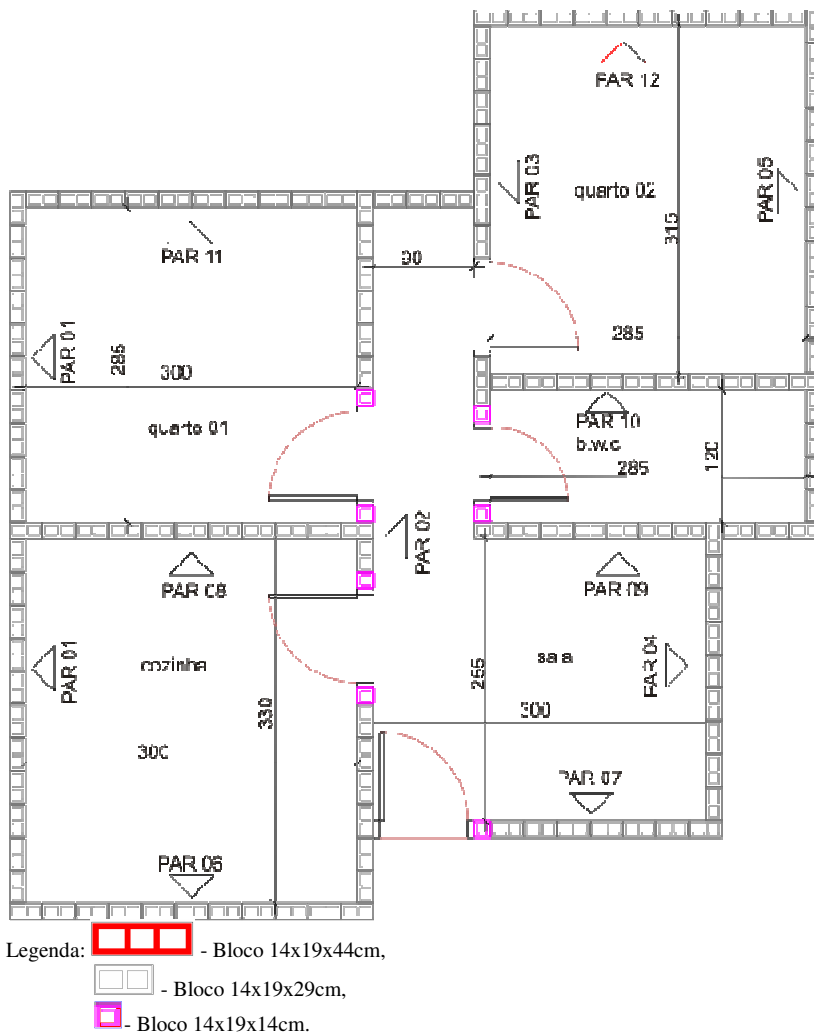
##### **Modulação 01**

A planta, representada na Figura 26, apresenta a primeira fiada de uma modulação com o bloco 14x19x29 cm, com a função de componente principal na modulação, e os blocos 14x19x14, 14x19x44 cm como componentes complementares, como atualmente são usados pelos projetistas de Alvenaria Estrutural Cerâmica. A figura 27 apresenta a segunda fiada da mesma modulação. Essa planta foi nomeada neste trabalho como Modulação 01.



Legenda:  - Bloco 14x19x44cm,  
 - Bloco 14x19x29cm,  
 - Bloco 14x19x14cm.

**Figura 26** - Planta de modulação primeira fiada modulação com a família do bloco 29 cm.



**Figura 27** - Planta de paginação segunda fiada modulação com a família do bloco 29 cm.

Na Tabela 19, estão descritas as quantidades de unidades necessárias para paginar a planta ilustrada na Figura 26. Para conhecer essas unidades, foram desenvolvidas as elevações de todas as paredes desta planta, as quais foram paginadas de acordo com a primeira e com a



segunda fiada, representadas nas Figuras 26 e 27. Essas elevações se encontram no item de apêndice deste trabalho.

**Tabela 19** - Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 26 e 27

Bloco Principal (Família)	Unidades			Área (m <sup>2</sup> )	Total	
	14x19x29 (cm)	14x19x14 (cm)	14x19x44 (cm)		Blocos Complementares	Todos os blocos necessários
Modulação 01 - 14x19x29	1389	45	83	48,30	128	1517

### Modulação 02

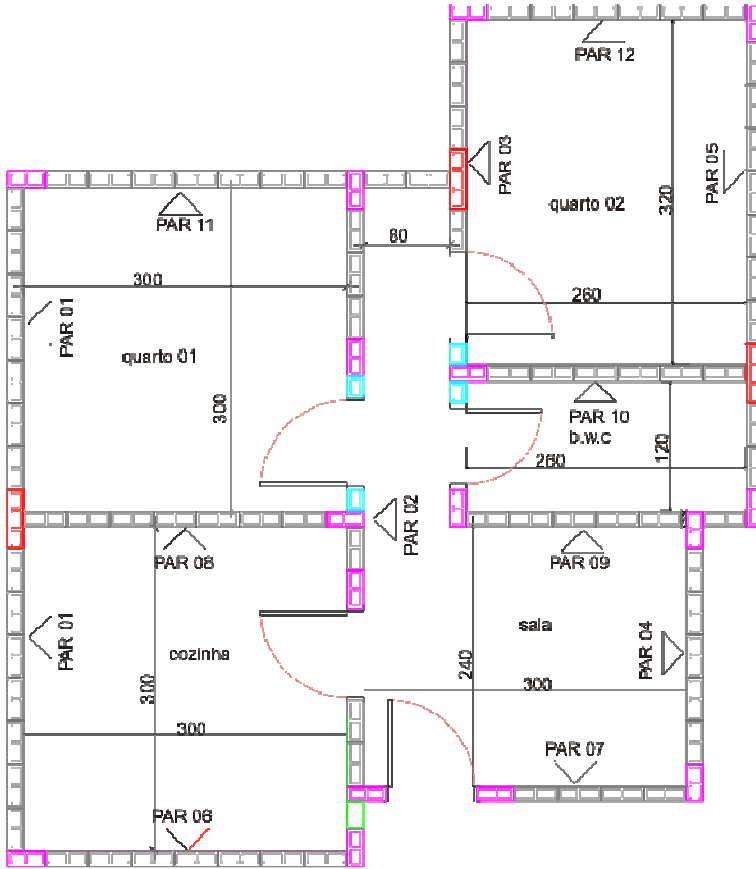
A planta, representada nas Figuras 28 e 29, apresenta a primeira e segunda fiada de uma modulação com o bloco 14x19x39 cm, com a função de componente principal na modulação, e os blocos 14cmx19cmx19 cm, 14cmx19cmx24cm, 14cmx19cmx34cm, 14cmx19cmx54cm, 14cmx19cmx09cm como componentes complementares. Essa planta foi nomeada neste trabalho como Modulação 02.

Na Tabela 20, estão descritas as quantidades de unidades necessárias para paginar a planta ilustrada nas Figuras 28 e 29. Para conhecer essas unidades, foram desenvolvidas as elevações de todas as paredes desta planta as quais se encontram no item de apêndice deste trabalho. Os blocos representados pelos números de 01 a 07, na tabela 20, representam respectivamente 01 (14cmx19cmx39cm), 02 (14cmx19cmx19cm), 03 (14cmx19cmx24cm), 04 (14cmx19cmx34cm), 05 (14cmx19cmx54cm), 06 (14cmx19cmx09cm), 07 (14cmx19cmx05cm).


**Tabela 20** - Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 28 e 29

Bloco Principal (Família)	Blocos							Área (m <sup>2</sup> )	Total	
	01	02	03	04	05	06	07		Blocos Complementares	Todos os blocos necessários
Modulação 02- 14x19x39	831	66	12	169	63	01	14	46,04	325	1156





Legenda:

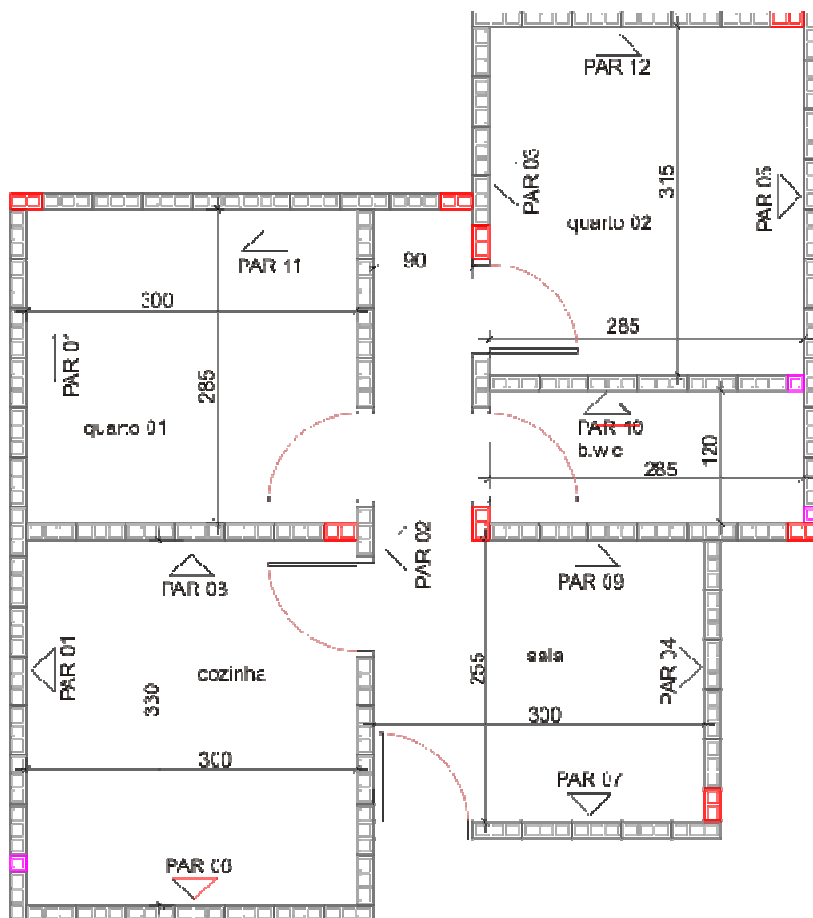
-  4 cm
-  bloco 19 cm
-  bloco 24 cm
-  bloco 34 cm
-  bloco 39 cm
-  bloco 54 cm

**Figura 29** - Planta de paginação segunda fiada modulação com a família do bloco 39 cm

### Modulação 03

As plantas ilustradas nas figuras 30 e 31 foram moduladas usando o bloco 44 cm, como componente principal, e os blocos 14cmx19cmx14 cm e 14cmx19cmx29 cm, com a função de blocos complementares,

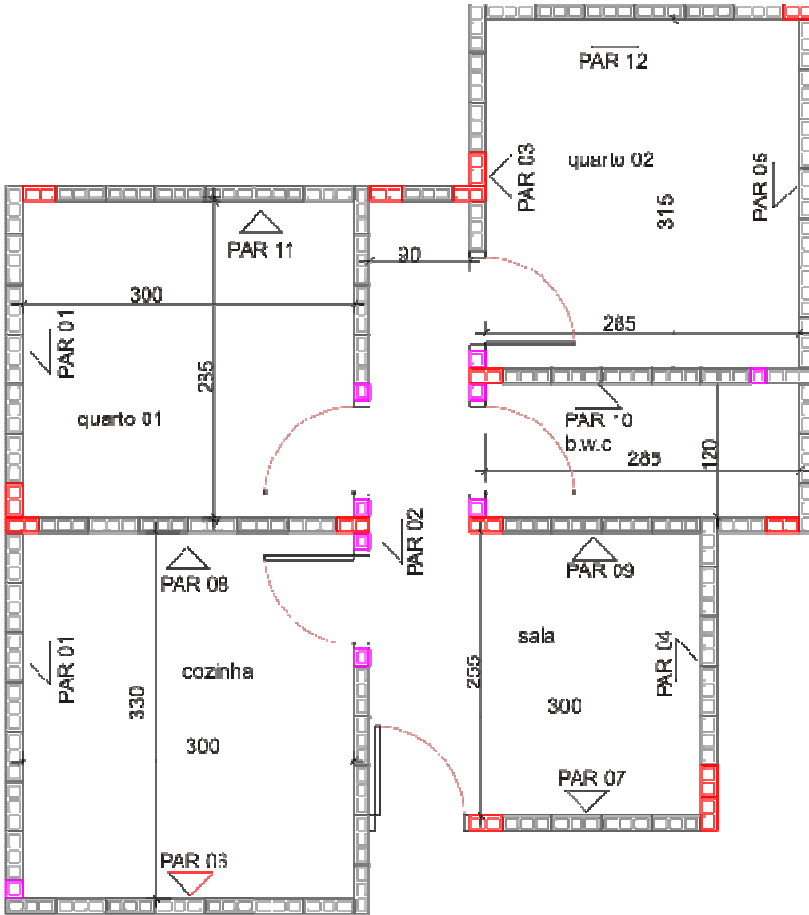
sendo nomeada neste trabalho como Modulação 03. As dimensões da planta utilizada neste estudo são as mesmas da planta ilustrada na Figura 26, em que as dimensões da malha foram determinadas de acordo com as necessidades do bloco 29 cm, como componente principal, como descrito no item 3.2.4 do método.



**Figura 30** - Planta de modulação primeira fiada, família do bloco 44 cm.

Utilizando essa planta como base, o uso do bloco 44 cm como componente principal não terá a melhor solução possível, pois as dimensões da planta não foram moduladas de acordo com as necessidades do mesmo. No entanto, essa paginação é necessária para

verificar os possíveis problemas na troca do elemento principal, para assim poder determinar quais as diretrizes devem ser criadas e seguidas para aplicar o bloco 44 cm, como componente principal em projetos baseados em Alvenaria Estrutural Cerâmica.



**Figura 31** - Planta de modulação segunda fiada, família do bloco 44 cm

Como base nas figuras 30 e 31 observa-se que algumas das dimensões dos ambientes da planta estudada, tais como do quarto 1, do quarto 2 e da sala, não são medidas modulares (M) ou multimodular do módulo básico 10 cm. Isso se deve à malha aplicada na horizontal nas

plantas das Modulações 01 e 03, que teve como quadriculado 15 cm. Por esta razão, tornou-se necessário estudar um módulo para que o uso do bloco 44 cm, como elemento principal, atenda os critérios de Coordenação Modular.

Outra observação relevante é que, neste caso, a necessidade de blocos complementares quando usada a Modulação 03, como mostrado na tabela 20 abaixo, foi menor que na planta da Modulação 02, porém maior que na planta da Modulação 01. Sabe-se que quanto menor a quantidade de blocos complementares for necessária na obra, melhor a produtividade, qualidade do projeto e menor a possibilidade de erros.

Na tabela 21, são apresentadas as quantidades de blocos necessários para pagnar a planta ilustrada nas figuras 30 e 31. Essas unidades foram encontradas a partir da paginação de cada uma das paredes encontradas no item apêndice, deste trabalho.

**Tabela 21** - Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 30 e 31

Bloco Principal (Família)	Unidades			Área (m <sup>2</sup> )	Total	
	14x19x29	14x19x14	14x19x44		Blocos Complementares	Todos os blocos necessários
<b>Modulação 3- 14x19x44</b>	124	106	857	48,30	230	1087

Contudo é possível usar o bloco 44 cm como elemento principal nas paginações de projetos que utilizem Alvenaria Estrutural Cerâmica, sem alterações na planta inicial e com o uso do mesmo há redução no quantitativo final de blocos na planta da Modulação 03, em relação as plantas das Modulações 01 e 02. No entanto, podem ser estudas diretrizes de paginação, para diminuir o número de blocos complementares nas modulações, e diretrizes de módulo, para que as dimensões dos ambientes atendam os critérios da Coordenação Modular, melhorando, assim, o desempenho na aplicação do referido bloco.

## **4.5 DIRETRIZES DE PROJETO ARQUITETÔNICO PARA O BLOCO 44 CM**

Após a paginação das plantas arquitetônicas, e verificado os problemas no uso do bloco 44 cm, foram definidas as diretrizes de paginação, e a aplicação do módulo, para adequar as dimensões dos ambientes, das esquadrias à Coordenação Modular. Com este procedimento é possível a elaboração otimizada de projetos em Alvenaria Estrutural Cerâmica tendo como unidade principal o bloco 44 cm de comprimento.

### **4.5.1 Diretrizes de módulo e amarrações das paredes**

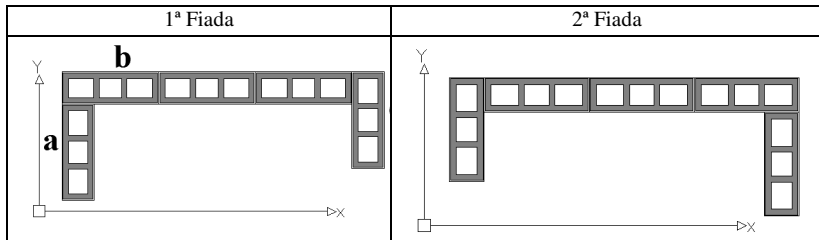
Foram estudadas as posições dos blocos (amarrações) e o módulo, para condições em que a continuidade das paredes resulte em terminações com um vão, dois vãos ou três vãos.

Esse estudo está baseado em regras de montagem dos blocos que, quando seguidas, conferirão facilidade e rapidez de execução, economia em mão de obra e redução de uso de blocos complementares. Essas regras são básicas e genéricas, podendo ser facilmente adaptadas em todos os casos em que se utilize o bloco de 44 cm como elemento principal.

Para auxiliar o uso das regras de montagem dos blocos, são apresentadas também expressões numéricas denominadas, neste trabalho, como módulo, que determinam os principais padrões presentes na elaboração de um projeto em Alvenaria Estrutural. As resultantes deste estudo estão ilustradas nos itens a seguir.

#### 4.5.1.1 Amarrações para terminações com “um vão”

Para paredes com terminações em um vão apenas, as posições dos blocos e o módulo resultante estão ilustrados na figura 32, abaixo.



**Figura 32** - Posição ideal para os blocos de primeira e segunda fiada para paginações em “U”

$$m=30+9M. n$$

Exemplo:

$$m=30+ 90 \times 1= 120\text{cm}$$

$$m=30+ 90 \times 2= 210\text{cm}$$

$$m=30+ 90 \times 3= 300\text{cm}$$

As letras “a”, ”b” e “c”, ilustradas na Figura 32 foram escolhidas para nomear os blocos principais e para facilitar o entendimento. Já  $m$ = módulo resultante da fórmula,  $M= 10$  cm (módulo base da Coordenação Modular),  $n$ =número de vezes que o  $M=10$  cm pode ser multiplicado.

A escolha do posicionamento dos blocos para um vão, de forma a que não sejam necessários blocos complementares, deve ser da seguinte forma: quando o bloco de uma das extremidades do vão, neste caso o bloco representado na figura pela letra “a”, for paralelo ao eixo “y” e tangenciar o eixo “x”(onde se encontra o bloco “b”), o bloco na extremidade oposta a esse, representado na figura pela letra “c”, deverá estar no mesmo sentido que o bloco “a”, ou seja, paralelo ao eixo “y”. No entanto, este deverá interceptar a linha do eixo “x”. Devido à posição dos blocos, o módulo será sempre  $m=30+9m. n$  (30 cm resultante do bloco da extremidade o bloco b, mais múltiplos de 90 cm).

É importante observar que o módulo  $m= 30+45.n$  também pode ser usado para que não sejam necessários blocos complementares. Entretanto, esse módulo não foi adotado, pois quando o bloco 45 cm for multiplicado por números ímpares, os vãos gerados não serão múltiplos inteiros de 10M, não atendendo a Coordenação Modular Então, para que

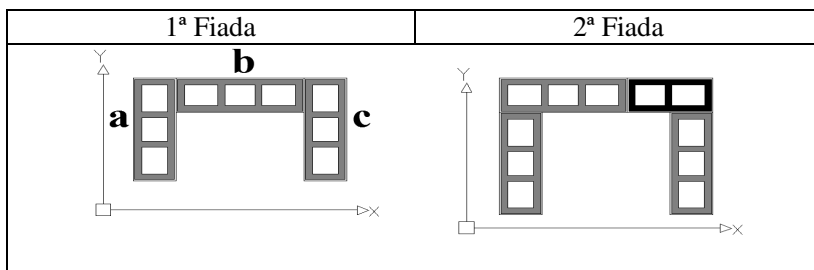


os vãos possam gerar medidas multimodulares, é necessário que o bloco 45 cm, pertencente ao módulo, seja substituído por duas unidades do mesmo, ou seja, 9M.

Para verificar a correção e a generalidade desta regra foram realizados dois estudos: o primeiro posicionando os blocos em posições distintas da regra acima; o segundo, simulando um ambiente através da modulação de uma planta simplificada.

### Estudo do posicionamento dos blocos para “um vão”

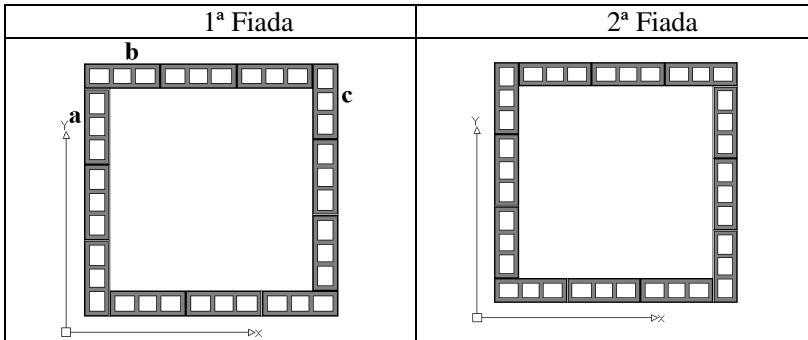
Para verificar a validade das diretrizes apresentadas acima, para as amarrações com um vão, os blocos “a” e “c”, representados na figura 33, foram posicionados de forma diferente da encontrada na figura 32, apresentando outra possibilidade para a disposição dos blocos. Os mesmos foram dispostos paralelos ao eixo “y” e interceptando a linha do eixo “x”, resultando em um módulo para o vão  $m = 45$ . No entanto, para a segunda fiada é necessário um bloco complementar de 29 cm. Confirma-se, dessa forma, a necessidade de que os blocos atendam os critérios de posicionamento da Figura 32, para reduzir o número de blocos complementares nas paginações em “U”.



**Figura 33** - Estudo da posição dos blocos para vãos em “um vão”

### Desenvolvimento da planta simplificada para “um vão”

A planta simplificada, representada pela figura 34, foi paginada de acordo com a figura 32, para verificar se o posicionamento dos blocos, ilustrados nessa figura, é o ideal para um vão quando a mesma é concluída.

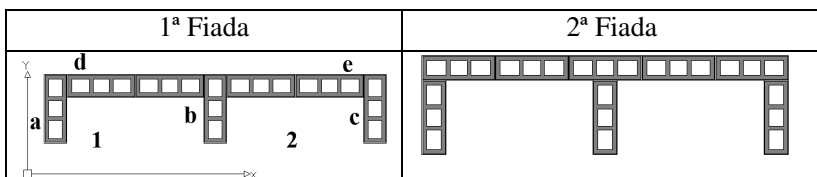


**Figura 34** - Paginação da planta simplificada para um vão

Na figura 34, pode ser observado o perfeito fechamento da figura geométrica, sem a necessidade de blocos complementares, tanto na primeira fiada quanto na segunda. Então, pode-se constatar que quando se aplicam as diretrizes de posicionamento e módulo, para amarrações com terminação em um vão há uma redução de blocos complementares, em obras que utilizam o bloco 44 cm como elemento principal em projetos de edificações em alvenaria estrutural.

#### 4.5.1.2 Amarrações em “L” e “T” para “dois vãos”

Quando o projeto arquitetônico resulta em dois vãos, a posição dos blocos e o módulo encontrado que melhor atende as exigências do item 4.4.1 deste trabalho estão ilustrados na Figura 35, abaixo:



**Figura 35** - Posição ideal para os blocos de primeira e segunda fiada para dois vãos

Neste caso, os vãos devem ter dimensões  $M=9M.n$

$$M=90 \times 1 = 90 \text{ cm}$$

$$M=90 \times 2 = 180 \text{ cm}$$

$$M=90 \times 3 = 270 \text{ cm}$$

Nota-se que, conforme a figura 35, os blocos localizados nas extremidades e o bloco localizado no meio do vão, representados na

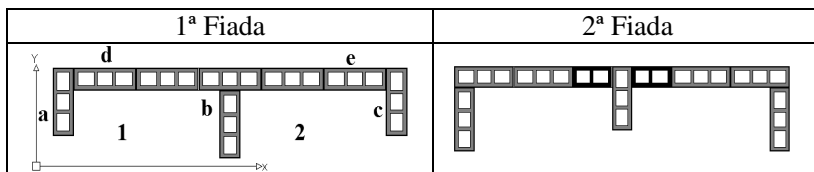
figura 34 pelos blocos “a”, “b” e “c”, devem estar posicionados no mesmo sentido. Ou seja, quando o bloco “a” estiver paralelo ao eixo “y” e interceptar o eixo “x”, os blocos “b” e “c” deverão estar em posição idêntica.

O módulo  $m = 45.n$  também pode ser usado para que não sejam necessários blocos complementares. Entretanto, esse módulo não gera vãos modulares, por isso não é recomendado.

A disposição dos blocos, ilustrada na figura 35, é válida apenas quando ocorrerem dois vãos.

Para verificar as posições dos blocos deste item, foram feitos estudos, onde se variou a posição dos blocos principais, com simulação de ambientes de uma edificação, através de uma figura geométrica.

### Estudo do posicionamento dos blocos para “dois vãos”

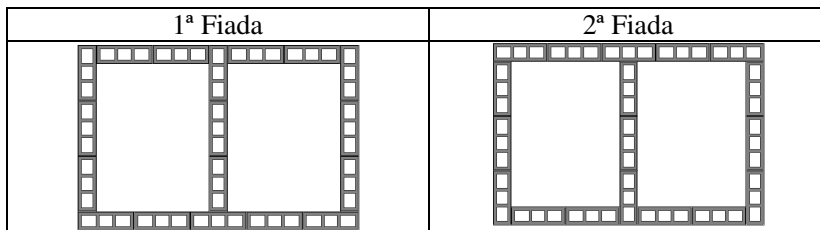


**Figura 36** - Estudo da posição dos blocos para dois vãos

No presente caso, o posicionamento dos blocos localizados nas extremidades dos vãos foi mantido. Porém, a posição do bloco localizado no meio do vão foi alterada. Ou seja, quando os blocos “a” e “c” estiverem paralelos ao eixo “y” e interceptarem o eixo “x”, o bloco “b” estará paralelo ao eixo “y” porém não alinhado com os blocos “a” e “c” como ilustrado na figura 36. Nota-se que para este caso também são necessários blocos complementares na segunda fiada, confirmando o que foi mostrado na figura 35.

### Desenvolvimento da planta simplificada para “dois vãos”

Foram posicionados os blocos, de acordo com a figura 35, para verificar se não serão necessários blocos complementares nas fiadas, quando a figura for completada pela paginação.

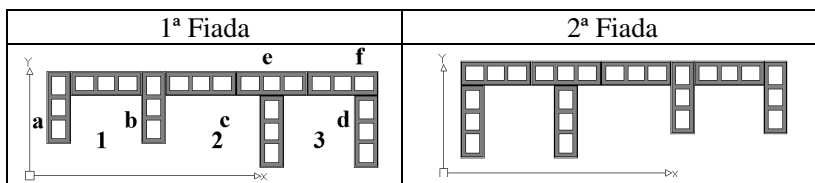


**Figura 37** - Paginação da planta simplificada para dois vãos

Na figura 37, pode-se observar que houve o fechamento completo da mesma, nas duas fiadas, sem a necessidade de blocos complementares.

#### 4.5.1.3 Amarrações para três ou mais vãos

Nas amarrações, quando ocorrem três ou mais vãos, as posições dos blocos e os módulos, resultantes do estudo que melhor atende a condição do item 4.5.1, estão ilustrados na figura 38, abaixo:



**Figura 38** - Posição ideal para os blocos de primeira e segunda fiada para três vãos

Vão 01:  $m = 9M \cdot n$   
 $m = 90 \times 1 = 90\text{cm}$   
 $m = 90 \times 2 = 180\text{cm}$

Vão 02:  $m = 15 + 45 \cdot n^*$  ( $n^* = \text{números ímpares}$ )  
 $m = 15 + 45 \cdot 1 = 60\text{cm}$   
 $m = 15 + 45 \cdot 3 = 150\text{cm}$

Vão 03:  $m = 9M \cdot n$

Conforme a figura 38, os blocos localizados nas extremidades dos vãos, representados pelos blocos “a” e “d”, devem estar posicionados no mesmo sentido dos blocos posicionados no meio do vão posterior a cada um dos mesmos. Ou seja, quando o bloco “a” estiver paralelo ao eixo “y” e interceptar o eixo “x”, o bloco “b” deverá estar em posição

idêntica. Da mesma forma acontece para os blocos “d” e “c”.

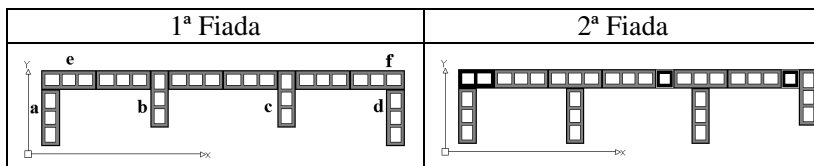
Para os blocos principais, situados no vão 2, representados na figura por “b” e “c”, a condição é que quando “b” estiver paralelo ao eixo “y” e interceptar o eixo “x”, “c” deverá estar paralelo ao eixo “y”, porém tangenciar o eixo “x” como ilustrado na figura 38.

É importante observar que os módulos  $1-m=45.n$  e  $3-m=45.n$  também atendem a condição de não haver a necessidade de blocos complementares. Porém, não atendem os critérios dimensionais da Coordenação Modular. Entretanto, o módulo para o vão  $02:m=15+45.n^*$  só é válido quando a multiplicação for por números ímpares, já que quando a mesma for por números pares os vãos gerados não serão modulares.

Para a disposição dos blocos, ilustrada na figura 38, foram feitos estudos variando a posição dos blocos, para verificar a condição de posicionamento dos mesmos. Em seguida, simularam-se ambientes de uma edificação, através de uma figura geométrica. Por último, aumentou-se o número de vãos para verificar se a condição é válida para mais de três vãos.

### Estudo do posicionamento dos blocos para “três vãos”

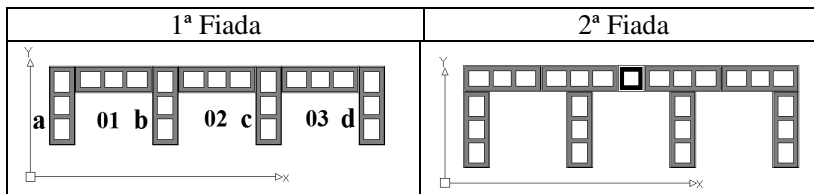
Neste caso, foram invertidas as posições dos blocos das extremidades em relação aos blocos posicionados no meio do vão. Ou seja, o bloco “e”, da extremidade esquerda, foi posicionado perpendicularmente ao eixo “y” e o bloco “b”, do meio do vão, perpendicularmente ao eixo “x”. Da mesma forma, posicionados estão os blocos “c” e “f”, como mostra a Figura 39.



**Figura 39** - Estudo 01 das posições dos blocos para três vãos

Observa-se, na Figura 39, que na segunda fiada são necessários blocos complementares para os três vãos.

Verificou, nesse item, também a relação dos blocos localizados no meio dos vãos. Foram posicionados os blocos “b” e “c” paralelos ao eixo “y” e interceptando o eixo “x”, ou seja, em sentidos idênticos, como ilustra a figura 40.

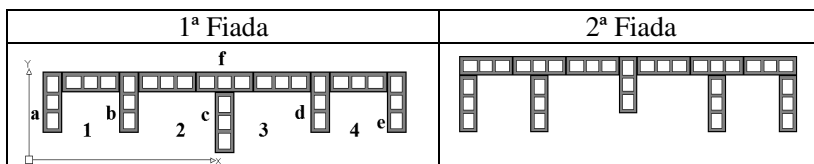


**Figura 40** – Estudo 02 das posições dos blocos para três vãos

Observou-se que quando os blocos dos vãos 01 e 03 representados na figura 40 pelas letras “a” e “d”, estão no mesmo sentido em relação aos blocos de meio do vão representados, pelas letras “b” e “c”, ou seja paralelos ao eixo “y” e interceptando o eixo “x”, não são necessários blocos complementares, confirmando a afirmação do item 4.5.1.3 em relação aos mesmos. No entanto, para o vão 02 da mesma figura, quando os blocos “b” e “c”, localizados neste vão, estiverem situados em posição idêntica, como representado na figura 40, há necessidade de blocos complementares na segunda fiada. Assim os blocos situados no vão 02, também possuem uma relação para que não haja a necessidade de blocos complementares, tal que quando “b” for paralelo ao eixo “y” e interceptar o eixo “x”, “c” também deverá estar paralelo ao eixo “y” porém apenas tangenciar o eixo “x”, como ilustra a figura 39.

### **Validade das diretrizes para mais de três vãos**

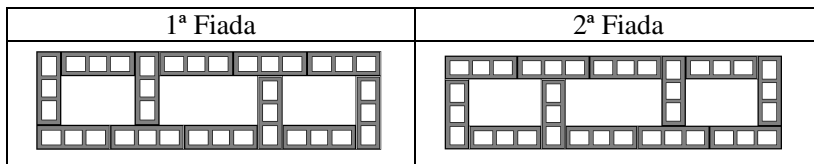
Pode-se constatar, na figura 41, que as diretrizes são válidas para três ou mais vãos, pois, a partir de três vãos, as posições dos blocos e os módulos se repetem.



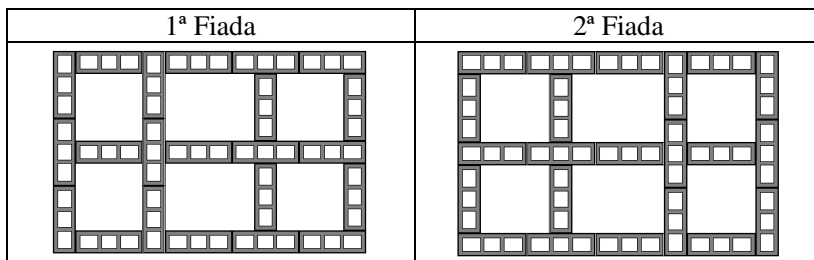
**Figura 41** - Estudo das posições dos blocos para vãos maiores que três

### **Desenvolvimento da planta simplificada para “três vãos”**

Foi modulada uma planta simplificada, simulando três ambientes, representada na figura 42. Em seguida, o número de ambientes dessa planta foi aumentado, gerando a figura 42, visto que nos estudos anteriores havia apenas amarrações em “L” e “T”, havendo, assim, a necessidade de testar o posicionamento desses blocos, em “X”.



**Figura 42** - Paginação da planta simplificada para três vãos



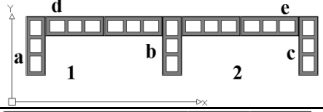
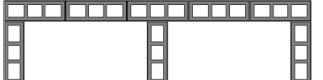
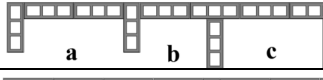
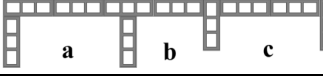
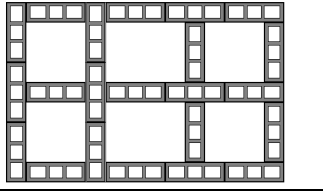
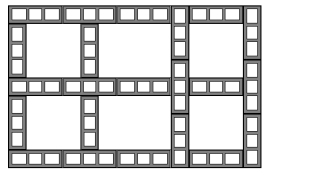
**Figura 43** - Paginação da planta simplificada para amarrações em “X”

Observa-se, na Figura 43, que a posição dos blocos é adequada para que não haja a necessidade de blocos complementares para as amarrações em “L”, “X” e “T”. Essa figura servirá como base para modular a planta estudada, na tentativa de reduzir os blocos complementares da mesma.

Na tabela 22, estão representadas as diretrizes de posicionamento dos blocos e módulos para as situações em “U”, “T”, “X” e “L”.

**Tabela 22** - Diretrizes de posicionamento dos blocos e módulos

Posicionamento dos blocos e módulos para amarrações em “U”, “L”, “T” e “X”		
	Posição dos blocos	Módulo
“U”	1ª Fiada	$m=30+9M$ . n m= módulo resultante da fórmula. M= 10 cm (módulo base da Coordenação Modular) n=números de vezes que o 9M será multiplicado
	2ª Fiada	

Posicionamento dos blocos e módulos para amarrações em “U”, “L”, “T” e “X”			
	Posição dos blocos	Módulo	
“L” “T”	1ª Fiada		$m = 9M \cdot n$
	2ª Fiada		
“L” “T”	1ª Fiada		$a = 9M \cdot n$ $b = 15 + 45 \cdot n^*$ ( $n^* = \text{números ímpares}$ ) $c = 9M \cdot n$
	2ª Fiada		
“X”	1ª Fiada		
	2ª Fiada		

#### 4.5.2 Diretrizes para os vãos de esquadrias

Além de verificar as dimensões dos ambientes, é preciso determinar as dimensões de esquadrias que o uso do bloco 44 cm de comprimento, quando usado como elemento principal, permite que sejam usadas sem necessidade de ajustes da abertura.

Para as tabelas de 23 a 26 foi realizado estudo com os múltiplos das dimensões de altura e comprimento do bloco 14x19x44, para essas tabelas C representa o comprimento e H representa a altura do vão, para as esquadrias. Sendo que a altura do vão foi encontrada pela fórmula  $H = h \cdot 6$ ,  $h =$  altura do bloco (19 cm) mais o ajuste modular (1 cm). O comprimento do vão pela fórmula  $C = M \cdot n$ , sendo “M” referente ao módulo do bloco (9M) e “n”, ao número de vezes que o mesmo foi multiplicado. As unidades destacadas nas tabelas, pelas letras “a”, “b”,



“c” e “d”, são referentes às afirmações abaixo:

- O comprimento e altura do vão seguem os critérios da Coordenação Modular;
- O comprimento e altura do vão não possuem medidas modulares;
- O comprimento do vão não possui medida modular;
- O comprimento e altura do vão atende o código de obras;
- O comprimento e altura do vão atende a NBR 9050.

**Tabela 23** - Estudo de dimensão de vãos para janelas de correr

<b>JANELA DE CORRER</b>				
	<b>Vão Modular (cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão (cm)</b>	<b>Vão Vedação (cm)</b>	<b>OBS.</b>
Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias (LUCINI,2001)	$V.M = M*n$	$E.D = (M*n) - 5$	$V.V = (M*n) + 1$	
	120x120	115x115	121x121	A
	150x120	145x115	151x121	A
Esquadrias Disponíveis no Mercado	105x125	100x120	106x126	B
	125x125	120x120	126x126	B
	155x125	150x120	156x126	B
	205x125	200x120	206x126	B
Vãos Resultantes das Unidades de Alvenaria Estrutural -B14x19x44				
$C=m*n$	$H=h*6$	$H= (h*6)-5$	$H= (h*6) + 1$	
	$H=20*6$	$H= (20*6)-5$	$H= (20*6) + 1$	
$C=45*2$	90x120	85x155	91x121	A
$C=45*3$	135x120	130x155	136x121	C
$C=45*4$	180x120	175x155	181x121	A
$C=45*5$	225x120	220x155	226x121	C
$C =45*6$	270 x120	265x155	271x121	A
$C =45*4$	315 x120	310x155	316x121	C

**Tabela 24** - Estudo de dimensão de vãos para janela maxim-ar

<b>JANELA MAXIM-AR</b>				
	<b>Vão Modular (cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão (cm)</b>	<b>Vão Vedação (cm)</b>	<b>OBS.</b>
Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias (LUCINI,2001)	V.M =M*n	E.D = (M*n) -5	V.V= (M*n) +1	
	80x60	75x55	81x61	A
Esquadrias Disponíveis no Mercado	60x60	55x55	61x61	A
	45x65	40x60	46x66	B
	65x65	60x60	66x66	B
	85x65	80x60	86x66	B
	105x65	100x60	106x66	B
	125x65	120x60	126x66	B
Vãos Resultantes das Unidades de Alvenaria Estrutural- B14x19x44				
C=m*n	H=h*3	H= (h*3)-5	H= (h*3) +1	
C=45*2	90x60	85x55	91x61	A
C=45*3	135x60	130x55	136x61	C

**Tabela 25** - Estudo de dimensão de vãos para porta de correr

<b>ORTA DE CORRER</b>				
	<b>Vão Modular (cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão (cm)</b>	<b>Vão Vedação (cm)</b>	<b>OBS.</b>
Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias (LUCINI,2001)	120x220	115x215	121x221	A
	200 x220	195 x215	201x221	A
	240 x220	235 x215	241x221	A
	300X220	295x215	301x221	A
Esquadrias Disponíveis no Mercado	125x221	120x216	126x222	B
	155x221	150x216	156x222	B
	165x223	160x218	166x225	B
	205x223	200x218	206x225	B
	255x223	250x218	256x225	B
Vãos Resultantes das Unidades de Alvenaria Estrutural B14x19x44				
C=m*n	H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1	
C=45*2	90x220	85x215	91x221	a,d,e
C=45*3	135x220	130x215	136x221	c,d,e
C=45*4	180x220	175x215	181x221	a,d,e
C=45*5	225x220	220x215	226x221	c,d,e
C =45*6	270 x220	265x215	271x221	a,d,e
C =45*4	315 x220	310x215	316x221	c,d,e

**Tabela 26** - Estudo de dimensão de vãos para porta pivotante

<b>PORTA PIVOTANTE 1 FOLHA</b>				
	<b>Vão Modular (cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão (cm)</b>	<b>Vão Vedação (cm)</b>	<b>OBS.</b>
Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias ( LUCINI,2001)	$V.M = M*n$	$E.D = (M*n )-5$	$V.V = (M*n) +1$	
	90x220	85x215	91x221	A
Esquadrias Disponíveis no Mercado	73x221	68x216	74x222	B
	83x221	78 x216	84x222	B
	93x221	88 x216	94x222	B
	73x222	68x217	74x223	B
	83x222	78 x217	84x223	B
	93x222	88 x217	94x223	B
Vãos Resultantes das Unidades de Alvenaria Estrutural -B14x19x44				
$C=M*n$	$H=h*11$	$H= (h*11)-5$	$H= (h*11) +1$	
$C=45*2$	90x220	85x215	91x221	a,d,e

A partir da análise dos dados apresentados nas tabelas 23 a 26, podem-se levantar as seguintes observações com relação aos vãos gerados pela unidade 14x19x44cm:

- Todas as dimensões das portas atendem as exigências do Código de Obras de Florianópolis e da NBR 9050;
- O bloco 44 cm, quando multiplicado por números pares, gera vãos modulares, que atendem, assim, os critérios de Coordenação Modular.
- Multiplicado por números ímpares, o bloco 44 cm não gera vãos modulares, devendo portanto ser evitado vão deste tipo.
- O bloco foi multiplicado no comprimento (44 cm), por números que vão de 1 a 8, visto que dificilmente são encontradas no mercado esquadrias maiores do que os vãos resultantes dessa multiplicação.

A partir deste estudo foram determinadas as dimensões de esquadrias modulares, indicadas para serem usadas na modulação do bloco 44 cm de comprimento, as quais estão descritas nas tabelas 27, 28 e 29, onde C representa o comprimento e H a altura do vão, para as esquadrias.

**Tabela 27** - Dimensões para janelas de correr de acordo com os vãos resultantes do bloco 14x19x44 cm

<b>JANELA CORRER/VENEZIANA</b>			
<b>Vãos Resultantes da Unidade de Alvenaria Estrutural 14x19x44 cm</b>	<b>Vão Modular (cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão (cm)</b>	<b>Vão Vedação (cm)</b>
	<b>V.M =M*n</b>	<b>E.D = (M*n )-5</b>	<b>V.V= (M*n) +1</b>
C=M*n	H=h*6	H= (h*6)-5	H= (h*6) +1
C=90*1	90x120	85x155	91x121
C=90*2	180x120	175x155	181x121
C =90*3	270 x120	265x155	271x121

**Tabela 28** - Dimensões para janelas maxim-ar, de acordo com os vãos resultantes do bloco 14x19x44 cm

<b>JANELA MAXIM-AR</b>			
<b>Vãos Resultantes das Unidades de Alvenaria Estrutural</b>	<b>Vão Modular (cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão (cm)</b>	<b>Vão Vedação (cm)</b>
	<b>V.M =M*n</b>	<b>E.D = (M*n )-5</b>	<b>V.V= (M*n) +1</b>
C=M*n	H=h*3	H= (h*3)-5	H= (h*3) +1
C=45*2	90x60	85x55	91x61
C=45*4	180x60	175x55	181x61
C =45*6	270 x60	265x55	271x61

**Tabela 29** - Dimensões para portas de acordo com os vãos resultantes do bloco 14x19x44 cm

<b>PORTA</b>			
<b>Vãos Resultantes das Unidades de Alvenaria Estrutural</b>	<b>Vão Modular (cm)</b>	<b>Esquadria Dimensão (cm)</b>	<b>Vão Vedação (cm)</b>
	<b>V.M =M*n</b>	<b>E.D = (M*n )-5</b>	<b>V.V= (M*n) +1</b>
C=M*n	H=h*11	H= (h*11)-5	H= (h*11) +1
C=45*2	90x220	85x215	91x221
C=45*4	180x120	175x155	181x121
C =45*6	270 x120	265x155	271x121

#### 4.6 EMPREGO DAS DIRETRIZES

A aplicação das diretrizes de módulo e paginação (propostas na tabela 19), vãos de esquadrias (item 4.5.2), para uso do bloco 44 cm, em projetos com Alvenaria Estrutural, permitiu elaborar uma quarta planta, chamada de Modulação 04, em que as dimensões dos ambientes foram adaptadas, para a planta aqui analisada.

##### Diretrizes de paginação e módulo

Para a paginação da Modulação 04 com as diretrizes propostas, cada parede teve as dimensões e as disposições dos blocos estudadas separadamente, sempre atentando para sua adaptação harmoniosa com os demais elementos da edificação. Segue o estudo realizado para cada parede apresentada na planta, com os respectivos enquadramentos nas diretrizes de paginação e módulo.

##### Paredes 1, 2, 6, 8 e 11

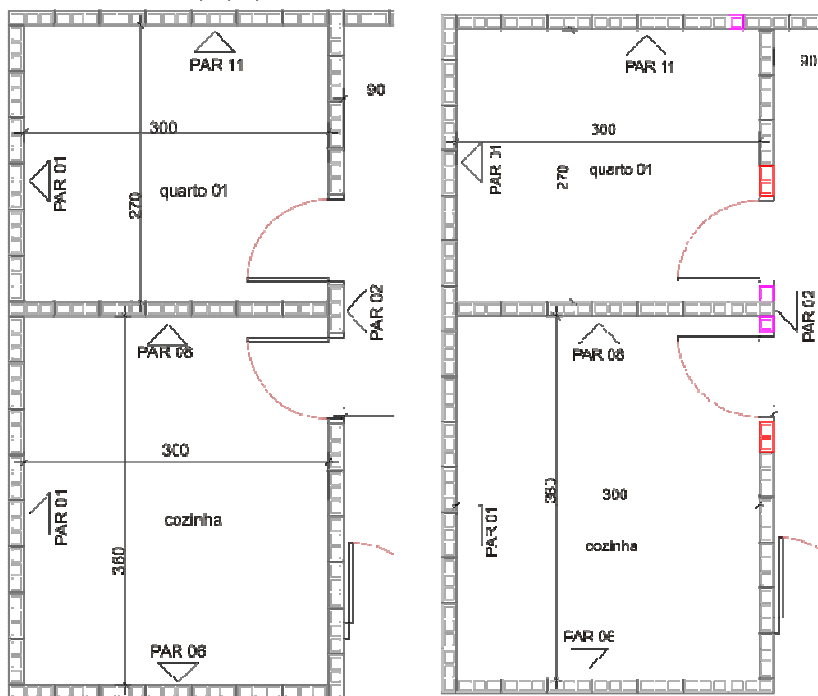
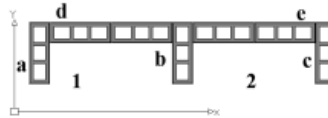


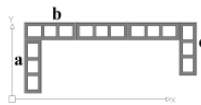
Figura 44 – Representação das plantas de primeira e segunda fiada das paredes 1, 2, 6, 8 e 11

Para modular a elevação das paredes 1, 2, 6, 8 e 11, representadas pela primeira e segunda fiada na Figura 44, são necessários cinco blocos complementares, sendo que, destes, quatro são necessários para os vãos de esquadrias e um, devido à paginação.



**Dois vãos ( diretrizes :  $m = 9M.n$  )**

As paredes 1 e 2 foram moduladas nas duas fiadas, de acordo com as diretrizes necessárias para dois vãos. Assim, a dimensão dessas paredes deve ser múltipla de 90 cm. Na planta da Modulação 01, a dimensão dessas paredes onde está localizada a cozinha possuía 300 cm. No entanto, para a Modulação 04, esta dimensão deve ser um múltiplo de 90 cm, ou seja, poderia medir 270 ou 360 cm. Foi optado por 360 cm, devido às necessidades dos encontros com as paredes 3 e 7. Já a dimensão dessas mesmas paredes referentes ao quarto 01, que na Modulação 01 possuem 285 cm, para a Modulação 04 passa ter 270 cm devida à condição de multiplicidade por 90 cm.



**Um vão (diretrizes:  $m = 30 + 9M.n$ )**

As paredes 6, 7 e 8 foram moduladas nas duas fiadas, de acordo com as diretrizes para um vão. No entanto, a parede 11, paralela a essas três, possui dois vãos. Contudo, nesse caso, a planta exige a mesma dimensão para os vãos das paredes 6, 8 e 11. Foi optado por aplicar as diretrizes nas paredes 6 e 8, ficando a dimensão do vão com 300 cm. Se fossem aplicadas as diretrizes na parede 11, o módulo para o vão deveria ser múltiplo de 90 cm, sendo necessário um bloco complementar na parede 6 e outro na parede 8. Dessa forma, foi necessário apenas um bloco complementar na parede 11, na segunda fiada.

### Paredes 03, 04, 05, 07, 09, 10 e 12

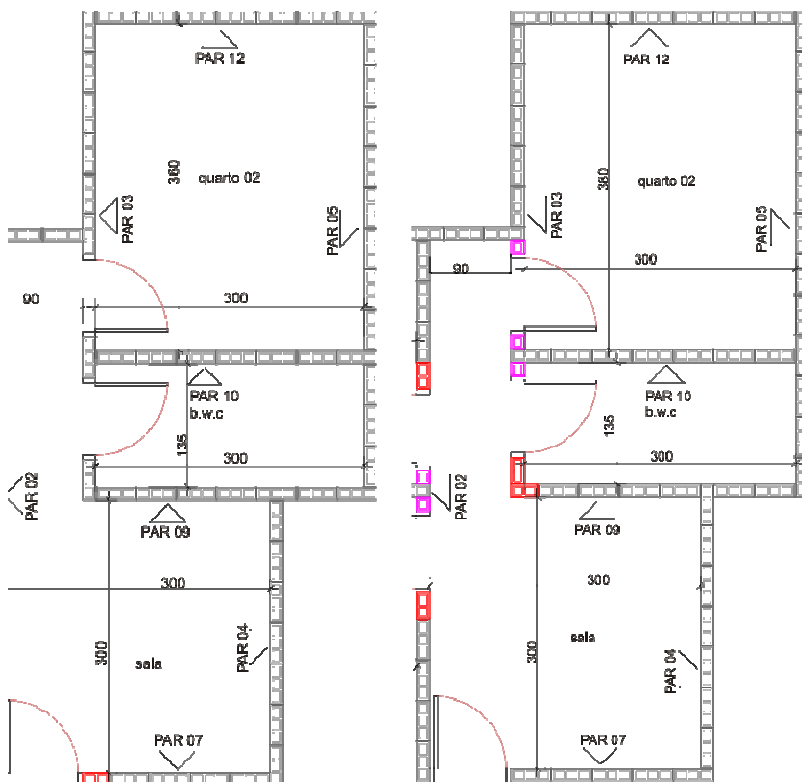
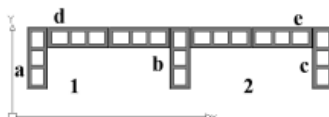


Figura 45 – Representação das plantas de primeira e segunda fiada das paredes 3, 4, 5, 7, 9, 10 e 12

Para modular as paredes 3, 4, 5, 7, 9, 10 e 12, na primeira e na segunda fiada, foram necessários seis blocos complementares, devido à necessidade das esquadrias, e três, devido à paginação.



**Dois vãos (diretrizes:**

**$m = 9M. n$ )**

A parede 3 foi modulada conforme as diretrizes de posicionamento dos blocos e módulo para dois vãos. No entanto, como um bloco da parede 11 adentra a parede 3, na segunda fiada, nesse caso essa parede fica com três vãos. Porém, como as diretrizes foram

aplicadas para dois vãos, foi necessário um bloco complementar de 15 cm, nessa parede para a segunda fiada.

A parede 5 foi modulada conforme as diretrizes de posicionamento dos blocos para dois vãos. No entanto, a diretriz de módulo para a terminação dessa parede, que contém a parede do banheiro, não foi aplicada. Com a aplicação das diretrizes de módulo propostas neste trabalho, esta dimensão deve ser de 90 cm ou um valor múltiplo do mesmo, diretriz para paredes com terminação em dois vãos, sendo o módulo  $m=9M.n$ , neste caso. No entanto, 90 centímetros é um valor menor que a dimensão mínima especificada pela NBR 9050 e pelo Código de Obras Municipal, o que faria a dimensão adotada nesse caso de 180 cm. Porém 180 cm de largura para um banheiro que possui 300 cm no comprimento, para habitacoes populares é uma dimensão não usual. Em vista disso foi optado por aplicar apenas as diretrizes de posicionamento dos blocos resultando assim em uma largura para esse ambiente de 135 cm.



**Um vão (diretrizes:**  $m=30+9M.n$

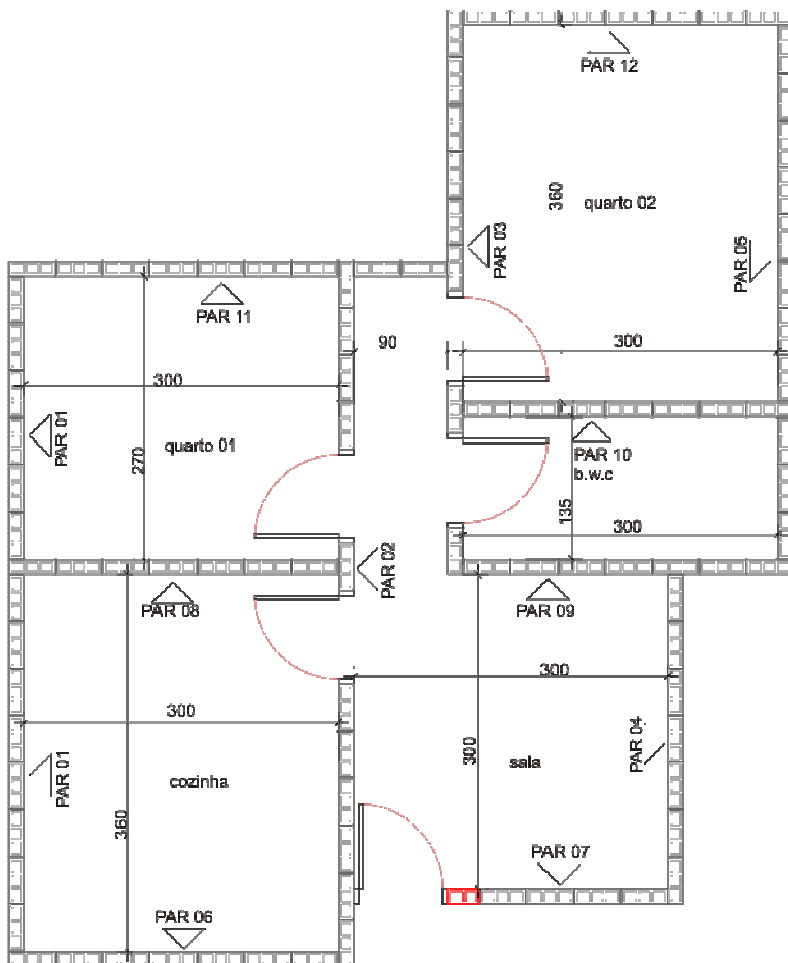
As paredes 4, 7, 9,10 e 12 possuem um vão e foram moduladas dessa forma. No entanto, quando a parede 4 encontra a parede 9, na segunda fiada, essa se torna uma parede com dois vãos, necessitando de um bloco complementar, visto que foi modulada com as diretrizes para um vão. Contudo, a parede 7, aplicando as diretrizes na fiada, deveria contrafiar com a parede 2. Porém, devido ao vão necessário para a porta, onde de qualquer forma seria necessário um bloco complementar em uma as fiadas, foi optado por não contrafiar a parede 2 e usar um bloco complementar de 29 cm, na parede 7.

A planta resultante tem as disposições de primeira e segunda fiadas apresentadas nas figuras 46 e 47.

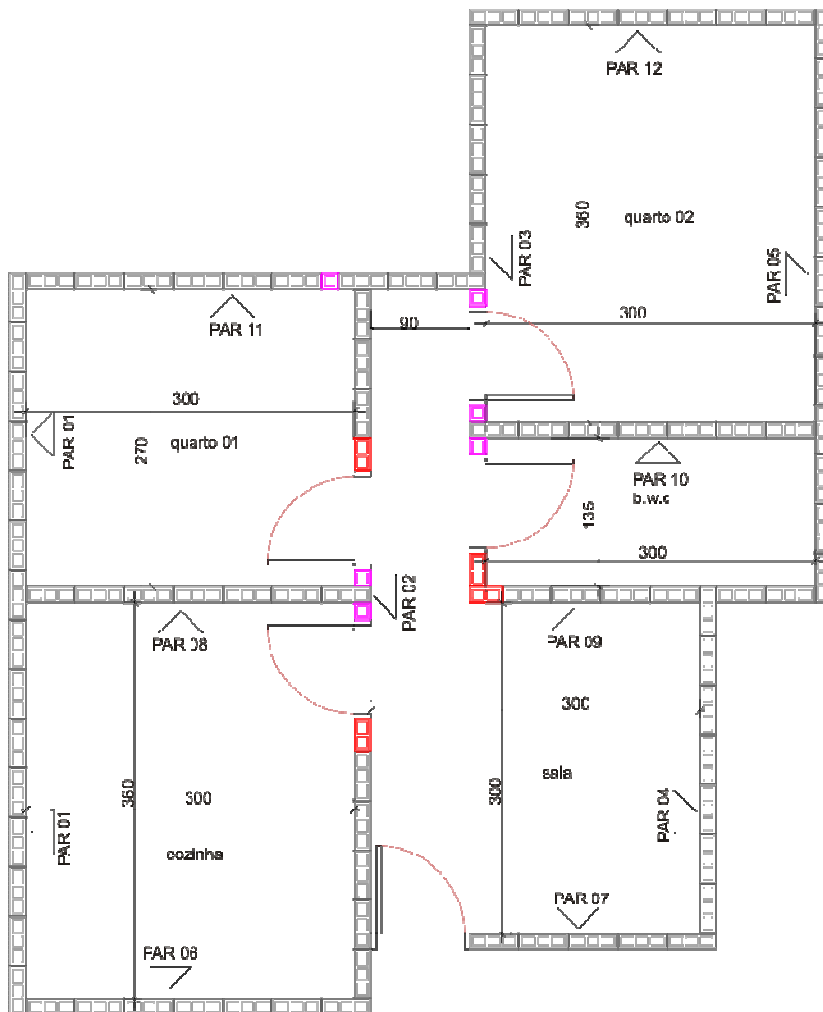
**Tabela 30:** Quantitativo de unidades necessárias para modular a planta das figuras 46 e 47.

Bloco Principal (Família)	Unidades			Área (m <sup>2</sup> )	Quantitativo Bloco (unid.)	
	29	14	44		Total: blocos Complementares	Total: blocos necessários
<b>Modulação 04</b> <b>14x19x44</b> (com as diretrizes)	26	39	1141	52,70 m <sup>2</sup>	65 unid.	1203 unid.





**Figura 46** - Planta Baixa de modulação da primeira fiada para a Modulação 04



**Figura 47** - Planta Baixa de modulação da segunda fiada para a Modulação 04

Observa-se que nem todos os blocos complementares foram eliminados da planta modulada. Isso se deve, em parte, à implantação dos vãos de esquadrias, que sempre necessitam de blocos complementares, e ao fato de as diretrizes propostas não abrangerem todas as situações. Isso ocorre porque em alguns casos, a mesma parede

possui o número de vãos diferentes entre a primeira e a segunda fiada, como exemplo a parede 09, na primeira fiada possui terminação com um vão e na segunda fiada com dois vãos, como mostram as figuras 46 e 47. Isto porque o bloco da primeira fiada da parede 04, na figura 46, apenas tangenciava a parede 09, porém na segunda fiada, representada pela figura 47, o bloco da parede 04 adentra a parede 09, aumentando, assim, o número blocos complementares para a segunda fiada da parede 09, já que as diretrizes nesse caso foram aplicadas para a primeira fiada, a qual possui um vão. No entanto, mesmo que as diretrizes propostas não resolvam todas as situações, o número de blocos complementares necessários diminui significativamente para a planta modulada, onde as mesmas foram aplicadas, em comparação com a planta paginada sem o uso dessas diretrizes.

### Diretrizes para os vãos de esquadrias

Na Tabela 31 abaixo, estão relacionados os vãos de esquadrias modulares necessários para a planta onde as diretrizes propostas neste trabalho foram aplicadas, como é o caso da Modulação 04.

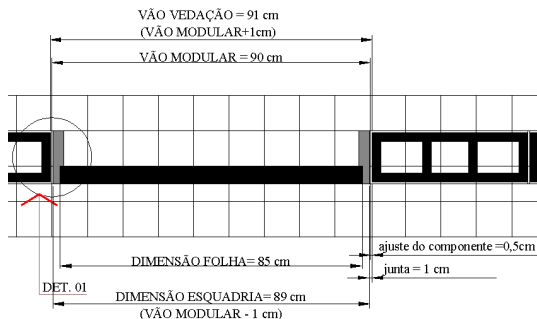
**Tabela 31** - Relação dos vãos de esquadrias necessários para modular a planta da figura 46

RELAÇÃO DOS VÃOS DE ESQUADRIAS (PLANTA XX)							
PORTAS (cm)							
ESP.	LARG.	ALT.	QT	TIPO		MATERIAL	
P1	90	220	05	PIVOTANTE-01 FOLHA		ALUMÍNIO	
JANELAS (cm)							
ESP.	LARG.	ALT.	PEIT.	QT	TIPO		MATERIAL
J1	180	120	100	03	CORRER- 04 FOLHAS		ALUMÍNIO/VIDRO
J2	90	180	40	01	CORRER- 02 FOLHAS		ALUMÍNIO/VIDRO
J3	90	60	160	01	MAXIM-AR- 01 FOLHAS		ALUMÍNIO/VIDRO
OBS: As dimensões são referentes ao vão modular, sendo que este pode receber esquadrias com várias combinações de tipos, desde que sejam menores que as do vão em 5 cm.							

### Portas:

Com relação às portas, todos os vãos são de 90 cm, para os casos mais comuns, atendendo, assim, o Código de Obras e a NBR 9050 ou qualquer outra combinação de 9M, para casos especiais. De qualquer

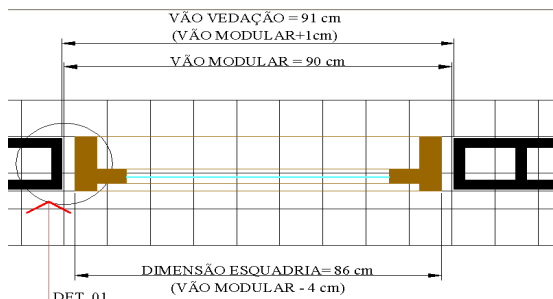
modo, o tamanho resultante das folhas é sempre 5cm menor para os batentes, mais a folga necessária para instalação. A Figura 48 ilustra como isso ocorre, para o caso do vão de 90 cm.



**Figura 48** - Detalhamento da porta P1 em planta

### Janelas:

Os vãos para janelas têm as dimensões segundo o módulo 9M. Também deve-se sempre descontar 5 cm de cada dimensão do vão, para permitir a execução do assentamento. A figura 49 ilustra como isso pode ocorrer, para o caso da aplicação de uma janela.



**Figura 49** - Detalhamento da janela J2 em planta

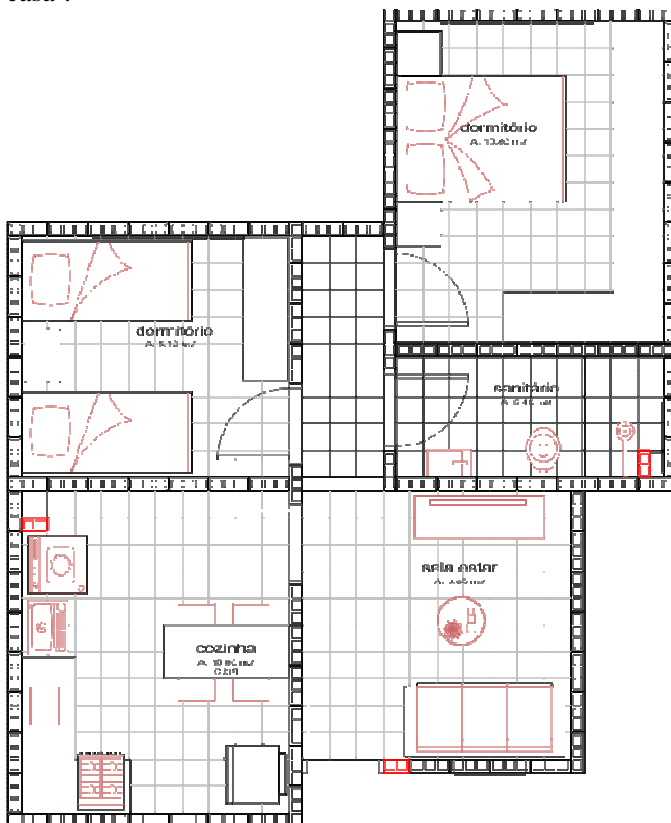
As dimensões das janelas sugeridas na tabela 31 foram determinadas em atendimento às áreas dos ambientes. Segundo o Código de Obras, os ambientes pertencentes ao “Grupo A” (salas e quartos) deverão ter 1/6 (um sexto) da sua área de vão de iluminação e ventilação; ambientes pertencentes ao “Grupo C” (cozinha, copas, despensas e lavanderias) deverão possuir 1/8 (um oitavo) da área do ambiente de vão de iluminação e ventilação; áreas pertencentes ao

“Grupo D” (instalações sanitárias e vestiários) deverão possuir 1/10 (um décimo) da área dos ambientes de vão de iluminação e ventilação.

Observa-se uma limitação das dimensões de esquadrias permitidas por uma paginação com uso do bloco 44 cm que atenda às diretrizes sugeridas neste trabalho, bem como a Coordenação Modular. Ao se abrir mão do atendimento à Coordenação Modular, aumenta-se ainda mais as possibilidades, o que abrange a grande maioria das esquadrias disponíveis.

### Planta Final

A planta completa, para a Modulação 04, após aplicação de todos os parâmetros de análise sugeridos neste trabalho, está apresentada na figura 50 e mostra também uma sugestão de composição dos ‘itens da casa’.



**Figura 50** - Planta paginada com as diretrizes estudadas

#### 4.7 COMPARATIVO ENTRE AS MODULAÇÕES 01, 02,03 E 04

Para permitir a comparação das diferentes Modulações estudadas neste trabalho, mostra-se o quantitativo das unidades necessárias para modular a planta em estudo em cada caso analisado, conforme a tabela 32. Os dados apresentados são analisados em seguida, sempre entre duas Modulações diferentes.

**Tabela 32** - Relação das unidades necessárias para as quatro modulações estudadas

Bloco Principal (Família)	Unidades			Área (m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> ) de parede	Quantitativo Bloco (unid.)				
	29	14	44			Total: blocos complementares	Total: blocos necessários			
<b>Modulação 01</b> <b>14x19x29</b>	1389	45	83	48,30 m <sup>2</sup>		128 unid.	1517 unid.			
<b>Modulação 03</b> <b>14x19x44</b> (sem as diretrizes)	124	106	857	48,30 m <sup>2</sup>		230 unid.	1087 unid.			
<b>Modulação 04</b> <b>14x19x44</b> (com as diretrizes)	26	39	1141	52,70 m <sup>2</sup>		65 unid.	1203 unid.			
Bloco Principal (Família)	Blocos							Área (m <sup>2</sup> )	Total	
	01	02	03	04	05	06	07		Blocos Complementares	Todos os blocos necessários
<b>Modulação 02- 14x19x39</b>	831	66	12	169	63	01	14	46,04	325	1156

Na tabela 32, os números de 01 a 07 representam respectivamente os blocos 01- 14x19x39, 02- 14x19x19, 03- 14x19x24, 04- 14x19x34, 05- 14x19x54, 06- 14x19x09, 07- 14x19x05.

**Com os números apresentados na tabela acima algumas considerações podem ser aplicadas:**

#### **Modulação 01 e 04**

Observa-se, na tabela 32, que a área da planta paginada com a Modulação 04 devido ao módulo 9M é maior em relação à planta

paginada com a Modulação 01. Ainda assim, o número total de blocos foi reduzido. A quantidade de blocos complementares usados na planta paginada com a Modulação 04 foi reduzida a quase metade, em comparação com a quantidade dos mesmos, necessários para a planta paginada com a Modulação 01.

### **Modulação 01 e 03**

Ao comparar os resultantes descritos na tabela 32, para a Modulação 03, com os resultantes para a Modulação 01, observa-se que o número de blocos complementares é menor para a Modulação 01, enquanto que o número total de blocos, para a Modulação 03, é reduzido em 419 unidades. Dessa forma, o uso do bloco 44 cm se mantém interessante, porque permite reduzir o quantitativo final de unidades.

### **Modulação 02 e 04**

Nota-se que para a Modulação 02 o número total de blocos é menor em 47 unidades

Em relação à Modulação 04. Porém a área para a planta da modulação 02 é menor em  $6,3 \text{ m}^2$  e a quantidade de blocos complementares é maior em 260, ou seja, cinco vezes maior para a Modulação 02. A quantidade de blocos complementares necessário para a Modulação 02 se deve as dimensões do bloco  $14 \times 19 \times 39 \text{ cm}$ , já que as mesmas não atendem ao critério de multiplicidade entre largura e comprimento necessitando assim uma quantidade maior de blocos em relação ao bloco  $14 \times 19 \times 44$  que atende esse critério. Este fato torna a Modulação 04 mais produtiva, já que quanto menor a variação de dimensões de blocos na modulação mais fácil será a execução.

### **Modulação 03 e 04**

Ao comparar a Modulação 03 com a Modulação 04, observa-se a redução do número de blocos complementares, de 230 para a Modulação 02 contra 65 para a Modulação 03. Esse comparativo mostra que a o uso das diretrizes propostas permite reduzir significativamente a quantidade de blocos complementares.

Assim, o uso do bloco 44 cm, como principal, permite reduzir o quantitativo final de unidades, o que resulta em menor movimentação dentro da obra, além de permitir também a redução dos custos de transporte interno e aumento da produtividade, como já foi discutido em capítulos anteriores.

Adicionalmente, observa-se redução da quantidade de juntas verticais, para a Modulação 04, em comparação com a Modulação 01e

02. Isso influencia diretamente no tempo necessário para concluir o trabalho, pois sua redução implica em menor número de movimentos que o profissional realiza para concluir a aplicação dos mesmos, o que acarreta diminuição do trabalho realizado (RAMOS, 2001).

Outro fator interessante é que o bloco 44 cm, no comprimento, é maior que o 29 cm e o bloco 39 cm, o que também pode contribuir para a produtividade da obra.

Observa-se também que a Coordenação Modular pode ser aplicada no uso do bloco 44 cm como principal, o que contribui para a qualidade da modulação a redução de resíduos aumentando assim a racionalização da obra. No entanto devido o módulo ser 9M, para ambientes que necessitem dimensões intermediárias a esse módulo é necessário usar submúltiplos do módulo  $M=10$  cm.

Apesar de as diretrizes não resolverem totalmente as amarrações, o uso das mesmas, em projetos de modulação, quando são aplicadas ainda no anteprojeto, diminui significativamente a quantidade de blocos complementares e na obra e gera vãos modulares. Esse é um fator importante para a aplicação das mesmas em projetos onde os fatores tempo, produtividade e qualidade são relevantes.





## **5 CONCLUSÕES**

### ***5.1 CONCLUSÕES SOBRE O PROBLEMA E O MÉTODO DE PESQUISA***

O presente trabalho explorou aspectos de concepção de projetos para Alvenaria Estrutural, principalmente os componentes das vedações verticais, fundamentais para a viabilidade do sistema construtivo e seus benefícios focados na construtibilidade, industrialização e racionalização. Assim os resultados expostos no capítulo 4 mostram: O bloco de 44 cm é viável para ser utilizado como unidade principal em Alvenaria Estrutural independente da concepção arquitetônica, pois comparando-o com as famílias dos blocos 29 cm e 39 cm, reduz o número total de blocos, diminui o número de juntas verticais de argamassa de assentamento. Pode atender a Coordenação Modular, desde que o projeto arquitetônico siga as diretrizes desenvolvidas e apresentadas no capítulo de resultados desse trabalho. Estas diretrizes são importantes para maximizar os bons resultados verificados, pois diminui o número de blocos complementares, padroniza as dimensões das esquadrias e atende as regulamentações normativas vigentes no país. As diretrizes foram desenvolvidas para casos elementares que permitem a elaboração otimizada da maioria dos casos de projetos em Alvenaria Estrutural em que o bloco 44 cm for utilizado como unidade principal. São regras simples e de teor genérico que, quando seguidas, pelos projetistas conferirão facilidade na elaboração dos projetos e rapidez de execução, economia com mão-de-obra e redução de uso de peças complementares. São apresentadas também expressões numéricas que representam os módulos com dimensões resultantes que atendam os critérios da Coordenação Modular essas diretrizes são referentes aos arranjos dos blocos nas paredes as dimensões dos vãos das esquadrias e dos revestimentos cerâmicos. Para os arranjos das paredes as mesmas resultaram em regras básicas e genéricas de posicionamento dos blocos conforme a localização dos mesmos nas paginações que poderão ser aplicadas em todos os projetos em Alvenaria Estrutural.

As dimensões modulares para esquadrias resultantes do bloco 44 cm foram selecionadas em tabelas para facilitar o uso das mesmas pelos projetistas. Com o uso destes componentes modulares os projetistas evitarão recortes reduzindo a quantidade de resíduos, o que pode aumentar a produtividade e influenciar na redução do custo final da obra. Como resultado final as diretrizes apresentados e exploradas pelo

trabalho em relação ao uso adequado do bloco 44 cm aliado a Coordenação Modular, contribuirão para facilitar o desenvolvimento de projetos de Alvenaria Estrutural além de reduzir a quantidade de resíduos aumentando a produtividade, o que influenciará diretamente na construtibilidade e na racionalização da obra.

## ***5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS***

- a. Estudar a produtividade de operários com o bloco de 44 cm em comparação ao bloco 29 cm;
- b. analisar a variação de custo com a adoção do bloco de 44 cm como componente principal da obra;
- c. estudar o comportamento estrutural da alvenaria quando adotado o bloco de 44 cm como principal.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5706 (1977). Coordenação Modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 5707 (1982). **Posição dos componentes da construção em relação a quadrícula modular de referência**. Rio de Janeiro. 3p.

\_\_\_\_\_. NBR 5708 (1982) **Vãos modulares e seus fechamentos**: procedimento. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 5709 (1982). **Multimódulos**. Rio de Janeiro. 1p.

\_\_\_\_\_. NBR5711 (1982). **Tijolo modular de barro cozido**. Rio de Janeiro. 1p.

\_\_\_\_\_. NBR 5712 (1982). **Blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro. 1p.

\_\_\_\_\_.NBR 5719(1982). **Revestimentos**:procedimento. Rio de Janeiro

\_\_\_\_\_. NBR 5725 (1982). **Ajustes modulares e tolerâncias**. Rio de Janeiro. 4p.

\_\_\_\_\_. NBR 5726 (1982). **Série modular de medidas**. Rio de Janeiro. 3p.

\_\_\_\_\_. NBR 5729 (1982). **Princípios fundamentais para a elaboração de projetos**

**coordenados modularmente**. Rio de Janeiro. 3p.

\_\_\_\_\_. NBR 5730 (1982). **Símbolos gráficos empregados na coordenação modular da construção**. Rio de Janeiro. 3p.

\_\_\_\_\_. NBR 5731 (1982). **Coordenação modular da construção: terminologia**. Rio de Janeiro. 4p.

\_\_\_\_\_. NBR 7170(1983). **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria**.

Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 5712(1982). **Bloco vazado modular de concreto**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 5718(1982). **Alvenaria modular**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 8041(1983). **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria**.forma e dimensões . Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 8042(1992). **Bloco cerâmico para alvenaria**. formas e dimensões. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 10847(1989). **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 15270-2 (2005) - **Define os termos e fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos, exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos estruturais a serem utilizados em obras de alvenaria estrutural, com ou sem revestimento**.

\_\_\_\_\_. NBR 7171(1992). **Bloco cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 6136(1994). **Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. Projeto NBR 02:101.01-002/2(2004). **Componentes cerâmicos para alvenaria estrutural: parte 2: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro.

ANDRADE, M. (2000). **Coordenação dimensional como ferramenta para a qualidade em projetos de habitação popular**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. Brasília

BALDAUF, A. S. F. (2004). **Contribuição à Implementação da Coordenação Modular da Construção no Brasil**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO (BNH); INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL (IDEG) (1976). **Coordenação modular da construção**. Rio de Janeiro: BNH/IDEG.

BIERMANN, V. et al. **Teoría de la arquitectura: del renacimiento a la actualidad**. Köln: Taschen, 2003.

BRUNA, P. (2004). **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva.

BYRNE, G. S. (1970). **Racionalização do processo de projecto I – Coordenação Dimensional Modular. Princípios e Aplicações**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO BOUWCENTRUM.  
**Noticiário da**

**Coordenação Modular**, São Paulo: BNH/CBC, n. 12/13, nov/dez. 1970c.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 18000**:  
Modulordnung im Bauwesen. Berlin, 1984.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: ANICER, 1999.

FRANCO, L.S. (1992) **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**.

São Paulo, 1992. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. (2007). **Introdução à coordenação modular da**

**construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Coleção Habitare, volume 9 - ANTAC, Porto Alegre. 72 p. Ilustrado.

HABRAKEN, N. J. (1999). *Supports: an alternative to mass housing*. London: The Urban International Press.

HENDRY, A. W. **Structural design of brickwork buildings**. In: \_\_\_\_\_. Structural Brickwork. New York: Halsted Press book, 1981, p. 1-4.

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

MACHADO, S. F. (1999). **Sistemática de concepção e desenvolvimento de**

**Projetos arquitetônicos para alvenaria Estrutural**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis

MELHADO, S. B. (1994). **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 294p.

MODLER, L. E. A. **Qualidade de projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. 2000. 140 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

NAKANISHI, Tatiana Midori; FABRÍCIO, Marcio Minto (2005). **A técnica construtiva no processo de projeto arquitetônico: estudo de caso Marcos Acayaba**. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção/ I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre.

OLIVEIRA, S. L. (2007) **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Thomson Learning.

OLIVEIRA, R. R. (1994) **Sistematização e listagem dos fatores que afetam a construtibilidade das alvenarias estruturais**. IN: 5th Internacional Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5, 1994, Florianópolis – Brasil. Anis 5th Internacional Seminar on Structural Masonry

for Developing Countries, Florianópolis.

PARIZOTTO FILHO, S. (2004). **Análise arquitetônica e construtiva de tipos habitacionais edificados com painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

PEREIRA, A. C. (2005). **Diretrizes para a implantação de sistemas construtivos aberto na habitação de interesse social através da modulação**. Dissertação (mestrado). Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS - PMF (2000). **Código de Obras e Edificações**. Florianópolis: PMF. Disponível em: [www.pmf.sc.gov.br](http://www.pmf.sc.gov.br) Acesso em: 15/010/2007.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S (2003). **Projeto de Edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini.

RAUBER, C. R. (2005) **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria.

ROMAN, H. R., et al. **Alvenaria estrutural – programa de capacitação empresarial**. Módulo 1: administradores de obras, CD, Florianópolis, 2000.

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

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

SABBATINI, F. H. (1989). **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São



Paulo. 336p.

SAFFARO, F. A. ; SANTOS, D. G. ; HEINECK, L. F. M.  
**Uma proposta para a classificação de decisões voltadas a melhoria da construtibilidade.** In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção e Sistemas / X International Conference on Industrial Engineering Management, 2004, Florianópolis. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção e Sistemas / X International Conference on Industrial Engineering Management, 2004.

SILVA, A. M. M. (1991), **Diretrizes para o projeto de alvenaria de vedação.** Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VALLE, S. M. (2006). **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações:segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Rio de Janeiro.

ZECHMEISTER, D. (2005). **Estudo para a padronização das dimensões de Unidades de alvenaria estrutural no Brasil Através do uso da coordenação modular.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

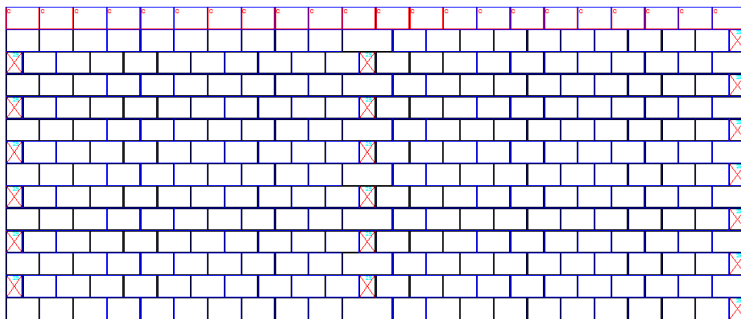
## **APENDICE**



## APÊNDICE A - PAGINAÇÃO DAS PAREDES

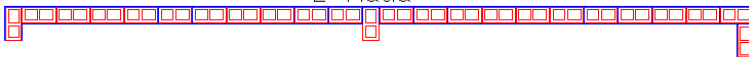
### Paginação das paredes Modulação 01 (família do bloco 29)

#### Parede 01

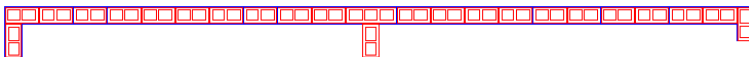


PAR 01

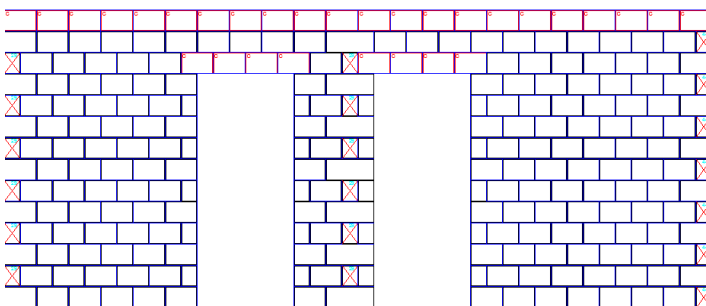
2 fiada



1 fiada



#### Parede 02

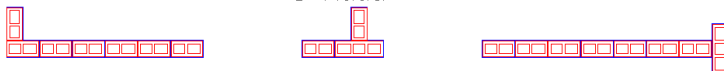


PAR 02

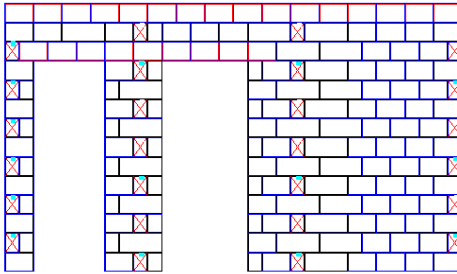
2 fiada



1 fiada

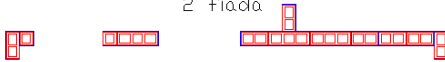


**Pared 03**

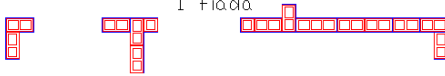


PAR 03

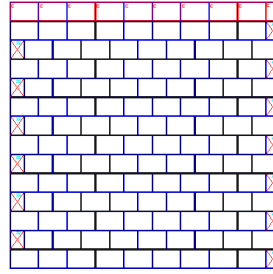
2 fiada



1 fiada

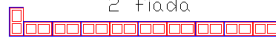


**Pared 04**



PAR 04

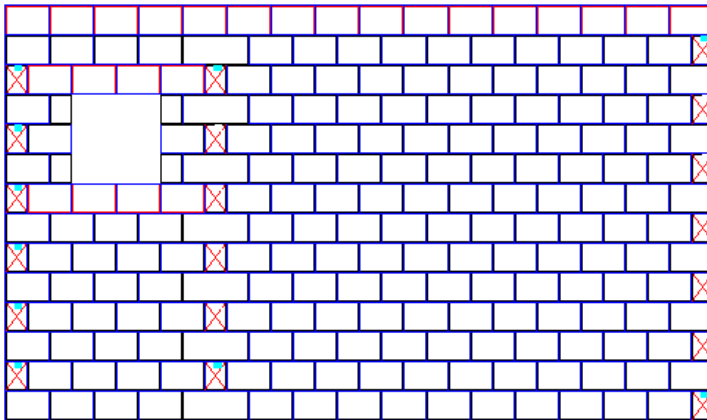
2 fiada



1 fiada

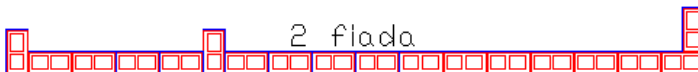


**Pared 05**



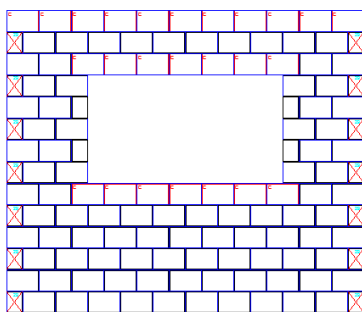
PAR 05

2 fiada



1 fiada



**Parede 06**

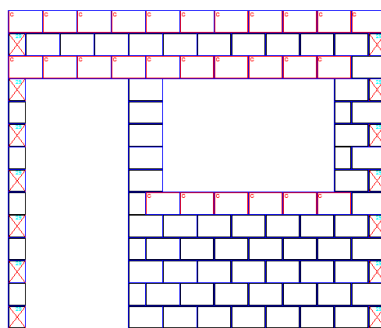
PAR 06



2 fiada



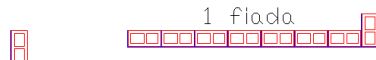
1 fiada

**Parede 07**

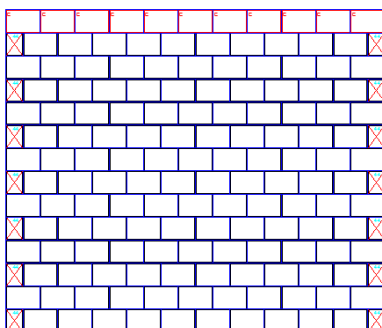
PAR 07



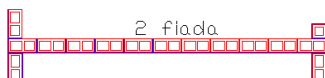
2 fiada



1 fiada

**Parede 08**

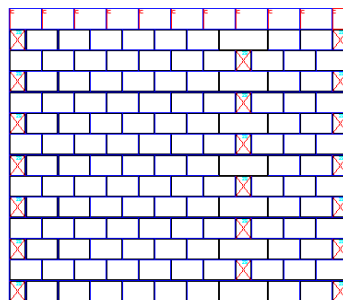
PAR 08



2 fiada



1 fiada

**Parede 09**

PAR 09

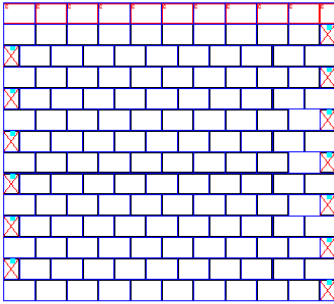


2 fiada



1 fiada

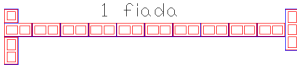
### Parede 10



PAR 10

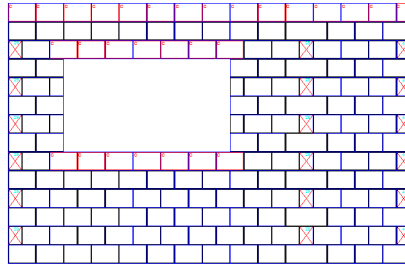


2 fiada

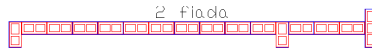


1 fiada

### Parede 11



PAR 11

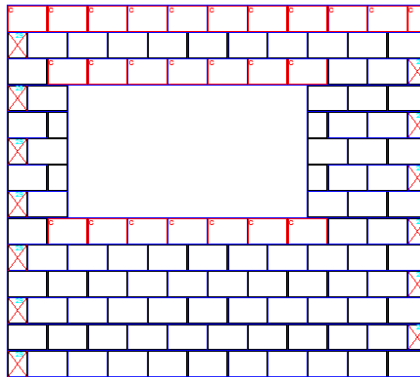


2 fiada



1 fiada

### Parede 12



PAR 12



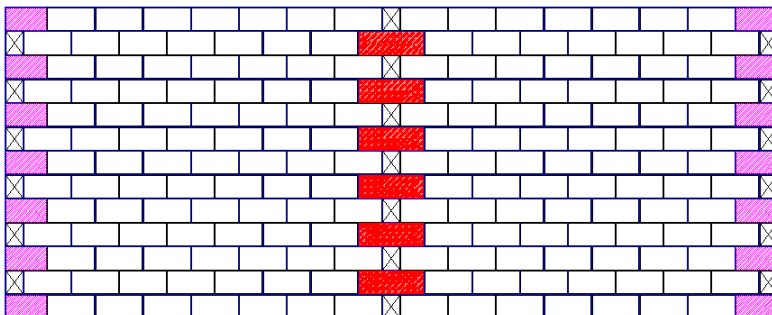
2 fiada



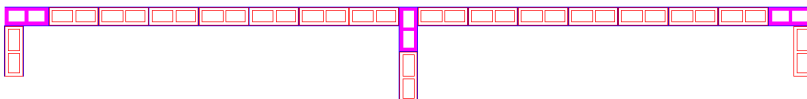
1 fiada

## Paginação das paredes Modulação 02 (família do bloco 39)

### Parede 01

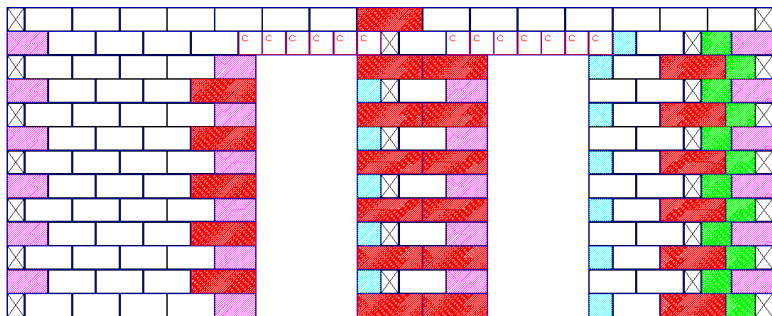


PAREDE 01

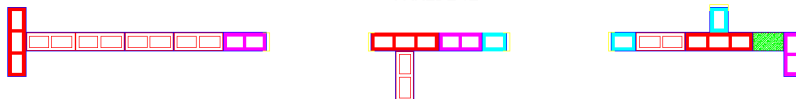


PRIMEIRA FIADA

### Parede 02



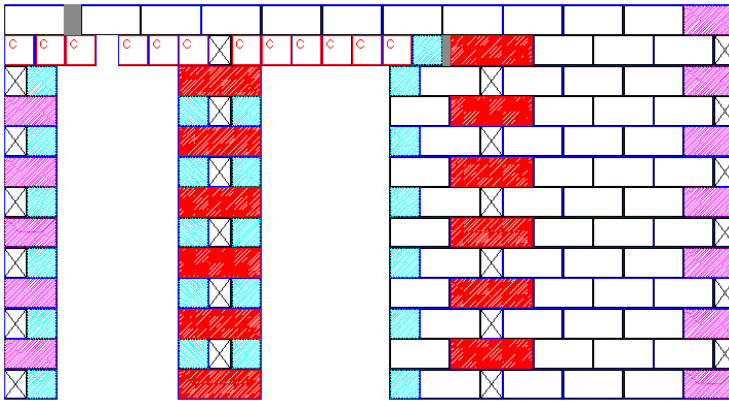
PAREDE 02



PRIMEIRA FIADA



**Parede 03**

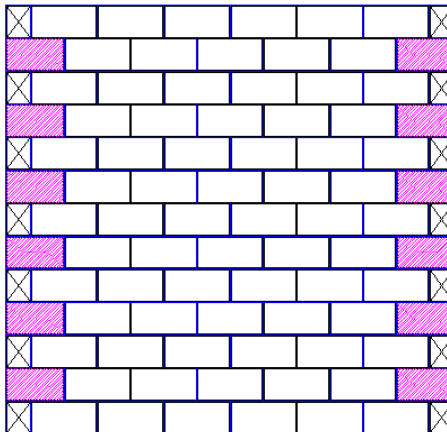


**PAREDE 03**



**PRIMEIRA FIADA**

**Parede 04**

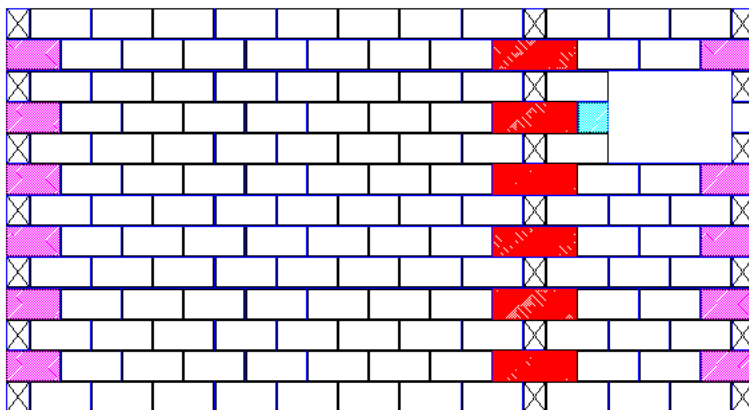


**PAREDE 04**



**PRIMEIRA FIADA**

### Parede 05

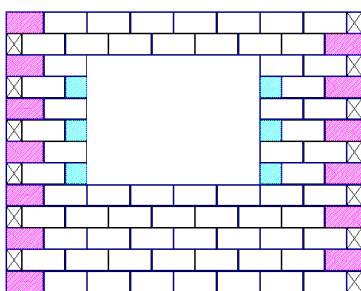


PAREDE 05

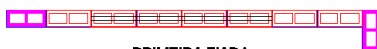


PRIMEIRA FIADA

### Parede 06

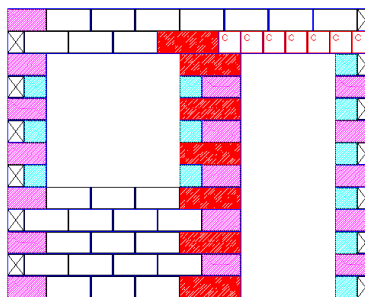


PAREDE 06

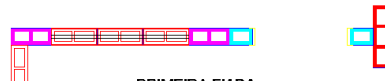


PRIMEIRA FIADA

### Parede 07

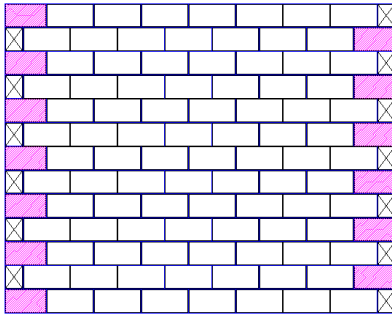


PAREDE 07



PRIMEIRA FIADA

### Parede 08

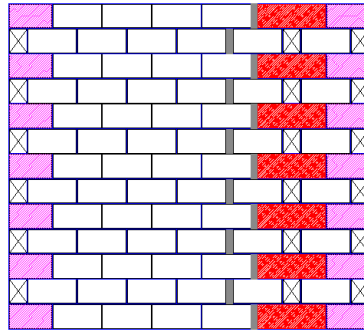


PAREDE 08

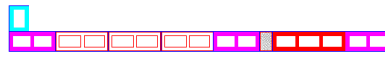


PRIMEIRA FIADA

### Parede 09

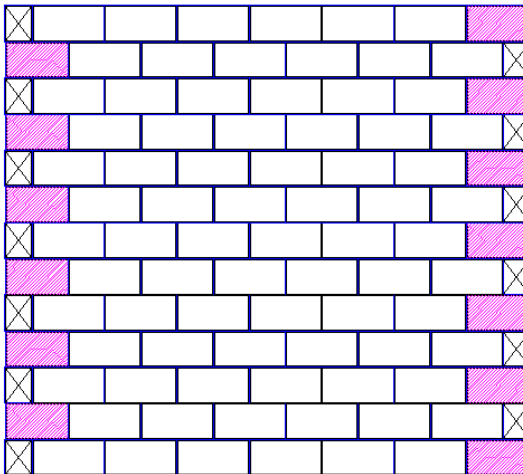


PAREDE 09



PRIMEIRA FIADA

### Parede 10



PAREDE 10

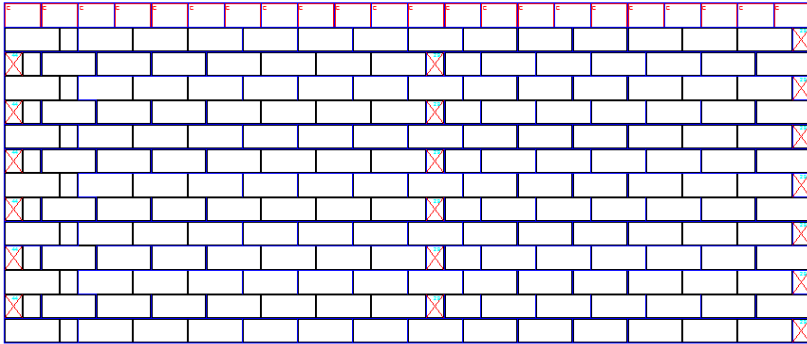


PRIMEIRA FIADA

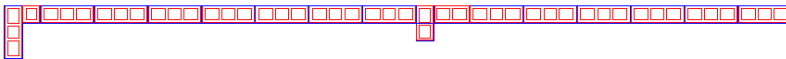


**Paginação das paredes Modulação 03 (família do bloco 44 sem as diretrizes)**

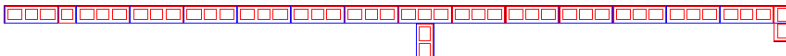
**Parede 01**



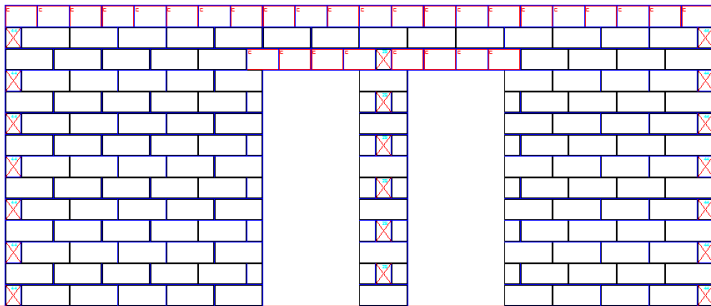
PAR 01 |  
2 fiada



1 fiada

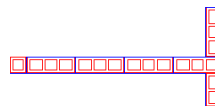


**Parede 02**

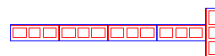


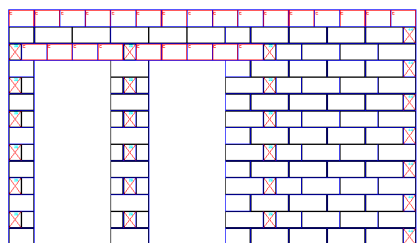
PAR 02

2 fiada



1 fiada



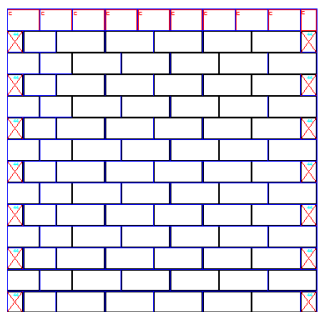
**Parede 03**

PAR 03

2 fiada



1 fiada

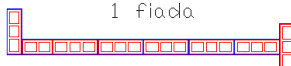
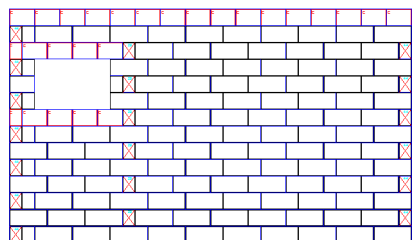
**Parede 04**

PAR 04

2 fiada



1 fiada

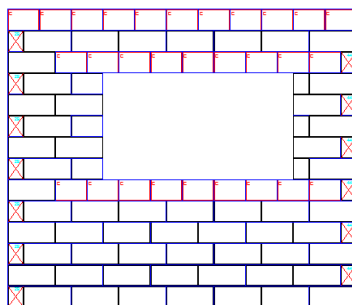
**Parede 05**

PAR 05

2 fiada



1 fiada

**Parede 06**

PAR 06

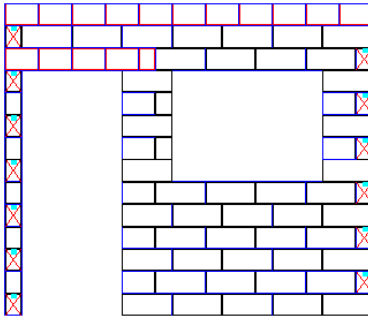
2 fiada



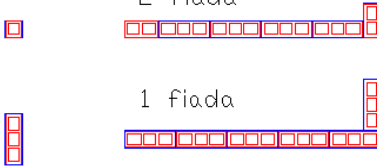
1 fiada



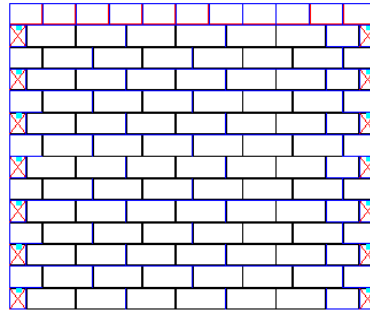
**Parede 07**



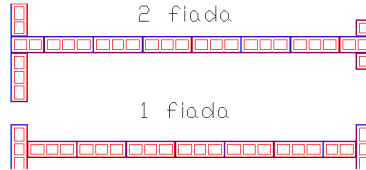
PAR 07  
2 fiada



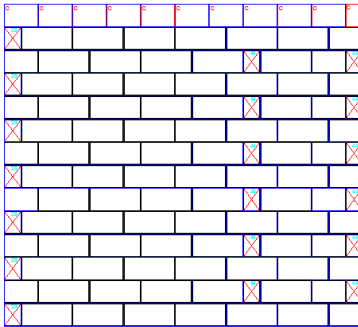
**Parede 08**



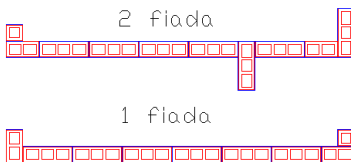
PAR 08



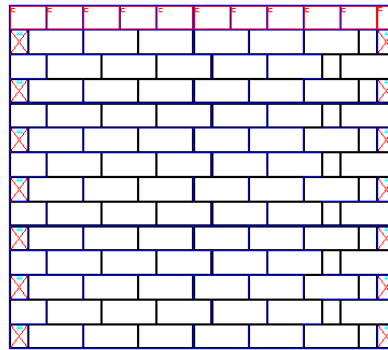
**Parede 09**



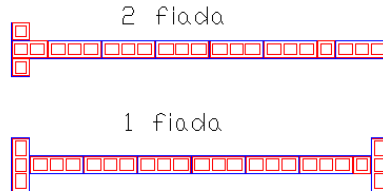
PAR 09



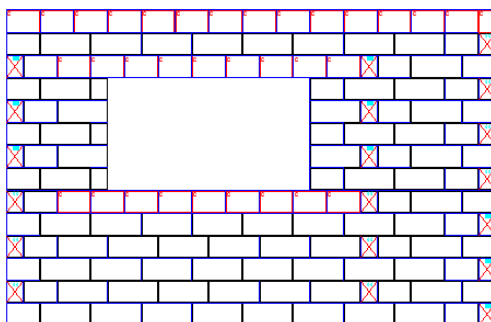
**Parede 10**



PAR 10

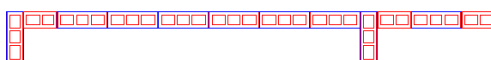


### Parede 11

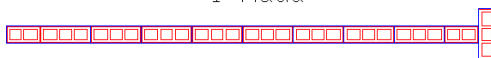


PAR 11

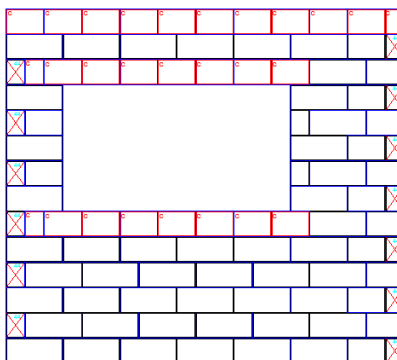
2 fiada



1 fiada

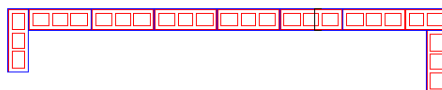


### Parede 12



PAR 12

2 fiada



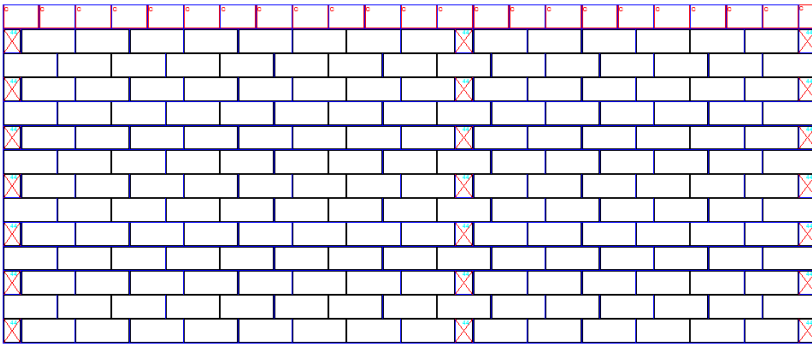
1 fiada





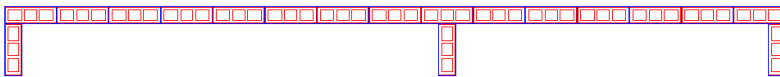
### Paginação das paredes Modulação 04 (família do bloco 44 com as diretrizes)

#### Parede 01

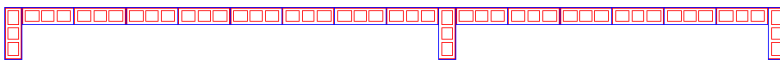


PAR 01

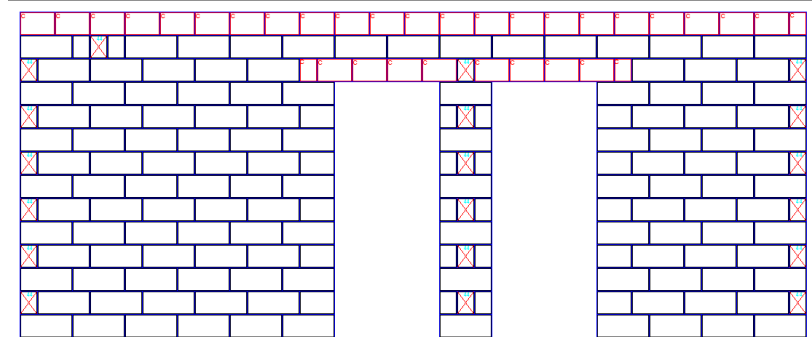
2 fiada



1 fiada



#### Parede 02



PAR 02

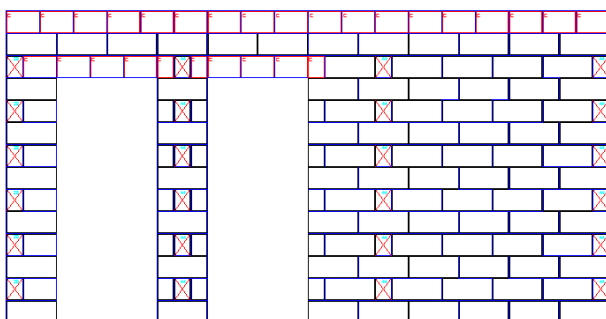
2 fiada



1 fiada

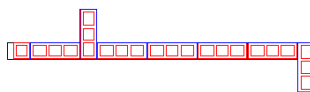


### Parede 03



PAR 03

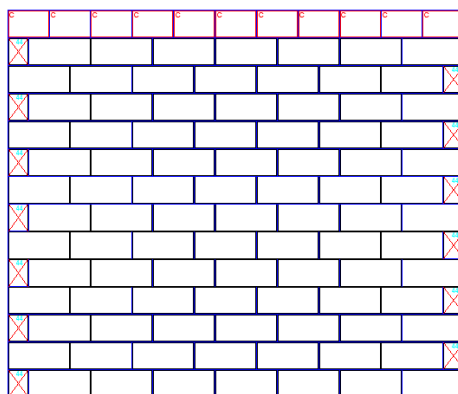
2 fiada



1 fiada

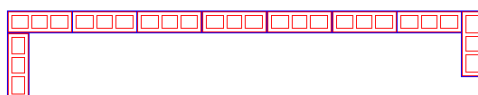


### Parede 04

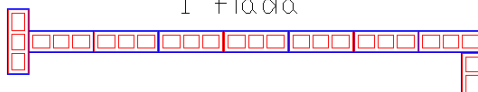


PAR 04

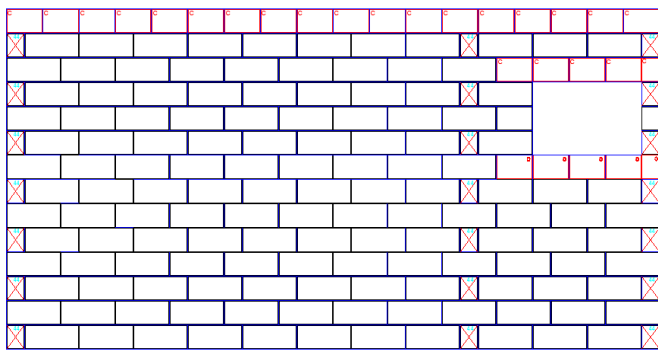
2 fiada



1 fiada



**Parede 05**

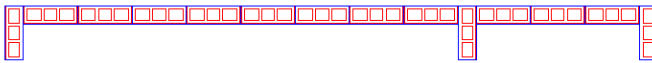


PAR 05

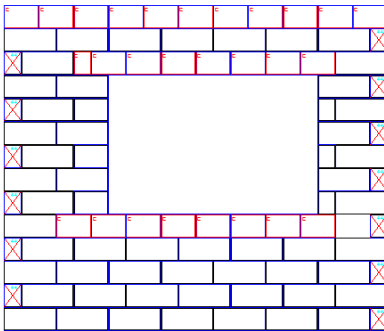
2 fiada



1 fiada

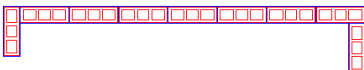


**Parede 06**

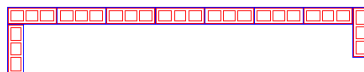


PAR 06

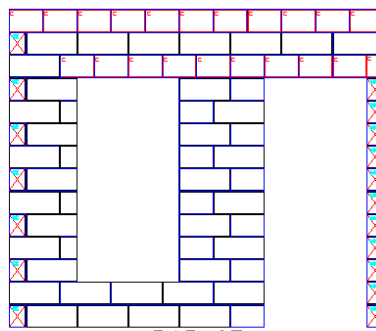
2 fiada



1 fiada



**Parede 07**



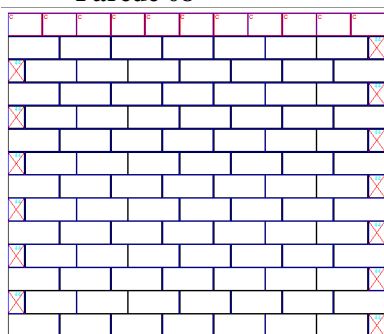
PAR 07

2 fiada



1 fiada



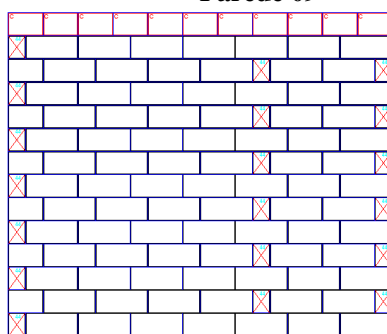
**Parede 08**

PAR 08

2 fiada



1 fiada

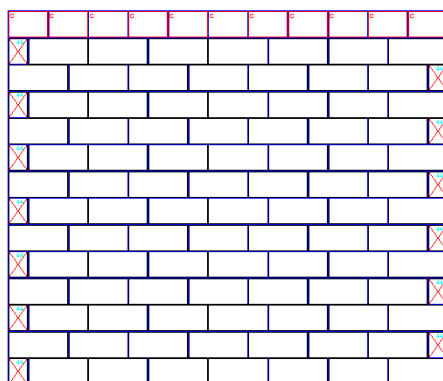
**Parede 09**

PAR 09

2 fiada

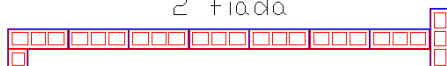


1 fiada

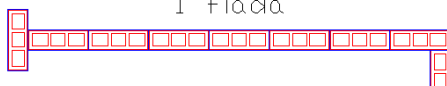
**Parede 10**

PAR 10

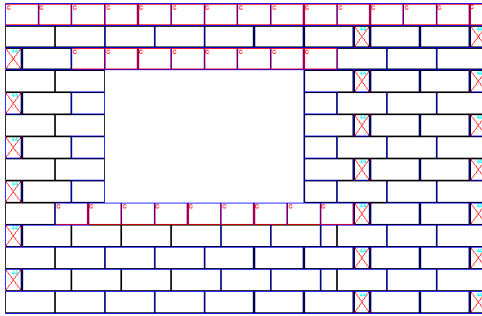
2 fiada



1 fiada

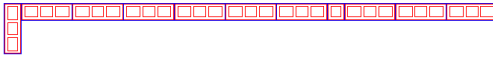


### Parede 11



PAR 11

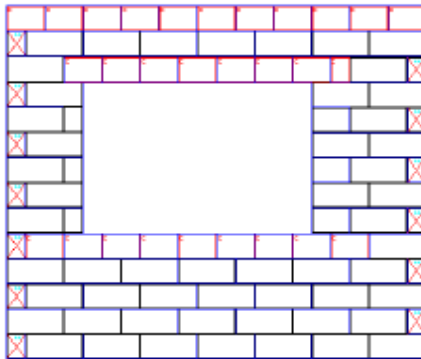
2 fiada



1 fiada



### Parede 12

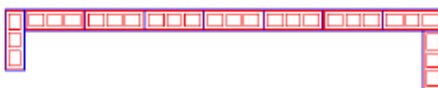


PAR 12

2 fiada



1 fiada



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)