

PROPOSTA DE MORFOLOGIA RACIONAL DE PEÇAS CERÂMICAS PARA  
APLICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

**FRANCISCO DE ASSIS ALVES DA SILVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção de título de mestre em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas.

Orientador: Prof.Dr. Jonas Alexandre

**Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro**

**Outubro - 2005**

**PROPOSTA DE MORFOLOGIA RACIONAL DE PEÇAS CERÂMICAS PARA  
APLICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

**FRANCISCO DE ASSIS ALVES DA SILVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção de título de mestre em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Jonas Alexandre (D. Sc., Estruturas) – UENF**

**Orientador**

---

**Prof. Luiz Antônio Silveira Lopes (D. Sc., Engenharia) – IME**

---

**Prof. Fernando Saboya Albuquerque Júnior (D. Sc., Geotecnia) – UENF**

---

**Prof. Jean Marie Desir (D. Sc., Estruturas) – UENF**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Jonas Alexandre pelo estímulo, amizade e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos professores Dr. Luis Antônio Silveira Lopes e Dr. Álvaro Vieira do Instituto Militar de Engenharia pelas importantes sugestões à realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Romildo Dias Toledo chefe do Laboratório de Estruturas da COPPE/UFRJ, pelo apoio na realização dos ensaios de parede.

Ao professor Dr. Miguel Paollielo Pimenta da Universidade Federal de Juiz de Fora e os técnicos Santiago e Flávio do laboratório de estruturas da COPPE/UFRJ, pela orientação e ajuda na realização dos ensaios de parede.

Aos professores Dr. Fernando Saboya Albuquerque Júnior e Dr. Jean Marie Desir do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense pelas críticas e sugestões à realização deste trabalho.

A todos os colegas, funcionários e professores do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Ao professor Anselmo Domingos Biasse da Universidade Federal Fluminense pela amizade e colaboração na realização deste trabalho.

À Cerâmica União de Campos, por ter acreditado no trabalho, pelo investimento em equipamentos necessários à execução da pesquisa e pela doação dos blocos utilizados nos ensaios.

À Universidade Federal Fluminense e a Fundação Euclides da Cunha pelo apoio financeiro concedido durante o mestrado.

Acima de tudo a Deus, que está sempre presente nas minhas caminhadas.

## SUMÁRIO

Resumo.....	VII
Abstract.....	VIII

### **CAPÍTULO 1**

1.1 - Introdução .....	1
1.2 - Objetivos .....	2
1.2.1 - Objetivos gerais .....	2
1.2.2 - Objetivos específicos .....	3
1.3 - Organização do trabalho de pesquisa .....	3

### **CAPITULO 2 – Revisão Bibliográfica**

2.1 - Habitação uma necessidade básica .....	5
2.2 - O sistema habitacional brasileiro: breve análise das políticas habitacionais no país .....	7
2.3 - A realidade habitacional brasileira: o déficit e a precariedade dos centros urbanos.....	17
2.3.1 - O Município de Campos dos Goytacazes e a habitação: contradições sociais em meio da diversidade dos horizontes .....	24
2.4 - Alvenaria Estrutural: Uma alternativa ao equacionamento da questão habitacional .....	33
2.4.1 - Alvenaria estrutural ao longo dos tempos.....	33
2.4.2 - Alvenaria na atualidade: O método da alvenaria estrutural .....	42
2.4.2.1 - Bloco de concreto x Bloco Cerâmico .....	44

### **CAPITULO 3 – Ensaio Preliminares de laboratório**

3.1 - Introdução .....	47
3.2 - Critérios para escolha dos corpos-de-prova .....	48
3.3 - Forma de moldagem.....	49
3.4 - Umidade de moldagem por extrusão .....	49

3.5 - Queima .....	49
3.6 - Metodologia.....	49
3.7 - Ensaaios em corpos-de-prova .....	50
3.7.1 - Variação das dimensões lineares .....	50
3.7.2 - Porosidade aparente.....	52
3.7.3 - Absorção de água - NBR 6480 (Agosto/1986).....	53
3.7.4 - Massa específica aparente - NBR 6508 (Outubro/1984) .....	55
3.7.5 - Tensão de ruptura à flexão – NBR 9451 (Agosto/1986).....	56

#### **CAPITULO 4 – Proposta de Morfologia Racional de Peças Cerâmicas para aplicação em Alvenaria Estrutural**

4.1 - Introdução .....	58
4.2 - Nova morfologia racional de blocos cerâmicos para aplicação em alvenaria estrutural.....	59
4.2.1 - Bloco cantoneira 9x19x29.....	59
4.2.2 - Bloco cantoneira 9x19x19.....	61
4.2.3 - Bloco 9x19x29-FV.....	62
4.2.4 - Bloco 9x19x19-FV .....	64
4.2.5 - Bloco canaleta 9x19x29 .....	65
4.2.6 - Bloco em “J” 9x19x33 .....	66
4.2.7 - Bloco 9x19x29 estrutural.....	67
4.2.8 - Bloco 9x19x29 de vedação .....	68

#### **CAPÍTULO 5 – Resultados e Análise dos Dados Experimentais**

5.1 - Introdução .....	69
5.2 - Blocos Cerâmicos .....	69
5.3 - Argamassas .....	75
5.4 - Resistência de aderência à tração.....	76
5.4.1 - Introdução .....	76
5.5 - Prismas .....	79
5.5.1 - Ensaio de Prisma Cheio (bloco 9x19x29-FV) .....	84
5.6 - Parede .....	86

5.6.1- Resultados dos ensaios de deformabilidade .....	90
--	----

## **CAPÍTULO 6 – Exemplo Numérico**

6.1 - Introdução .....	94
6.2 - Distribuição das ações verticais .....	94
6.2.1 - Paredes isoladas.....	94
6.2.2 - Grupos isolados de paredes .....	95
6.2.3 - Grupos de paredes com interação.....	96
6.2.4 - Grupo total de paredes .....	97
6.3 - Exemplo numérico .....	97
6.3.1 - Tomada de cargas nas paredes .....	101
a) Lajes .....	101
b) Escada .....	102
c) Parede.....	102
d) Total das cargas sobre as Paredes .....	102
e) Transmigração das cargas.....	107
f) Cálculo da tensão atuante sobre as paredes.....	116
g) Cálculo da máxima tensão admissível.....	118
h) Cálculo da tensão admissível no bloco 9x19x29-FV grouteado .....	119
i) Solução para cada trecho .....	119
j) Solução para os trechos com carga concentrada .....	121
j.1) Cálculo da máxima tensão admissível no pilar com seção de (9x19).....	121
6.4 - Quadro comparativo de custos para assentamento, chapisco e emboço .....	123

<b>CAPÍTULO 7 – Conclusões e Sugestões.....</b>	<b>125</b>
---	------------

<b>CAPÍTULO 8 – Referências Bibliográficas .....</b>	<b>130</b>
--	------------

ANEXO 1 – Empreendimento Pajé .....	138
-------------------------------------	-----

ANEXO 2 – Empreendimento Monte Líbano .....	139
ANEXO 3 – Conjunto Habitacional de Travessão .....	140
ANEXO 4 – Empreendimento Pajé II .....	141
ANEXO 5 – Empreendimento Granja dos Cavaleiros .....	142
ANEXO 6 – Bairro Modelo Lagoa dos Prazeres .....	143
ANEXO 7 – Conjunto Habitacional Jardim Aeroporto .....	144
ANEXO 8 – Conjunto Habitacional Três Vendas .....	145

## RESUMO

A alvenaria estrutural caracteriza-se por um dos processos mais antigos de construção empregados pelo homem. No início do século passado a Alvenaria passou por um período de subalternidade, em que o concreto armado conquistou o mercado pela sua leveza, versatilidade e a possibilidade de alcançar vãos maiores. Após a segunda metade do século XX, diversos estudos foram desenvolvidos visando o aprimoramento da metodologia possibilitando a construção de edificações cada vez mais altas e a retomada do mercado. Em contrapartida, as edificações de pequeno porte passam a ser negligenciadas pelas pesquisas nesse seguimento. Assim emerge a iniciativa deste trabalho, atender as construções de pequeno porte de forma racional possibilitando o aprimoramento metodológico e conseqüentemente a redução dos custos dos empreendimentos. O presente trabalho de pesquisa propõe o desenvolvimento de peças cerâmicas para serem utilizadas em construções com até dois pavimentos. Os estudos são norteados por diversos ensaios realizados em blocos, prismas e paredes, de forma a legitimar funcionalidade da proposta lançada. O trabalho explora ainda a questão habitacional brasileira e os programas sociais, almejando o enlace entre tecnologia e sociedade como forma de redução da problemática do déficit habitacional que perdura em nosso país.

## ABSTRACT

The Structural Masonry is characterized for being one of the oldest processes of construction used by man. In the beginning of the last century the Masonry passed for a period of weakness, where the reinforced concrete conquered the market for its slighthness, versatility and the possibility to reach bigger gaps. After the second half of the century, studies had been developed aiming at the improvement of the methodology making possible the construction of buildings even higher and regain the market. On the other hand, the constructions of small port has been neglected by the research in this matter. Thus the initiative of this work emerges, consequently to take care of the constructions of small port of rational form making possible the method's improvement and therefore the reduction of the undertaking costs. The present work of research considers the development of ceramic parts to be used in Structural Masonry constructions with up to two floors. The studies are guided by diverse carried through assays block-type, prisms and walls, of form to legitimize functionality of the proposal launched. The work still explores the question of Brazilian's habitation and the social programs, longing for to join it between technology and society as form of lessening of the problematic one of the habitation absence that lasts in our country.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 2.1 - Cortiços.....	7
Figura 2.2 - Vilas Operárias do período getulista.....	10
Figura 2.3 - Modelo habitacional BNH .....	12
Figura 2.4 - Conjuntos habitacionais destinados a população de baixa renda .....	13
Figura 2.5 - Mapa do Município de Campos dos Goytacazes (Fonte:CIDAC Campos).....	24
Figura 2.6 - Déficit habitacional por faixa de renda no Estado do Rio de Janeiro .....	27
Figura 2.7 - Déficit habitacional por faixa de renda na Região Norte Fluminense.....	27
Figura 2.8 - Déficit habitacional no município de Campos dos Goytacazes, domicílios, atendidos, carentes e deficientes.....	28
Figura 2.9 - Principais fontes de arrecadação do município de Campos dos Goytacazes .....	30
Figura 2.10 - Precariedade e desperdícios nas edificações sem orientação técnica.....	32
Figura 2.11 - As Pirâmides de Quéops .....	33
Figura 2.12 - Farol de Alexandria.....	33
Figura 2.13 - Coliseu, erguido por volta do ano 70 d. C.....	34
Figura 2.14 - Catedral de Reims construída entre 1.211 e 1300 d. C.....	35
Figura 2.15 - Edifício Monadnock .....	36
Figura 2.16 - Teatro Municipal de São Paulo.....	38
Figura 2.17 - Central Parque Lapa.....	39
Figura 2.18 - Edifício Muriti .....	39
Figura 2.19 - Edifício Mackenzie .....	40
Figura 2.20 - Bresser-COHAB.....	40
Figura 2.21 - Edifício Bahamas .....	41
Figura 2.22 - Edifício Bahamas .....	41

Figura 2.23 - Conjunto Morada Paradiso .....	41
Figura 2.24 - Bloco de concreto .....	45
Figura 2.25 - Bloco cerâmico .....	45
Figura 3.1 - Figura 3.1- Caracterização granulométrica da argila .....	49
Figura 3.2 - Gráfico da variação das dimensões lineares em função da Temperatura.....	51
Figura 3.3 - Gráfico de porosidade aparente em função da temperatura .....	53
Figura 3.4 - Gráfico de absorção de água em função da temperatura .....	54
Figura 3.5 - Gráfico da massa específica aparente em função da tempe- ratura .....	55
Figura 3.6 - Gráfico da tensão de ruptura a flexão em função da temperatura	57
Figura 4.1 - Bloco cantoneira 9x19x29 .....	59
Figura 4.2 - Início do entijolamento com o bloco cantoneira 9x19x29 .....	60
Figura 4.3 - Início da segunda fiada utilizando o bloco cantoneira 9x19x29 ....	60
Figura 4.4 - Detalhe da subida do eletroduto .....	61
Figura 4.5 - Bloco cantoneira 9x19x19.....	61
Figura 4.6 - Amarração da 2ª fiada definindo a boneca do vão com o bloco cantoneira 9x19x19.....	62
Figura 4.7 - Bloco 9x19x29-FV.....	62
Figura 4.8 - Detalhe da tubulação de esgoto que receberá os despejos da pia .....	63
Figura 4.9 - Primeira fiada de amarração numa parede de borda utilizando o bloco 9x19x29-FV e o bloco cantoneira 9x19x29.....	63
Figura 4.10 - Segunda fiada da amarração numa parede de borda utilizando os blocos 9x19x29-FV bloco e bloco cantoneira 9x19x29 .....	64
Figura 4.11 - Bloco 9x19x19-FV.....	64
Figura 4.12 - Detalhe da amarração na extremidade de uma parede livre utilizando os blocos 9x19x29-FV e 9x19x19-FV .....	65
Figura 4.13 - Bloco cantoneira 9x19x29.....	65
Figura 4.14 - Detalhe da utilização do bloco canaleta.....	66
Figura 4.15 - Bloco em “J” 9x19x33 .....	66
Figura 4.16 - Bloco 9x19x29 estrutural.....	67

Figura 4.17 - Detalhe da utilização da peça de madeira .....	67
Figura 4.18 - Bloco 9x19x29 de vedação .....	68
Figura 5.1 - Bloco simples.....	70
Figura 5.2 - Bloco emboçado .....	70
Figura 5.3 - Bloco 9x19x29-FV.....	70
Figura 5.4 - Aparecimento de fissuras .....	72
Figura 5.5 - Aumento do número de fissuras no bloco .....	72
Figura 5.6 - Aumento nas aberturas das fissuras .....	72
Figura 5.7 - Colapso do bloco .....	72
Figura 5.8 - Aparecimento de duas fissuras.....	73
Figura 5.9 - Aumento na abertura das fissuras .....	73
Figura 5.10 - Ruptura de todos os septos horizontais a esquerda.....	73
Figura 5.11 - Colapso do bloco .....	73
Figura 5.12 - Surgimento de fissuras .....	74
Figura 5.13 - Pequena variação das fissuras e a deformação de parte do bloco.....	74
Figura 5.14 - Novas fissuras bastante tempo após o início das fissuras .....	74
Figura 5.15 - Registra o colapso total do bloco .....	74
Figura 5.16 - Configuração final das ranhuras do bloco 9x19x29 estrutural .....	77
Figura 5.17 - Ruptura do prisma no canto inferior direito.....	82
Figura 5.18 - Aumento da abertura e o aparecimento de outra fissura.....	82
Figura 5.19 - Aumento das aberturas e deformação da parede lateral.....	82
Figura 5.20 - Colapso repentino do prisma .....	82
Figura 5.21 - Ruptura do Prisma no septo superior .....	83
Figura 5.22 - Aumento da abertura e o aparecimento de outra na base direita .....	83
Figura 5.23 - Ruptura de quase todos os septos horizontais .....	84
Figura 5.24 - Colapso do prisma .....	84
Figura 5.25 - Aparecimento de duas fissuras nos blocos inferiores.....	85
Figura 5.26 - Aumento nas aberturas das fissuras e o aparecimento de outras .....	85
Figura 5.27 - Colapso do prisma.....	85

Figura 5.28 - Ruptura do groute .....	85
Figura 5.29 - Posicionamento dos flexímetros de deslocamentos laterais .....	88
Figura 5.30 - Posicionamento dos flexímetros de encurtamento .....	89
Figura 5.31 - Ruptura no septo horizontal do bloco e o tombamento da parede de a partir da segunda fiada .....	90
Figura 5.32 - Gráfico do encurtamento da lateral esquerda da parede.....	91
Figura 5.33 - Gráfico do encurtamento da lateral direita da parede.....	91
Figura 5.33 - Deslocamento lateral do terço superior da parede .....	92
Figura 5.34 - Deslocamento lateral do meio da parede .....	92
Figura 6.1 - Transferência de cargas verticais para paredes isoladas.....	95
Figura 6.2 - Transferência de cargas verticais para grupos de paredes .....	96
Figura 6.3 - Fachada .....	98
Figura 6.4 - Planta baixa do pavimento térreo .....	98
Figura 6.5 - Planta baixa do segundo pavimento.....	99
Figura 6.6 - Esquema estrutural do primeiro pavimento .....	100
Figura 6.7 - Esquema estrutural do segundo pavimento.....	100
Figura 6.8 - Distribuição de cargas em paredes com aberturas segundo a NBR 10837.....	108
Figura 6.9 - Vista da parede 1 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho .....	108
Figura 6.10 - Vista da parede 4 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho .....	111
Figura 6.11 - Vista da parede 6 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho .....	114
Figura 6.12 - Vista da parede 7 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho .....	115
Figura 6.13 - Detalhe do trecho III da parede 1 com a utilização dos blocos 9x19x29-FV e bloco 9x19x19-FV com dois furos grouteados.....	120
Figura 6.14 - Detalhe do trecho V da parede 1 com a utilização dos blocos 9x19x29 e do bloco 9x19x29-FV com quatro furos grouteados ....	120
Figura 6.15 - Detalhe do trecho V da parede 4 com a utilização dos blocos 9x19x29 e do bloco 9x19x29-FV com dois furos grouteados.....	121

Figura 6.16 - Tijolo cerâmico de vedação (9x19x19) .....	123
Figura 6.17 - Bloco cerâmico estrutural convencional.....	123
Figura 6.18 - Bloco estrutural(9x19x29) .....	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - População residente nas zonas urbana e rural no ano 2000.....	18
Tabela 2.2 - Déficit habitacional Brasil em 200 .....	18
Tabela 2.3 - Consolidação das estimativas dos componentes do déficit habitacional Brasil 2000 .....	20
Tabela 2.4 - Déficit habitacional no estado do Rio de Janeiro 2000 .....	21
Tabela 2.5 - Consolidação das estimativas dos componentes do déficit habitacional no Rio de Janeiro 2000 .....	22
Tabela 2.6 - Inadequação habitacional por componentes no Estado do Rio de Janeiro .....	23
Tabela 2.7 - Os municípios mais populosos do Estado do Rio de Janeiro .....	25
Tabela 2.8 - Classificação de alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro quanto ao seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) .....	26
Tabela 5.1 - Resistência média à compressão dos blocos cerâmicos simples .	70
Tabela 5.2 - Resistência média à compressão dos blocos cerâmicos com as laterais emboçadas .....	71
Tabela 5.3 - Resistência média à compressão dos blocos cerâmicos 9x19x29-FV .....	71
Tabela 5.4 - Resistência à compressão média da argamassa .....	75
Tabela 5.5 - Propriedade das argamassas industrializadas de múltiplo uso, conforme a NBR 13281 (ABNT, 1995) sem indicações do uso recomendado .....	76
Tabela 5.6 - Resultado médio do ensaio de resistência de aderência à tração para o tijolo 9x19x29 convencional sem chapisco .....	78
Tabela 5.7 - Resultado médio do ensaio de resistência de aderência à tração para o tijolo 9x19x29 convencional com chapisco .....	78
Tabela 5.8 - Resultado médio do ensaio de resistência de aderência à tração para o bloco 9x19x29 estrutural .....	79
Tabela 5.9 - Resistência à compressão média dos prismas simples.....	80
Tabela 5.10 - Resistência à compressão média dos prismas com as paredes	

laterais emboçadas .....	81
Tabela 5.11 - Resistência à compressão média do prisma de bloco 9x19x29 grouteado .....	86
Tabela 5.12 - Resistência à compressão das paredes .....	93
Tabela 5.13 - Resultados dos ensaios de blocos, prismas, paredes e suas relações.....	93
Tabela 6.1 - Valores das cargas e tensões atuantes nas paredes .....	117
Tabela 6.2 - Comparação de custos unitários para assentamento, chapisco, emboço e reboco entre o tijolo cerâmico de vedação, (9x19x19) o bloco cerâmico estrutural (14x19x29) e o bloco cerâmico estrutural (9x19x29) .....	124

**LISTA DE SIGLAS**

ABCI	Associação Brasileira da Construção Industrializada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional da Habitação
BS-5628	Structural use for Masonry
CEF	Caixa Econômica Federal
CEHAB	Companhia Estadual de Habitação
CIDAC	Centro de Informação da Prefeitura de Campos dos Goytacazes
CIDE	Fundação Centro de Informações de Dados do Estado do Rio de Janeiro
COHAB	Companhia de Habitação
CP-11	Estructural Recommendations for Load Bearing
CRED-CASA	Programa de Crédito Direto ao Consumidor para Aquisição de Imóvel
CRED-MAC	Programa de Crédito Direto ao Consumidor para Compra de Material de Construção
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FJP	Fundação João Pinheiro
IAP	Instituto de Aposentadoria e Pensão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
IPMF	Imposto Provisório sobre Movimentações Financeiras
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MBES	Ministério da Habitação e do Bem-Estar Social
MDU	Ministério do Desenvolvimento Urbano
NBR	Norma Brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
SEAC	Secretaria Especial de Habitação e Ação Comunitária

SFH	Sistema Financeiro da Habitação
SFI	Sistema Financeiro Imobiliário
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	Universidade de São Paulo

## CAPÍTULO 1

### 1.1 - Introdução

É notório e reconhecido que o Brasil apresenta uma situação de extrema desigualdade social em relação ao panorama internacional, aproximando nossos indicadores sociais daqueles apresentados pelos países de mais baixo índice de desenvolvimento no mundo.

Essas desigualdades assumem várias dimensões, que estão para além da saúde, alimentação, da renda e da educação. Na atualidade, a habitação é também um elemento básico que constitui um “mínimo social”, a construção da cidadania dos indivíduos. Essa perspectiva já encontra respaldo no debate internacional, desde a Declaração Universal de Direitos Humanos, de 1948, sendo reforçada com a Declaração de Istambul sobre Assentamentos Humanos, de 1996, que busca o compromisso dos governos nacionais com “a completa e progressiva realização do direito à moradia adequada”.

Nesta conjuntura de extrema carência habitacional emerge a motivação do trabalho de promover o desenvolvimento de uma nova morfologia de peças cerâmicas para uso em alvenaria estrutural visando sua aplicabilidade nas edificações de pequeno porte. Esta pesquisa almeja não somente construir uma nova morfologia tecnológica, mas buscar principalmente contribuir do ponto de vista das profissões tecnológicas (no caso a engenharia) com a sociedade. Pois compreende que somente através do diálogo e convergência

entre ciência e sociedade poderão surgir as melhores estratégias em termos de uma sociedade justa, igualitária e democrática.

O processo construtivo em alvenaria estrutural busca de forma progressiva maneiras de racionalização, visando aumento da produção, redução dos desperdícios e, conseqüentemente, proporcionar melhores custos nas construções. Embora esse processo possua uma série de vantagens econômicas e práticas, ele ainda apresenta algumas desvantagens para as construções ditas de pequeno porte.

O presente trabalho de pesquisa busca contribuir para a redução dos desperdícios de materiais e mão-de-obra nas pequenas construções, trazendo uma proposta de racionalização através da utilização de novas peças cerâmicas, de maneira a aprimorar a técnicas e métodos nas construções, uma vez que a otimização e aplicabilidade de tecnologias eficazes constituem numa das alternativas para resolução da questão habitacional que perdura em nosso país.

## **1.2 - Objetivos**

### **1.2.1- Objetivos Gerais**

As alvenarias através dos tempos evoluíram, deixaram de ser pesadas, espessas e rígidas, tornaram-se delgadas e leves e os processos de produção mais industrializados. Entretanto ao lado da evolução das técnicas de projeto que proporcionam a execução de construções cada vez mais altas, as construções de pequeno porte, isto é, edificações com até dois pavimentos, tendem a ser negligenciadas pelas pesquisas de aprimoramento tecnológico. Neste sentido surge a necessidade de buscar soluções diferenciadas que contemplem também as construções mais leves.

Diante dessa necessidade, este trabalho de pesquisa objetiva propor uma nova morfologia de peças cerâmicas que possam atender as construções ditas de pequeno porte, permitindo que se obtenham melhores resultados para esse segmento.

### **1.2.1- Objetivos Específicos**

- Desenvolver uma nova morfologia de blocos cerâmicos.
- Determinar as propriedades dos materiais argilosos envolvidos em função da temperatura de queima (variações nas dimensões lineares, porosidade aparente, absorção de água, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão).
- Verificar a resistência à compressão dos blocos que compõem a nova morfologia.
- Estudar o comportamento dos prismas moldados com os blocos que compõem a nova morfologia.
- Realização de ensaios de parede para verificar seu comportamento e a determinação de sua eficiência.

### **1.3 - Organização do trabalho:**

O trabalho de pesquisa propõe uma nova morfologia em peças cerâmicas para a utilização em alvenaria estrutural. Para tanto, o texto se desenvolve em seis partes. Na primeira parte será apresentado um breve pano

de fundo a cerca do processo histórico de construção das políticas habitacionais e o déficit habitacional brasileiro, sendo recortado neste cenário o Município de Campos dos Goytacazes, apontando algumas particularidades locais. Em seguida foi resgatada a história da Alvenaria ao longo dos tempos.

No segundo momento, ensaios preliminares de laboratório foram realizados, com objetivo de caracterizar as propriedades físicas dos materiais argilosos que foram utilizados no presente trabalho. O capítulo quatro apresenta as peças cerâmicas da nova morfologia, suas características e funcionalidades na execução da obra.

De posse das informações anteriores, ensaios experimentais de blocos, prismas e de parede deram continuidade aos estudos de maneira verificar se as unidades que serão produzidas atingirão os objetivos a que se destinam.

Na quinta etapa do estudo foi realizado um exemplo numérico com as características de um imóvel de padrão médio, a fim de avaliar a proposta técnica da morfologia em construções desse porte.

Concluimos o trabalho com a retomada dos aspectos de maior relevância e a aplicabilidade da morfologia no cotidiano.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1- Introdução: Habitação uma necessidade básica.

Desde os primórdios da história, o homem possui a necessidade de se abrigar. O ser humano é incapaz de sobreviver aos efeitos dos elementos naturais sem proteção. Abrigar-se é uma característica inerente ao ser humano assim como: alimentar-se, respirar, etc.

Abrigar-se dos elementos naturais é algo instintivo, e os povos primitivos já utilizavam abrigos em espaços naturais (cavernas, árvores) como forma de garantir sua segurança e descanso.

Com o desenvolvimento das habilidades humanas de interação com a natureza a seu redor, o homem começou a empregar diversos materiais na construção de seus abrigos: as peles de animais, pedras, troncos de árvores e a terra crua ou queimada. Na medida em que avançava a capacidade de interação e manuseio do homem e os elementos do mundo natural, o seu abrigo ia se tornando cada vez mais elaborado e resistente.

Na civilização atual a habitação passa assumir múltiplas funções transcendendo a sua finalidade básica de proteção. O espaço domiciliar passa a ser o terreno da vida em coletividade, da socialização dos indivíduos, da origem das questões organizacionais da vida cotidiana e de toda trama social. Segundo Santos: 1999, "A habitação é uma necessidade básica do ser

humano, de modo que toda família é uma demandante em potencial do bem de habitação”.

A habitação na contemporaneidade ultrapassa sua finalidade primordial de abrigar e vai além da aplicabilidade de conhecimentos técnicos - científicos da engenharia e dispositivos que atendem necessidades físicas do homem. Incorporou elementos representativos de um tempo, símbolo de sentimentos e status e dignidade para o homem. O conceito de habitação não pode ser simplificado a uma unidade isolada de domicílio. Deve envolver um ampliado conjunto de determinações físicas e sociais que venham a garantir as necessidades básicas do homem em sociedade (Azevedo:2003). Deste modo pode se entender como habitação adequada à solidificação da cidadania, a moradia que está para além do mero abrigo, que possua estruturas físicas que garantam uma vida sadia, ofereça aos seus residentes segurança e integridade, proporcione acesso a infra-estruturas e serviços.

Embora a habitação de qualidade seja um dos protagonistas centrais à construção da cidadania e um direito básico, garantido pelo Art 6º da Constituição Federal Brasileira, em vigor por meio da Emenda Constitucional 26/2000, todavia esse direito não é garantido perante grande parcela da população.

Art. 6º- São direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção, à maternidade e a infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição.

A questão habitacional pode ser considerada nos dias atuais como uma das mais urgentes problemáticas a ser enfrentada pelas políticas sociais urbanas e sua execução demanda grande afincamento e rigor técnico. A solução ou minoração da questão habitacional brasileira poderia vir a contribuir de maneira significativa contra a exclusão social nos meios urbanos.

Este avanço como aponta Rolnik: 2002, In: Bárbara: 2003, produziria efeitos significativos sobre alguns problemas urbanos, entre eles: a violência e o desemprego.

## **2.2- O Sistema Habitacional Brasileiro: Uma breve análise das políticas habitacionais no país.**

No Brasil, os caminhos da habitação popular passaram por três grandes momentos históricos: o Estado “regulador da ordem” da década de 1930, o Estado “empreendedor desenvolvimentista” existente até a década de 1980 e o Estado “neoliberal” dos dias atuais.

Na primeira etapa da industrialização brasileira (1889 - 1929) os cortiços, figura 2.1, são identificados como tipo mais comum de habitação popular. Os cortiços podem ser caracterizados como habitações precárias, em que seus moradores compartilham de forma coletiva diversos ambientes, normalmente pequenos em relação ao número de moradores.



Figura 2.1 – Cortiços

Enquanto edificação, o cortiço é construído em alvenaria, normalmente insalubre, apresentando quase sempre instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias obsoletas e deterioradas. Os cortiços formam neste período a forma mais espontânea para a provisão de habitação para classes de baixa renda.

Em decorrência da expressiva migração para as cidades, os cortiços iam se popularizando e começaram a representar perigo à saúde coletiva da população urbana, exigindo das autoridades da época medidas interventivas na questão habitacional e higienização.

Esta 'solução' popular para as dificuldades de trabalhadores, ou seja, as habitações coletivas se transformaram em um problema para toda a sociedade e passaram a ser tidas como uma forma de habitar 'não racional e pouco civilizada', provocadora de males sociais e do caráter dos trabalhadores', enquanto seus proprietários ou arrendatários eram acusados de 'especuladores, gananciosos e exploradores da miséria do povo'. (Ribeiro & Pechmam: 1983, In: Silva: 2000)

Os cortiços passam a ser combatidos veemente pelo poder público e aos poucos dão lugar a proliferação de favelas, erguidas em locais impróprios para construção e sem infra-estrutura de saneamento.

[...] a favela só se tornará visível no Rio por volta dos anos de 1940 (século XX), quando o Estado ensaiará os primeiros passos no sentido de intervir na questão habitacional. Assim mesmo, tal intervenção terá muito mais um caráter paliativo do que uma solução para o problema[...] (Ribeiro & Pechmam :1983, In: Silva:2000)

Após 1930, o desenvolvimento industrial elevado promoveu uma crescente migração rural-urbana dilatando os centros urbanos, sobretudo na região sudeste. A área urbanizada expandiu vertiginosamente, passando de 6,8% para 10,7 %. Em 1940 a taxa de urbanização atingiu o índice de 31,24%, com a população urbana passando de 4.552.000 pessoas. Na década seguinte

(1950) os números aumentaram para 6.208.699 fazendo multiplicar as zonas de periferia (Santos: 1994).

Neste momento a situação alarmante exige que o Estado atue de alguma maneira na questão habitacional, viabilizando políticas de reestruturação das cidades e incentivo à construções de habitações de forma a minorar a invasão de terrenos urbanos e processos de favelização dos centros urbanos. Para isso foram incentivadas construções destinadas à locação e construção de vilas operárias.

[...]a produção rentista propiciou o surgimento de várias modalidades de moradia para o aluguel. Uma delas foi a vila operária, sob forma de pequenas moradias unifamiliares construídas em série [...] Existiam duas modalidades de vilas operárias: o assentamento habitacional promovido pelas empresas destinado aos seus funcionários e a outra produzida por investidores privados destinado ao mercado de locação. (Bonduki: 1998, In: Silva: 2000)

No período Getulista (1930-1945) as iniciativas governamentais sobre a questão da habitação são observáveis por intermédio dos Institutos de Aposentadorias e Pensões - IAP's que recebem incentivos do governo para a criação de programas de construção de vilas operárias. (figura 2.2).

Os programas custeados pelas IAP's limitavam-se a atender os trabalhadores inseridos no mercado formal e, mesmo assim, de forma incompleta. Pois era de prioridade dos fundos os empréstimos habitacionais para o mercado consumidor médio, excluindo os trabalhadores de menor renda.

No período Getulista também emergem programas como a "Fundação da Casa Popular", desenvolvidos com recursos orçamentários exclusivos da União, que possuía como meta a remoção de favelas com verbas obtidas no exterior.



Figura 2.2 - Vilas Operárias do período getulista

Nos anos de 1960 o quadro urbano confirma o expressivo êxodo rural, tensão nas favelas e metropolização crescente. O país passava por várias alterações em diversas esferas: política, econômica e social. No primeiro momento da crise, iniciada em 1961, desencadeou um processo de recessão que perdurou até 1967. A alternativa encontrada para o enfrentamento da crise, foi a utilização de instrumentos considerados “clássicos” para esse fim: corte nos gastos públicos, aumento da carga tributária e controle salarial. Todas estas medidas buscavam diminuir o índice inflacionário do país, de maneira a ganhar confiança dos investidores estrangeiros e atrair seus capitais.

Por meio da manipulação política é apresentado à sociedade brasileira “o milagre econômico” que se assentou em duas bases: o endividamento externo para obtenção da tecnologia estrangeira, processos de infra estrutura (construção de portos , rodovias, ferrovias etc) e programas de incentivo ao crédito.

Todo o “milagre” de desenvolvimento não demorou muito para demonstrar sinais de seu esgotamento. Pois todo o crescimento acelerado da indústria de bens de consumo duráveis em um país, como o Brasil, cuja base da pirâmide social (a mão de obra assalariada) é severamente subalternizada e não possui acesso aos bens produzidos por ela, tende a fracassar.

Na esfera social o novo padrão adotado pelo Estado assume o caráter interventivo de “antecipação” das necessidades populacionais. Propondo a ser o fiador de um “novo pacto social”, que garantiria um conjunto de infra estruturas e recriação de programas assistenciais redimensionando a questão social.

No aspecto que tange a habitação, o Estado seria o responsável direto pela infra-estrutura, a salubridade e segurança, controle sobre as zonas urbanas construídas, regulamentação das taxas de ocupação (lotes, bairros, áreas verdes etc).

Após o golpe militar de 1964 o governo federal propôs a construção de habitações em massa através de um ambicioso programa de captação de recursos e de financiamento. No mesmo ano é lançado pelo governo o Banco Nacional de Habitação - BNH<sup>1</sup>. Os objetivos eram promover o estímulo às agências privadas de crédito imobiliário e acelerar o setor da construção civil no país.

Foi enfatizada a produção de casas para venda, estimulando a indústria da construção civil e assim aumentando a oferta de empregos com baixa qualificação para se amenizar os possíveis efeitos que o controle da inflação, naquele período, pudessem provocar. A questão da moradia mudaria de foco, tendo a provisão de empregos como meta e a produção de moradia como meio que fornecia um subproduto politicamente desejável. (Taschner:1997, In)

---

<sup>1</sup> LEI N. 4.380, DE 21 DE AGÔSTO DE 1964 :Institui a correção monetária nos contratos imobiliários de interesse social, o sistema financeiro para aquisição da casa própria, cria o Banco Nacional da Habitação (BNH), e Sociedades de Crédito Imobiliário, as Letras Imobiliárias, o Serviço Federal de Habitação e Urbanismo e dá outras providências

\* **Art. 1º** O Governo Federal, através do Ministro de Planejamento, formulará a política nacional de habitação e de planejamento territorial, coordenando a ação dos órgãos públicos e orientando a iniciativa privada no sentido de estimular a construção de habitações de interesse social e o financiamento da aquisição da casa própria, especialmente pelas classes da população de menor renda.

A proposta do modelo BNH segundo Andrade & Azevedo (1982) era a de criar um sistema de financiamento captando recursos do FGTS redirecionando os fundos para o financiamento de crédito a construção civil.

Para melhor operacionalização, programas e entidades institucionais foram criadas integrando o sistema BNH, descentralizando as ações por níveis e redistribuindo os recursos de acordo com autarquias.

O sistema BNH foi alvo de inúmeras críticas, o alvo principal apontado era sua incapacidade em atingir às camadas subalternizadas da população (com renda entre 0-3 salários mínimos) e o caráter classista dos programas que priorizava determinados grupos de trabalhadores (bancários, portuários, ferroviários, etc.). Esta impotencialidade de estar atingindo os mais pauperizados decorria das contradições existentes intrinsecamente aos dois grandes objetivos da política habitacional do BNH: o de promover o crescimento econômico, por intermédio dos efeitos multiplicadores da construção civil nos outros setores; e o de amenizar a demanda habitacional de forma generalizada, impulsionando um “boom” imobiliário. Estes dois objetivos colidiam com a idéia de habitação popular ou habitação de interesse social<sup>2</sup> (figura 2.3), visto como não rentável, destinado as camadas subalternizadas



Figura 2.3 – Modelo habitacional BNH

<sup>2</sup> Habitação popular é um termo genérico que define uma determinada solução de moradia voltada para a população de baixa renda. A habitação de interesse social é um termo utilizado pelo extinto BNH envolvendo seus programas para faixas de menor renda.

De acordo com análise de Povia (2002), dado os altos custos dos empreendimentos imobiliários e o baixo poder aquisitivo das famílias brasileiras empobrecidas em decorrência do “arrocho salarial” enfrentado na época, o índice de inadimplência se elevou obrigando um redirecionamento da forma de crédito do sistema BNH. A partir da segunda metade da década de 1970, foram incentivados programas de financiamento de menores valores, destinados à auto construção, proliferando venda de lotes urbanos.

Outra via adotada na questão da habitação de baixa renda (figura 2.4), foi a remoção da população residente em favelas para conjuntos habitacionais. Medida esta que não surtiu o efeito esperado em decorrência da precariedade dos conjuntos construídos, escassos serviços de infra-estrutura e sua inadequação às necessidades dos moradores (número de cômodos e o reduzido tamanho).

Sem o respaldo necessário, muitos conjuntos habitacionais construídos tornaram-se “bairros periféricos dormitórios”.



Figura 2.4 - Conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda

Na segunda metade dos anos 1980, quando se implantou a chamada Nova República, o Banco Nacional da Habitação - BNH enfrentava grave crise

institucional que culminou com sua falência e fechamento em 1986, promovendo um vácuo nas políticas habitacionais brasileiras. Após esta data, a Caixa Econômica Federal incorpora as atividades do BNH. A área de habitação permanece vinculada ao Ministério de Desenvolvimento Urbano - MDU, mas passa a ser gerida pela Caixa Econômica Federal - CEF que, por sua vez, não pertence a este Ministério, mas ao Ministério da Fazenda.

Em março de 1987, o MDU é transformado em Ministério da Habitação, Urbanismo e Meio Ambiente, que acumula além das competências do antigo MDU, a gestão das políticas de transportes urbanos e a incorporação da Caixa Econômica Federal.

Em setembro de 1988 surgem novas alterações, é criado o Ministério da Habitação e do Bem-Estar Social – MBES que tem entre suas atribuições a política habitacional. Em março de 1989, é extinto o MBES e cria-se a Secretaria Especial de Habitação e Ação Comunitária – SEAC, sob competência do Ministério do Interior.

Os inúmeros procedimentos adotados no gerenciamento e administração das políticas habitacionais repercutiram em uma desarticulação do Estado na questão, sendo um período marcado pela recessão.

No governo José Sarney (1985-1989) os programas habitacionais por intermédio do SEAC deram origem aos Mutirões Habitacionais. Rapidamente esta forma de execução de política habitacional foi inviabilizada em decorrência da grande dependência de recursos orçamentários exclusivos da União, sendo, portanto extinto em 1996. Neste período algumas intervenções descentralizadas foram vistas por alguns Estados e Municípios, mas de forma não expressiva.

Segundo Azevedo: 1996 o governo Collor atuou na área da habitação, dando continuidade a um padrão que iniciou no governo Sarney, marcado por processos de burocratização e clientelismo de recursos e formas de gestão. O Plano de Ação Imediata para a Habitação, lançado em 1990, sugere o apoio

financeiro à programas de construção de unidades e oferta de lotes urbanizados, para o atendimento de famílias com renda até cinco salários mínimos.

Houve incentivo a intervenção na habitação popular com critérios e financiamentos próprios. Custeando assim projetos como COHABs, CEHABs, Prefeituras Municipais, Cooperativas, etc... Outra ação do governo Collor, no ano de 1991, foi facilitar a quitação da casa própria (casas construídas no período BNH) pela metade do saldo devedor ou pelo pagamento das mensalidades restantes sem juros ou correção monetária, através dos recursos retidos compulsoriamente pelo governo.

No governo Itamar Franco é acentuado o processo de descentralização das ações habitacionais. O incentivo aos "Fundos e Conselhos" estaduais e municipais para criação de programas de habitação popular. Priorizou a conclusão das obras iniciadas na gestão anterior, e lançou os programas "Habitar Brasil" e "Morar Município", com recursos proveniente do Orçamento da União e do Imposto Provisório sobre Movimentações Financeiras (IPMF). Ações que na prática nunca se concretizaram. As intervenções destes programas priorizavam suas ações na: produção de moradias populares, urbanização de favelas, lotes urbanizados e melhoria de habitações já construídas.

O governo Fernando Henrique (1994 - 2002) propõe um novo sistema habitacional denominado Sistema Financeiro Imobiliário - SFI, que priorizava a concessão de créditos diretamente ao comprador, distinguindo claramente as fontes de financiamento para população de baixa renda.

Neste período, o governo estimou um déficit habitacional da ordem de 4 milhões de unidades habitacionais urbanas e 1,6 milhões de unidades habitacionais rurais, além da necessidade de melhoria em outras 5,3 milhões de unidades. O governo passou a empreender uma reforma mais efetiva do setor habitacional aliada à política urbana de saneamento básico das zonas periféricas. A promoção de diversos programas, alguns por intermédio da Caixa

Econômica, com recursos do FGTS beneficiou várias classes da sociedade. Entre eles o Crédito Direto ao Cidadão, conhecidos como “Créd Mac” e “Créd Casa”, que buscavam atender famílias com renda de até 8 salários mínimos, o “Habitar Brasil” destinado a famílias carentes de baixa renda e programas para o financiamento de materiais de construção também recebeu incentivo do governo Federal.

No ano de 2001 surge o Estatuto das Cidades<sup>3</sup>, após 10 anos em tramitação, em resposta às demandas sociais civis, o chamado “Estatuto das Cidades” que veio assegurar a ampliação da justiça social nas cidades envolvendo: o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte, aos serviços públicos e ao lazer. Sendo a sua execução de responsabilidade dos Municípios, que devem traçar leis e diretrizes para que sejam viabilizados os direitos expressos no Estatuto das Cidades.

A lei de 2001 encontrou um país marcado por um índice de urbanização em crescimento acelerado, com severa concentração populacional nos grandes centros em que o índice de ocupação do espaço urbano subiu de 31% em 1940 para 81% em 2000. (IBGE,2000)

O governo Luiz Inácio Lula da Silva traz uma nova proposta para o desenvolvimento de Políticas Habitacionais para o país, criando o “Ministério das Cidades”<sup>4</sup>. Seu objetivo é formular e executar uma nova política de habitação integrada a uma política de desenvolvimento urbano e social. Incentivando formações de parcerias da própria sociedade, o poder público municipal, estadual e federal.

---

<sup>3</sup> Lei nº 10.257 - 10 de julho 2001 que regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal.

<sup>4</sup> Mais dados disponíveis em <http://www.cidades.gov.br>

### 2.3 - A realidade habitacional brasileira: o déficit e a precariedade dos centros urbanos.

A dinamicidade e complexidade da questão habitacional brasileira na atualidade só podem ser entendidas a partir de sua raiz histórica de ineficiência e abandono do assunto pelo poder público. As políticas de habitação lançadas no Brasil, nunca foram capazes de enfrentar o desafio da questão habitacional de forma adequada.

Resumindo, a atuação Federal: no período populista, ambígua; no período militar na primeira metade, autoritária, preconizando remoção de favelas e a transferência de seus moradores para conjuntos periféricos; a partir de 1975, mais flexível, proporcionando programas diferenciados e permitindo a urbanização de favelas. A partir de 1984, foi confusa, clientelista e desorganizada. (Taschner:1997, In: Silva: 2000)

Em 1940 a população brasileira residente no meio urbano era de 1/3, no campo esta faixa era de 2/3. Nas duas próximas décadas chegou a 50% da população pertencente ao solo urbano e a outra metade no meio rural. Nas décadas seguintes este número veio a se multiplicar de forma muito mais intensa, sendo que na atualidade, mais de 80% da população pertence a grande metrópole<sup>5</sup>. A tabela 2.1, mostra a população residente nas zonas urbana e rural no ano 2000.

---

<sup>5</sup> Fonte dos dados estatísticos; Fundação João Pinheiro. "Déficit Habitacional no Brasil 2000". SEDU-PR, Projeto PNUD BRA - 00/019, Programa Habitar Brasil - BID. Belo Horizonte Dezembro de 2001.

\*Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000; Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios (PNAD), 1999 (microdados).

\*[http://www.moradia.org.br/nec\\_fontes.htm](http://www.moradia.org.br/nec_fontes.htm)<http://www.moradia.org.br/moradia/index.php>  
acessado em: 14/04/2005

Tabela 2.1 - População residente nas zonas urbana e rural no ano 2000.

POPULAÇÃO RESIDENTE 2000*		%
Urbana	137.755.550	81,2%
Rural	31.835.143	19,8%
Total	169.590.693	100%
*resultados preliminares (tabela 3.2, p.26; 3.3, p.27). Elaboração Fundação João Pinheiro (FJP), Centro de Estatística e Informações (CEI)		

Os centros urbanos brasileiros cresceram muito, em um curto espaço de tempo, sem que este processo fosse aprofundado em uma organização espacial urbanística de infra-estrutura. Os problemas habitacionais tendem proporcionalmente tornar-se mais graves em aglomerações populacionais maiores, gerando inevitavelmente outras problemáticas. Nestes locais, os agentes do governo e formuladores de políticas de gestão urbana, devem intensificar soluções aos problemas de moradia e de qualidade de vida da população.

No país, segundo o levantamento estatístico realizado pela Fundação João Pinheiro (2001), a falta de moradia é um problema que atinge mais de 14% dos brasileiros, tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Déficit habitacional Brasil em 200

DÉFICIT HABITACIONAL BRASIL 2000*	
Área urbana	5.414.944 (14,5% dos domicílios particulares permanentes)
Área rural	1.241.582 (16,5% dos domicílios particulares permanentes)
Total	6.656.526 (14,8% dos domicílios particulares permanentes)
*estimativas (tabela 4.11 “Estimativa do Déficit Habitacional – Brasil”, p.59)	

Este índice tende a se elevar muito mais quando passamos a considerar a existência de um déficit habitacional *qualitativo*, que envolve: moradias urbanas construídas há mais de 50 anos, classificadas como inadequadas pelo estado de conservação, exigindo cuidados especiais; a precariedade de domicílios improvisados e rústicos, subdivisão das residências, em que um domicílio passa a abrigar várias famílias.

Expandindo a lista do déficit *qualitativo*, podemos ainda adicionar famílias cuja renda mensal é de até três salários mínimos, que despendem 30% ou mais da renda com o pagamento de aluguel, consideradas potenciais desabrigados decorrente do ônus excessivo de aluguel. (Fundação João Pinheiro: 2001), tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Consolidação das estimativas dos componentes do déficit habitacional Brasil 2000

CONSOLIDAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DOS COMPONENTES DO DÉFICIT HABITACIONAL BRASIL 2000 DOMICÍLIOS		INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:
Coabitação familiar	3.731.839 • 56,1% População estimada – 9.849.137	3.276.789 – áreas urbanas
		455.050 – áreas rurais
Ônus excessivo de aluguel (somente para áreas urbanas)	1.212.766 • 18,2% População estimada – 3.778.281	
Habitação Precária (Domicílios improvisados e rústicos)	1.594.923 • 24,0% População estimada – 6.152.537**	808.391 – áreas urbanas
		786.532 – áreas rurais
Reposição por Depreciação (somente para áreas urbanas)	116.998 • 1,7% População estimada – 411.031	
Brasil *** Déficit Habitacional Total	6.656.526 • 100,0% População estimada – 20.190.986	5.414.944 – áreas urbanas
		1.241.582 – áreas rurais
<p>Fonte: FJP / CEI. Tabelas 4.12-A e B e 4.18. Consolidação das Estimativas dos Componentes do Déficit Habitacional e de Moradores – Brasil 2000” (p.62/63 e 75).</p> <p>**Apenas moradores em domicílios rústicos.</p> <p>***Excluindo déficit habitacional rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá.</p>		

A nível estadual a realidade também não se configura de forma diferente do nível nacional. No Estado do Rio de Janeiro encontramos um déficit habitacional de quase 12%, tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Déficit habitacional no estado do Rio de Janeiro 2000

<b>DÉFICIT HABITACIONAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2000*</b>		
	Rio de Janeiro (Região Metropolitana)	Rio de Janeiro (Interior do Estado)
Área urbana	388.319 11,7% dos domicílios particulares permanentes	494.199 12,1% dos domicílios particulares permanentes
Área rural	2.486 9,3% dos domicílios particulares permanentes	11.088 7,1% dos domicílios particulares permanentes
Total	390.805 11,7% dos domicílios particulares permanentes	505.287 11,9% dos domicílios particulares permanentes
*estimativas (tabela 4.11 "Estimativa do Déficit Habitacional – Brasil", p.59)		

Na tabela 2.5 mostra a consolidação das estimativas dos componentes do déficit habitacional no Rio de Janeiro 2000

Tabela 2.5 - Consolidação das estimativas dos componentes do déficit habitacional no Rio de Janeiro 2000.

<b>CONSOLIDAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DOS COMPONENTES DO DÉFICIT HABITACIONAL RIO DE JANEIRO 2000 DOMICÍLIOS</b>		<b>INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES</b>
Coabitação familiar	RM Rio de Janeiro - 274.736 Estado 338.266 • 66,9%	328.452 – áreas urbanas
	População estimada – 868.809	9.814 – áreas rurais
Ônus excessivo de aluguel (somente para áreas urbanas)	RM Rio de Janeiro - 79.001 Estado 108.606 • 21,5%	
	População estimada – 299.908	
Habitação Precária (Domicílios improvisados e rústicos)	RM Rio de Janeiro - 15.780 Estado 26.820 • 5,3%	25.546 – áreas urbanas
	População estimada – 61.852**	1.274 – áreas rurais
Reposição por Depreciação (somente para áreas urbanas)	RM Rio de Janeiro - 21.288 Estado 31.595 • 6,3%	
	População estimada – 94.785	
RIO DE JANEIRO Déficit Habitacional Total	RM Rio de Janeiro - 390.805 Estado 505.287 • 100,0%	494.199 – áreas urbanas
	População estimada – 1.325.354	11.088 – áreas rurais

Fonte: FJP / CEI. Tabelas 4.12-A e B e 4.18. Consolidação das Estimativas dos Componentes do Déficit Habitacional e de Moradores – Brasil 2000” (p.62/63/64 e 75).

\*\*Apenas moradores em domicílios rústicos

Pode se observar que as famílias que mais sofrem com o problema habitacional, em todos os níveis nacional, estadual e municipal, são as que possuem renda de até três salários mínimos. As famílias de baixa renda enfrentam problemas não somente com a ausência de abrigo, mas também com a inadequação destes abrigos e o excesso de moradores por domicílios.

A tabela 2.6 mostra a inadequação habitacional por componentes no Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 2.6 - Inadequação habitacional por componentes no Estado do Rio de Janeiro

<b>INADEQUAÇÃO HABITACIONAL POR COMPONENTES RIO DE JANEIRO (*) 2000 • ÁREA URBANA</b>		<b>INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:</b>
Densidade Excessiva de Moradores (1) (Domicílios Urbanos Duráveis = 4.081.722 – RM 3.329.490)	214.618	casas – 192.175; apartamentos e cômodos – 22.444. 45,0% têm renda de até 3 SM; 21,4% de 3 a 5; 24,1%, de 5 a 10; e 7,4%, mais de 10.
Inadequação Fundiária (2) (Base: Casas e cômodos próprios - 3.107.730)	118.741	32,1% têm renda de até 3 SM; 17,2%, de 3 a 5; 21,7%, de 5 a 10; e 28,0%, mais de 10.
Domicílios que Necessitam de Cuidados Especiais em Função de Depreciação (3)(Domicílios urbanos permanentes)	213.392	5,2% dos domicílios urbanos permanentes
Carência de Serviços de Infra-estrutura Básica (4) (Domicílios urbanos duráveis)	751.208	18,4% dos domicílios urbanos duráveis – 4.081.722. 46,7% têm renda de até 3 SM; 25,0%, de 3 a 5; 20,4%, de 5 a 10; e 6,8%, mais de 10.
Inexistência de Unidade Sanitária Domiciliar Interna (5) (Domicílios Urbanos Duráveis = 4.081.722)	43.630	25.966, carente por infra-estrutura e 17.664, não carente por infra-estrutura. 66,9% têm renda de até 3 SM; 13,4%, de 3 a 5; 12,5%, de 5 a 10; e 3,6%, mais de 10.
Fonte: FJP / CEI. 1- Tabelas 5.1 e 5.2 (p.79 e 81); 2 – Tabela 5.3 (p. 84); 3 – Tabela 5.4 (p. 87); 4 – Tabelas 5.6, 5.7 e 5.8 (p. 91, 92 e 97); 5 – Tabelas 5.17 e 5.18 (p. 112 e 113).		

### 2.3.1 - O Município de Campos dos Goytacazes e a habitação: contradições sociais em meio da diversidade dos horizontes.

O município de Campos dos Goytacazes, localizado no Norte do Estado do Rio de Janeiro, também denominada de região Norte Fluminense é atualmente formado por 14 distritos, ver figura 2.5, sendo destes o primeiro distrito da cidade, a localidade de Campos. De acordo com o último Censo Demográfico, realizado pelo IBGE, a população do Município de Campos dos Goytacazes, em 2000, era de 406.989 habitantes, sendo a maioria pertencente à área considerada urbana.

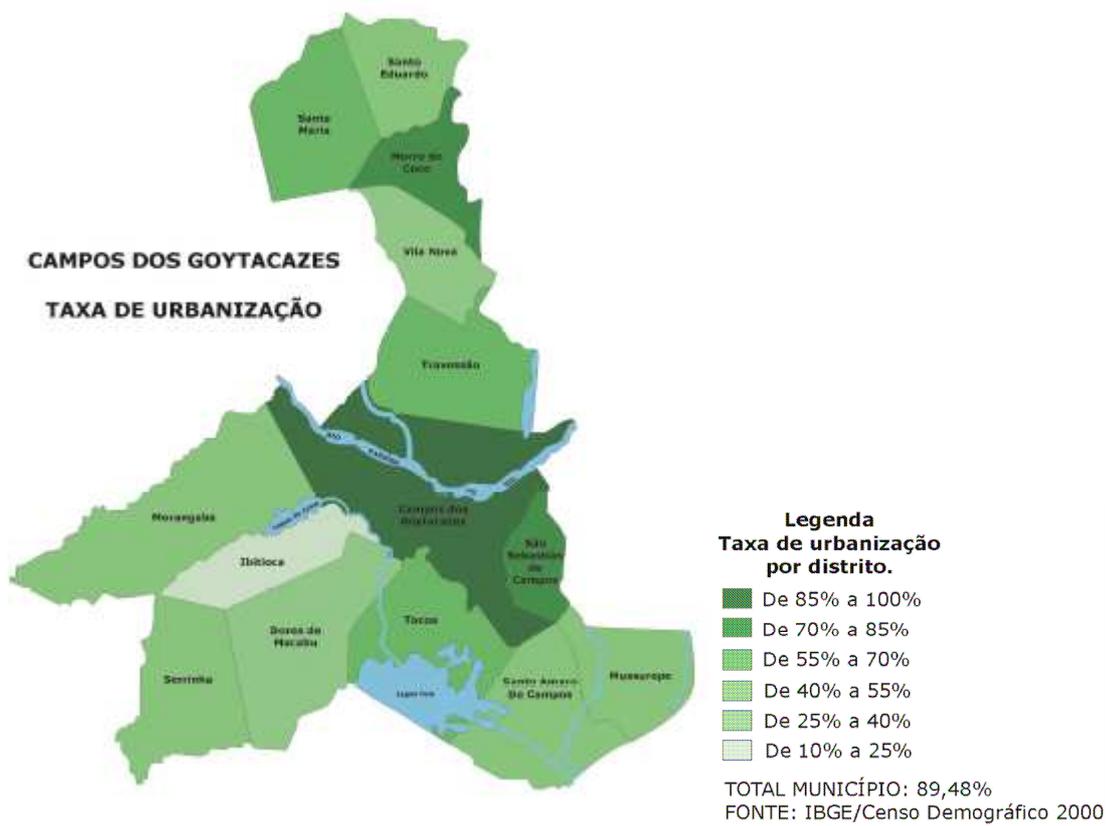


Figura 2.5 - Mapa do Município de Campos dos Goytacazes ( Fonte : CIDAC- Campos

Considerada a oitava maior cidade em população do Estado e a primeira colocada fora da Região Metropolitana do Rio de Janeiro é caracterizada;

“[...] também pelo paradoxo de ter sido área tradicionalmente grande produtora de cana e açúcar, com grande projeção nacional, e de ser, hoje, responsável por mais de 80% da produção brasileira de petróleo, por um lado; por outro, de figurar entre as regiões de menor desenvolvimento do país, considerando-se os aspectos das desigualdades de renda, da qualidade de vida e bem-estar, dos níveis e condições de pobreza e de emprego, e do dinamismo da sua economia.” (Viana, 2002).

Na tabela 2.7, os oito municípios mais populosos do Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 2.7 - Os municípios mais populosos do Estado do Rio de Janeiro.

<b>População Residente de alguns Municípios do Estado do Rio de Janeiro – 2000</b>	
Município	População
Rio de Janeiro	5.857.904
Nova Iguaçu	920.599
São Gonçalo	891.119
Duque de Caxias	775.456
Niterói	459.451
São João de Meriti	449.476
Belford Roxo	434.474
Campos dos Goytacazes	406.989

(Fonte: IBGE, Censo Demográfico – 2000)

Este fato contraditório de riqueza e miséria em um mesmo cenário é confirmado, quando observamos dados obtidos no Índice de Desenvolvimento Humano IDH do IBGE e contrapormos aos dados referentes à injeção maciça de *royalties* e outras participações especiais nos orçamentos dos municípios da região, uma vez que estes podem proporcionar maiores e melhores poderes de gestão e autonomia para investimentos em políticas públicas, resultando uma melhor qualidade de vida a população.(Viana, 2002).

Na tabela 2.8, temos a classificação de alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro quanto ao seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Tabela 2.8 - Classificação de alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro quanto ao seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

Município	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Niterói	73,49	96,45	95,25	809,18	0,808	0,960	0,890	0,886	1	3
Rio de Janeiro	70,26	95,59	88,62	596,65	0,754	0,933	0,840	0,842	2	60
Itatiaia	71,95	91,99	84,39	84,39	0,783	0,895	0,722	0,800	8	567
Pinheiral	72,34	92,42	88,30	240,53	0,789	0,910	0,688	0,796	10	649
Quatis	74,07	89,41	81,65	237,54	0,818	0,868	0,686	0,791	13	789
Macaé	67,63	92,12	82,34	392,94	0,710	0,889	0,770	0,790	17	815
Campos	66,80	89,91	80,40	247,20	0,697	0,867	0,693	0,752	54	1818

(fonte: IBGE 2000)

Legenda:

A = Esperança de vida ao nascer (em anos);

B = Taxa de alfabetização de adultos (%);

C = Taxa bruta de frequência escolar (%);

D = Renda per capita (em R\$ de 2000);

E = Índice de longevidade (IDHM-L);

F = Índice de educação (IDHM-E);

G = Índice de renda (IDHM-R);

H = (IDH-M);

I = Posição na UF;

J = Posição Nacional.

Os indicadores sociais embora sejam um instrumento imprescindível para o conhecimento da realidade a cerca de determinado assunto e conseqüentemente a proposição de políticas públicas, muitos desses dados encontram-se desatualizados. Os dados apresentados a seguir fazem parte da pesquisa realizada pelo CIDE em parceria com o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional da UFRJ no ano de 2001. De acordo com este estudo a população do município em 2001 era em torno de 90.292 habitantes e o déficit habitacional representava 11.094 domicílios, se atualizarmos esses números levando em consideração o grande processo de

migração para o município, que vem acontecendo nos últimos anos mais o crescimento populacional, esses números tendem a ampliar em grande escala.

Como em nível nacional e estadual a realidade da falta de moradia se repete a nível municipal em que as famílias mais carentes (com renda até 3 salários mínimos) são as que mais sofrem com esse problema. Os gráficos a seguir apontam os índices do déficit habitacional por faixa de renda no Estado do Rio de Janeiro (figura 2.6), na Região Norte Fluminense (figura 2.7), em seguida os índices do município de Campos dos Goytacazes sobre a carência e deficiência dos domicílios (figura 2.8). A fonte dos gráficos é o Estudo Sócio Econômico do Tribunal de contas do Estado do Rio de Janeiro (2002)

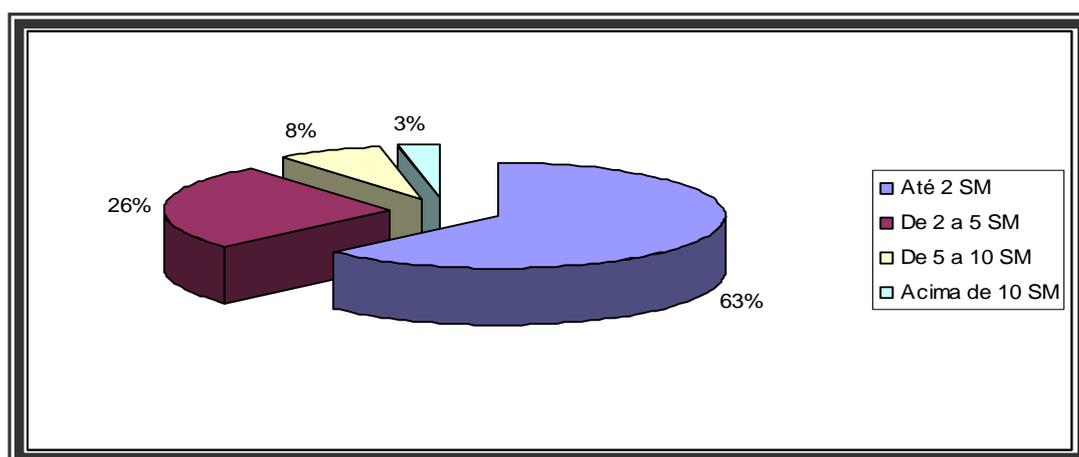


Figura 2.6 - Déficit habitacional por faixa de renda no Estado do Rio de Janeiro

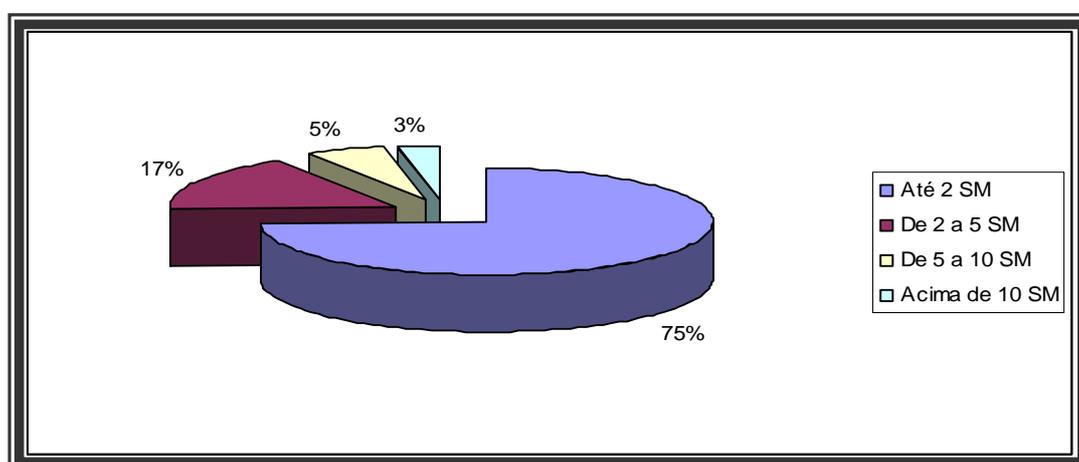


Figura 2.7 - Déficit habitacional por faixa de renda na Região Norte Fluminense

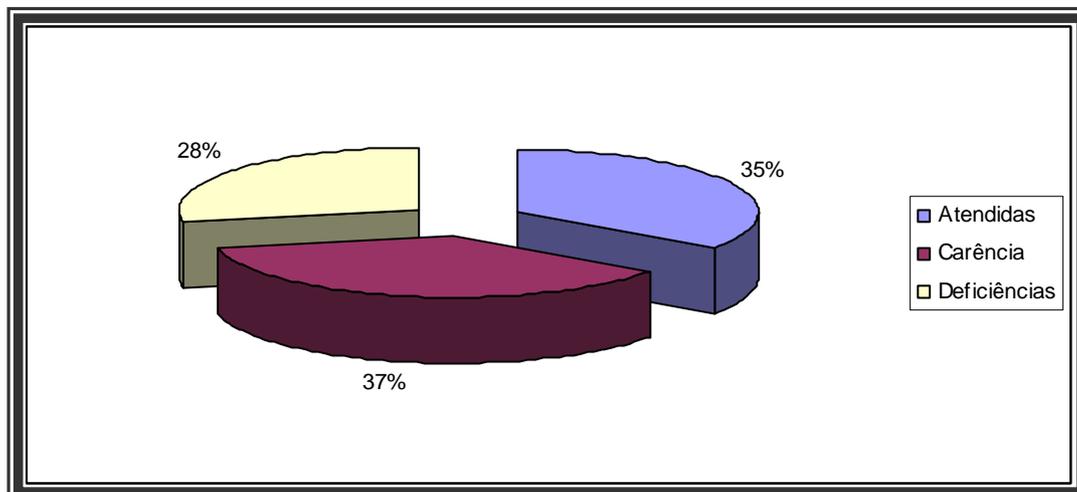


Figura 2.8 - Déficit habitacional no município de Campos dos Goytacazes, domicílios atendidos, carentes e deficientes

Embora este quadro seja nebuloso posto no presente, sabe-se que o município de Campos dos Goytacazes possui um enorme potencial de crescimento econômico, que deve ser incentivado, para que haja uma reversão desta situação. Outros setores que podem muito contribuir, em termos de atividades produtivas são: agropecuária, agroindústria do açúcar e a fruticultura, que vem se modernizando e ampliando por intermédio de pesquisas em suas respectivas áreas. Um recente caminho em plena expansão no município encontra-se ainda ao setor de serviços ligados à educação superior, estes muito podem contribuir como alavanca para outros setores. (Viana, 2002).

De acordo com dados obtidos, pelo Centro de Informações da Prefeitura de Campos dos Goytacazes, CIDAC<sup>6</sup> o município apresentou um Produto Interno Bruto (Preços Básicos) de R\$ 1.556.200,00; enquanto a Região somava R\$ 2.975.352,00. Em termos de participação no PIB, o município representou 52,3% do total da Região e 1,07% do Estado. (CIDE, 2003). Em destaques em seu PIB, em 2000, podemos citar:

- Aluguéis (33,1%),

<sup>6</sup> Mais dados disponíveis em <http://www.cidac.campos.rj.gov.br/>. Acessado em 05/02/2005

- Prestação de serviços (15,4%),
- Construção civil (11,4%),
- Transporte e comunicações (9,6%),
- Indústria de transformação (7,4%),
- Comércio varejista (6,6%),
- Agropecuária (4,0%),
- Outros (12,5%).

A figura 2.9 ilustra as principais fontes de arrecadação do município de Campos dos Goytacazes.

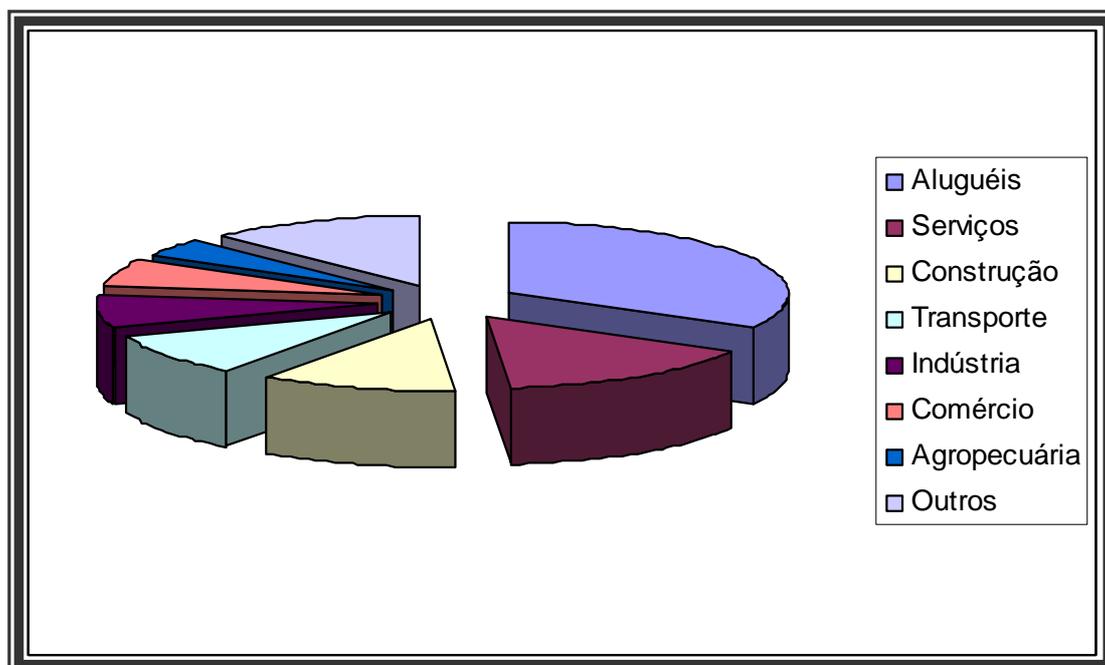


Figura 2.9 – Principais fontes de arrecadação do município de Campos dos Goytacazes

Como retratado no gráfico, as porcentagens somadas dos aluguéis e construção civil chegam ao correspondente a 44,5% do PIB municipal. Consta-se por meio desses dados que o incentivo na área da construção civil pode vir a contribuir em grande escala na melhoria da qualidade de vida<sup>7</sup> populacional no município. Com incremento do processo de edificações, o segmento industrial de olarias também seria impulsionado resultando em dois grandes aspectos imediatos:

a) Os empregos nas olarias, concentrados em Campos, beneficiariam diretamente os ex-trabalhadores rurais, que se encontram em desemprego. As olarias, atualmente em torno de 100, empregam cerca de 3.000 pessoas, segundo o sindicato dos empresários do ramo. Se estimuladas por incremento de pesquisas, melhoramento das peças cerâmicas e incentivos fiscais, poderiam multiplicar os empregos contribuindo assim para a redução do desemprego local.(Viana, 2002)

b) Com a produção de peças de alta tecnologia e maquinário eficiente, o custo dos materiais cerâmicos na região declinaria. Podendo também assim melhorar as condições de vida da população no que tange a habitação.

O desafio colocado é garantir a todos cidadãos o Direito à habitação de qualidade. Enquanto tal equacionamento não é solucionado de forma eficaz, medidas emergenciais e paliativas são postas a fim de minorar a questão. Outras maneiras de viabilizar a solução para a questão habitacional estão:

a) Nas propostas desenvolvidas para promover a construção por intervenção pública, os chamados programas sociais ou interesse social na esfera habitacional (descritos acima).

---

<sup>7</sup> A expressão qualidade de vida pode assumir diferentes significados assim: “Para Coimbra (1985), qualidade de vida é o somatório de fatores decorrentes da interação entre sociedade e ambiente, atingindo a vida no que concerne às suas necessidades biológicas e psíquicas. Essa orientação, no sentido de priorizar as necessidades, tem sido aceita, reconhecendo-se assim uma grande gama de variáveis distribuídas nas áreas físicas, psicológicas, sociais, material e estrutural”. ( in: Observatório Econômico da Região Norte Fluminense, Boletim nº 8, out/2002)

b) A venda facilitada por longos financiamentos de unidades acabadas, conjuntos habitacionais que são construídos com projetos de edifícios ou casas padronizadas, que resultam em uma implantação repetitiva e monótona, que nem sempre vem atender às reais necessidades dos usuários (número de cômodos reduzidos, localização e urbanização precárias).

c) O aluguel social, isto é, o aluguel de unidades construídas e de propriedade do Poder Público convertidas em moradias, consiste em outra prática adotada pelo governo na resolução da questão da moradia. Destinada às populações de baixa renda, também não vieram a surtir o efeito esperado, pois suas alocações lembravam os cortiços do início da década de 30 e demonstravam-se inadequadas para esse fim.

d) A auto construção, processo em que a população de posse dos terrenos oriundos de diversas formas de aquisição procura construir sua casa. Neste sistema, a família junto com amigos ou parentes, constrói a casa durante os fins de semana ou utilizando outros períodos livres, etapa por etapa. Devido à inexistência de orientação técnica e de disponibilidade restrita de recursos financeiros para a aquisição de materiais de construção, o resultado obtido é precário. As moradias assim construídas muitas vezes apresentam problemas estruturais e de impermeabilização. Um outro ponto em questão é o desperdício de materiais e de mão-de-obra em um processo construtivo realizado desta forma. (figura 2.10).

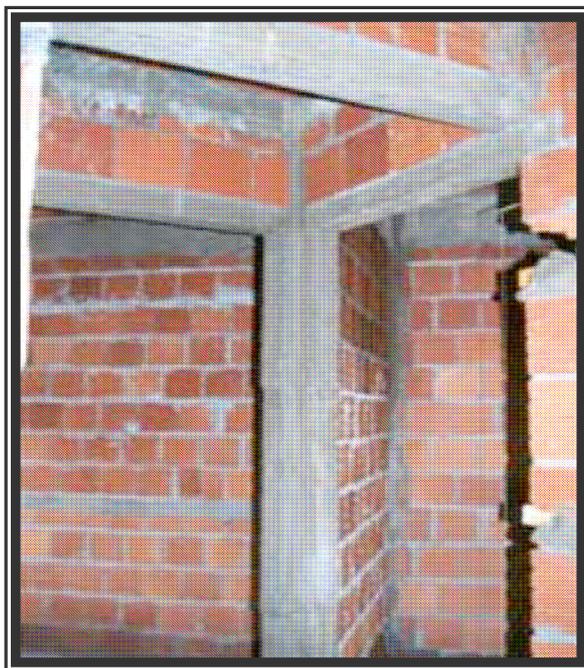


Figura 2.10 - Precariedade e desperdícios nas edificações sem orientação técnica

e) O lote urbanizado constitui-se em uma alternativa habitacional no qual o Poder Público oferece um lote demarcado em um conjunto de lotes, em meio urbano, legalizado, e com infra-estrutura urbana básica. A problemática envolvida nesta alternativa está na auto construção por aqueles que são contemplados com os terrenos. (descrita anteriormente).

f) A urbanização das favelas, proposta extremamente difundida por governos municipais. A idéia é trazer infra-estrutura e melhoria nas moradias das pessoas residentes nas zonas periféricas das cidades.

A questão a ser enfrentada é a necessidade de se construir um grande número de unidades habitacionais a baixo custo e de boa qualidade, em um curto espaço de tempo e que sejam atendidos adequadamente por serviços urbanos de infra-estrutura. Esta pode ser uma colocação simples e óbvia, mas de grande dificuldade para ser resolvida, haja visto o elevado custo das construções tradicionais e a falta de incentivo da União em viabilizar condutos para a resolução da questão. Iniciativas de desenvolvimento de materiais

tecnológicos, que buscam economizar com qualidade os processos de edificações, tendem a contribuir para a solução deste equacionamento habitacional que perdura por décadas na história brasileira.

## 2.4 – Alvenaria Estrutural: Uma alternativa ao equacionamento da questão habitacional.

### 2.4.1 - Alvenaria estrutural ao longo dos tempos.

A alvenaria como material estrutural é um dos mais antigos métodos construtivos que se tem conhecimento. A utilização desse processo é conhecida desde a antiguidade, quando blocos de pedras encaixados entre si faziam parte da composição básica das edificações. Muitos exemplos de construções erguidas com essa metodologia nas eras mais remotas encontram-se presente até os dias atuais. Dentre eles pode-se citar as pirâmides de Quéops (figura 2.11) erguida aproximadamente nos anos 2.600 a.C e o farol de Alexandria edificado por volta dos anos 280 a.C ( figura 2.12 ).

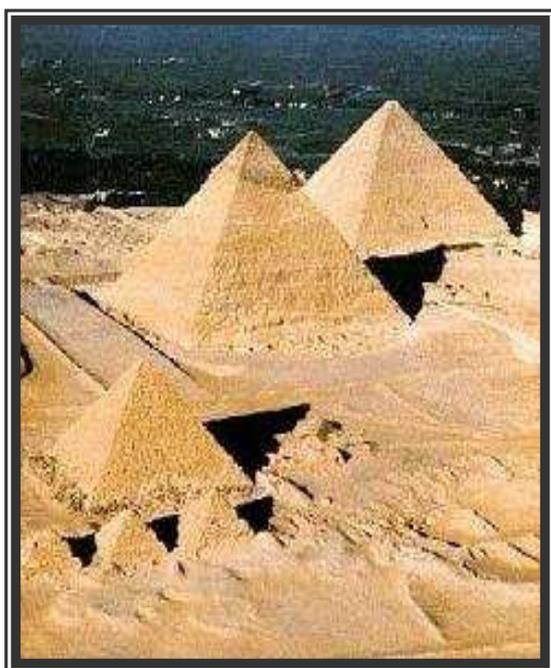


Figura 2.11 - As Pirâmides de Quéops

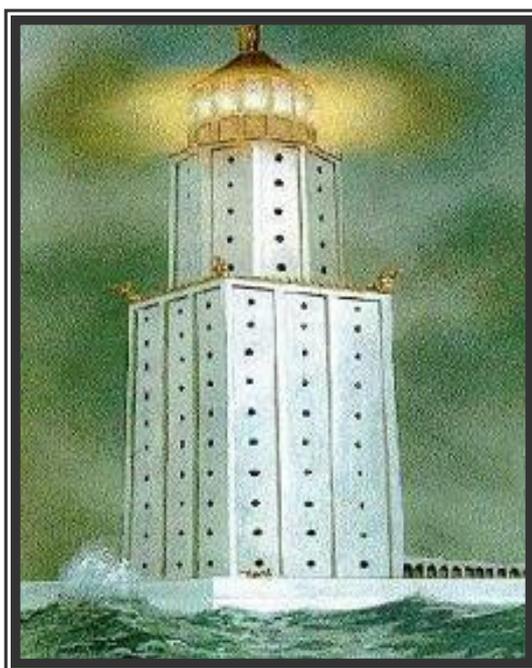


Figura 2.12- Farol de Alexandria

Considerada até o final do século XIX uma das principais formas de metodologia de construção utilizada pelo homem, a alvenaria tem seu grande marco inaugural na antiguidade onde edificações monumentais existentes até hoje foram erguidas com esse processo constitutivo. O Coliseu, (figura 2.13) é uma imponente construção que serve de referência deste período histórico da alvenaria. Construído com pedras e tijolos de argila possui 527 m de diâmetro, altura de 50m e 80 portais comportando em seu interior 50.000 pessoas.

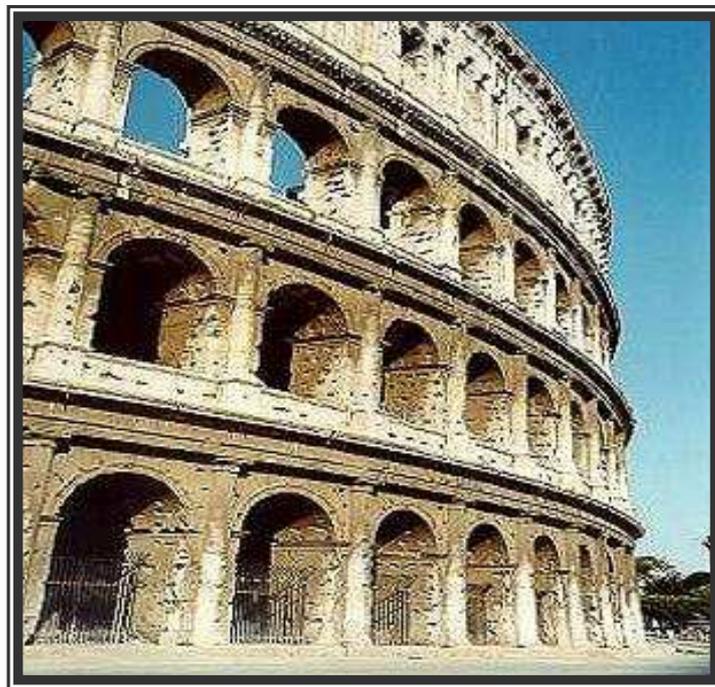


Figura 2.13 – Coliseu, erguido por volta do ano 70 d.C.

De acordo com Silva (2002) o intercâmbio entre os povos antigos favoreceu muito a evolução e o aprimoramento da alvenaria, pois os egípcios possuíam em seu território grande variedade de rochas naturais, já os gregos tinham abundância em mármore. Os Romanos não possuíam esses recursos no seu território, mas possuíam jazidas de argila. Os povos ribeirinhos do rio Eufrates, os antigos assírios e persas, para erguerem suas edificações passaram a manusear a argila formando blocos rígidos queimados ao sol.

A dificuldade em manusear materiais com grandes dimensões e peso como aponta Silva (2002) dificultava consideravelmente a construção, fazendo com que os povos promovessem o aprimoramento de técnicas de construção com materiais reduzidos. Com isso é introduzido o tijolo cerâmico queimado em forno rústico e a associação com outros materiais tais como: cal, água e outras pedras. Produzindo um tipo primitivo de concreto que garantia uma resistência mínima à tração e melhora na aderência entre os materiais. Através dessa técnica são edificadas as primeiras obras com arcos e abóbadas que marcam a arquitetura desta época.

No decorrer dos séculos, grandes obras foram erguidas utilizando-se do método da alvenaria. Entre os séculos XII e XVII muitas construções magníficas foram erguidas com a metodologia da alvenaria. Entre elas as grandes catedrais (figura 2.14) européias que conservam sua imponência até os dias de hoje.

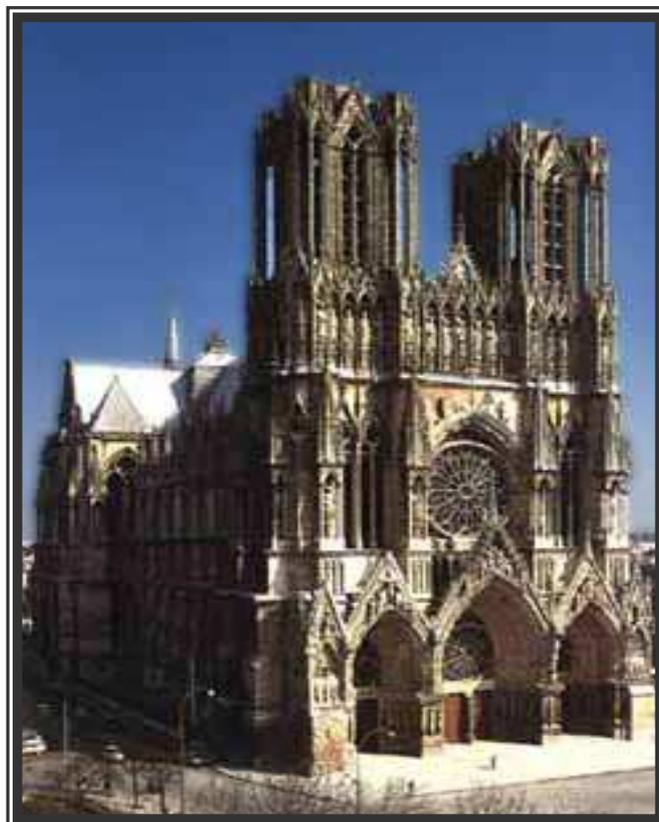


Figura 2.14 - Catedral de Reims construída entre 1211 e 1300 d.C

As primeiras construções em alvenaria eram dimensionadas empiricamente baseadas em experiências anteriores. Nessas obras é possível encontrar paredes com espessuras que variam de 30 cm a 130 cm.

Embora seja um dos métodos de construção mais antigo, somente no início do século passado foram desenvolvidas as primeiras técnicas visando a racionalização e dimensionamento das edificações.

Na modernidade, a evolução das informações proporcionou o maior conhecimento sobre as estruturas possibilitando a construção de edifícios de maior porte. Uma construção que se tornou um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural foi o Edifício Monadnock, (figura 2.15), projetado por D.H Burnham na cidade de Chicago nos anos de 1889 e 1891. Possui 16 pavimentos e 65 metros de altura, suas paredes, na sua base, possuem espessura de 180 cm.



Figura 2.15 - Edifício Monadnock

Com o desenvolvimento industrial tecnológico e o emprego do aço como material de construção, foram introduzidas nas construções a metodologia do

concreto armado, fazendo com que a alvenaria deixasse de ser o principal método construtivo. A alvenaria passa a ser substituída pela versatilidade, esbeltez, liberdade arquitetônica e a possibilidade de vencer vãos maiores proporcionados pelo aço e concreto armado. Neste contexto, a alvenaria passa a ser relegada às edificações de pequeno porte. Pode-se considerar o período compreendido entre 1900 e 1960 como o ano das estruturas aporticadas.

A Alvenaria passa a ganhar novo fôlego somente a partir da intensificação de pesquisas que dão ao método maior aperfeiçoamento. Nos anos de 1948, na Inglaterra, foi elaborada a primeira norma técnica consistente para cálculo de alvenaria em tijolos. Norma esta que sofreu alterações na década de 1970, passou a se chamar CP-111 (Structural Recommendations for load bearing walls) fundamentada nas tensões admissíveis.

No ano de 1978, foi criada a BS-5628 (Structural use for Mansonry), publicada pela British Standards Institution. Esta norma” trata da alvenaria de um modo geral, sendo a primeira norma a substituir o tratamento determinístico (tensões admissíveis) por um método semi-probabilístico. É atualmente a mais avançada norma no assunto” (Camacho: 2001).

Outro grande marco para a alvenaria foi proporcionado pelo engenheiro suíço Paul Haller que dimensionou e construiu na Basileia em 1951, um edifício de 13 pavimentos, em alvenaria não armada, com paredes portantes internas de 15 cm de espessura e paredes externas de 37,4 cm.

Em países como os Estados Unidos, Canadá, França, Inglaterra e Austrália, por existir há muito tempo um conjunto de normas técnicas sobre o cálculo e procedimentos construtivos, a utilização da alvenaria estrutural está amplamente difundida. Um exemplo é o manual de Mulligan (1942), que trata, há mais de cinquenta anos, das pesquisas realizadas na área, incluindo a capacidade estrutural das paredes. Na contemporaneidade, podemos encontrar inúmeros manuais voltados especificamente ao projeto e construção com a alvenaria estrutural, tais como os de Curtin et al. (1982; 1984) e Beall (1987). O aprimoramento normativo veio muito a contribuir para que a

utilização da alvenaria estrutural fosse amplamente difundida e desenvolvida de forma legitimada. As elaborações de normas promoveram nas décadas seguintes a retomada da alvenaria ao cenário para construções de grande porte.

No Brasil a construção em alvenaria foi introduzida no período colonial, quando alguns casarões e igrejas foram erguidos com este sistema em sua gênese. O desenvolvimento da alvenaria no país passou pelas construções de taipa, pau-a-pique, cantaria, alvenaria de tijolos, até as alvenarias portantes, com blocos manufaturados nas indústrias.

Segundo Sabbatini 1984, In:Silva: 2002, a alvenaria estrutural no Brasil, em sua fase inicial, foi dimensionada empiricamente, pois não possuía pesquisas nacionais que orientassem os profissionais para as necessidades das edificações e a realidade dos materiais existente no país. Os profissionais pioneiros da alvenaria estrutural Brasileira buscavam fazer analogias das técnicas e metodologias importadas, resultando, algumas vezes, em distorções na aplicação do método. Um grande exemplo das primeiras construções em alvenaria estrutural no Brasil é o Teatro Municipal em São Paulo (figura 2.16) construído por Ramos de Azevedo nos anos de 1903 e 1911.

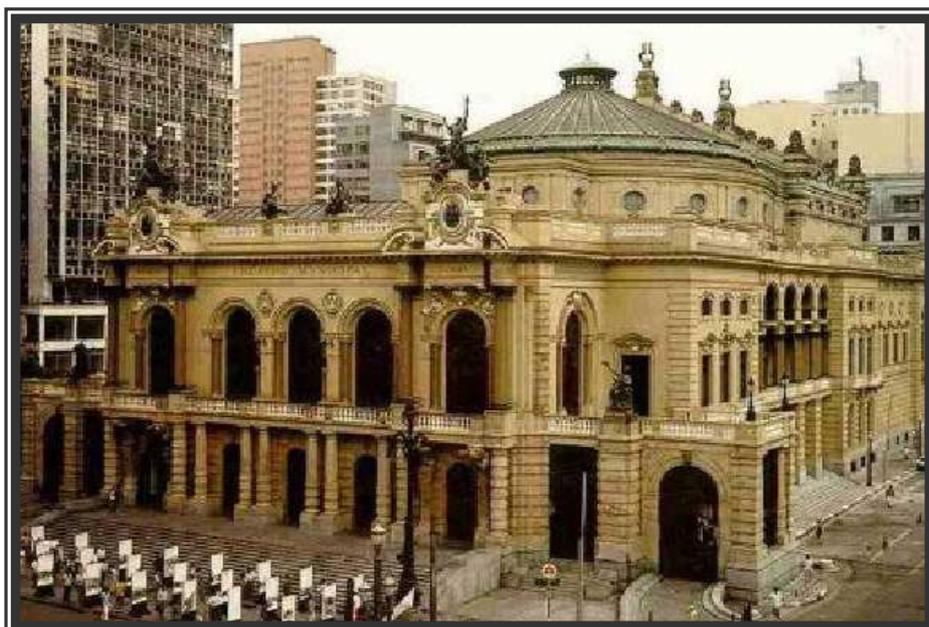


Figura 2.16 - Teatro Municipal de São Paulo

A partir da década de 60 processos técnicos e metodológicos sobre alvenaria estrutural foram introduzidos no Brasil, dando início a inúmeras construções principalmente no estado de São Paulo.

Alguns exemplos de construções em alvenaria edificadas a partir destas primeiras aproximações científicas são: o Central Parque Lapa (figura 2.17), em São Paulo, construído em 1972, com quatro blocos de doze pavimentos, o edifício Muriti figura 2.18, em São José dos Campos, com 16 pavimentos, ambos construídos com alvenaria armada de blocos vazados de concreto, o Jardim Prudência com nove pavimentos construído em 1977 em São Paulo e um edifício construído em Guarulhos, ambos com a utilização de blocos sílico-calcários, tendo as paredes estruturais com 24 cm de espessura. O Edifício Jardim Prudência constituiu na primeira edificação construída no Brasil com alvenaria não-armada.

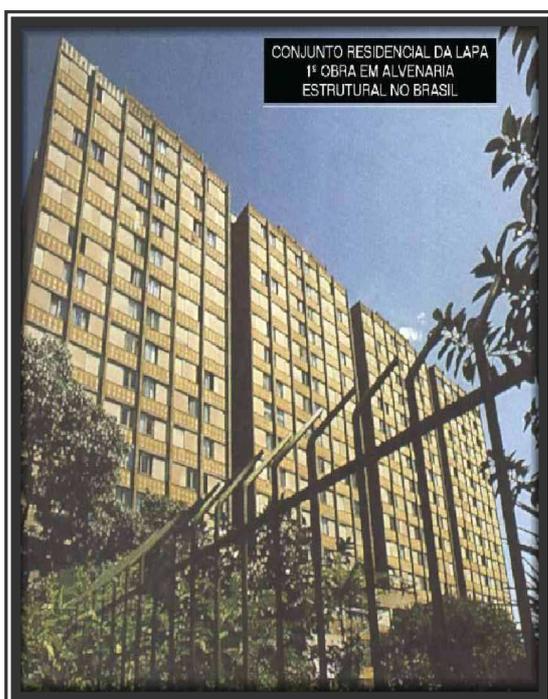


Figura 2.17 – Central Parque Lapa

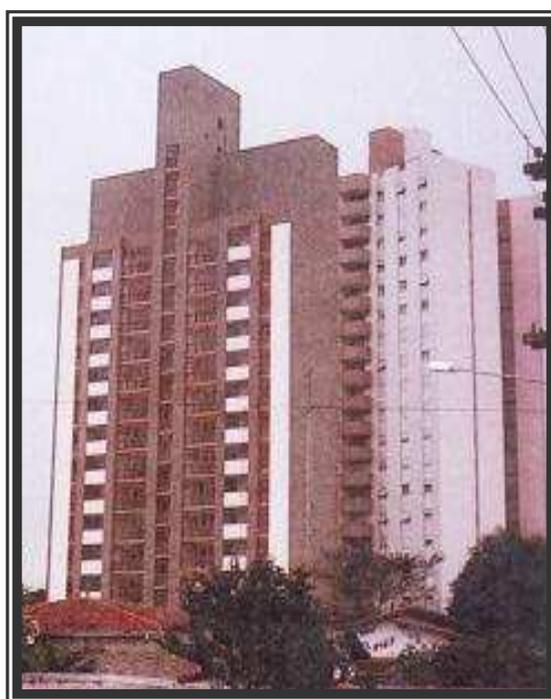


Figura 2.18 – Edifício Muriti

Na década de 1980 muitas escolas de Engenharia no país passaram a intensificar suas pesquisas e aprimoramento das técnicas em alvenaria estrutural, fazendo com que esta década fosse o apogeu das obras de grande porte, edificadas com essa metodologia. Neste mesmo período, surgem as

normas NB- 1228, atual - NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de Blocos Vazados de Concreto, 1989, que trata do cálculo da alvenaria estrutural, armada e não armada, de blocos vazados de concreto e a aprovação oficial da ABNT e, posteriormente, referendada pelo INMETRO nas construções em alvenaria estrutural.

No início da década de 80, muitos edifícios foram construídos em todo Brasil através do processo da alvenaria estrutural, entre estes, podem ser destacados como principais empreendimentos: Edifício Mackenzie em Belo Horizonte com 17 andares e área construída de 9.000 m<sup>2</sup> (figura 2.19), Bresser-COHAB em São Paulo com 3 torres de 18 andares e 14.100 m<sup>2</sup> de área construída, figura 2.20.



Figura 2.19 - Edifício Mackenzie

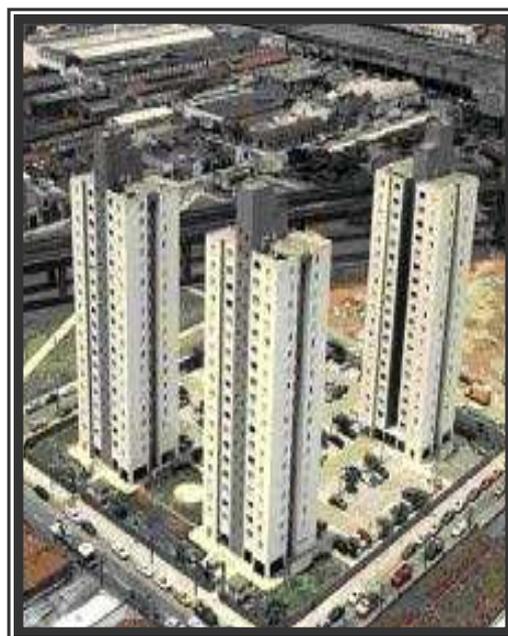


Figura 2.20 – Bresser-COHAB

O Edifício Bahamas, em São Bernardo do Campo, com 18 pavimentos, possui arquitetura movimentada e arrojada, contrariando a idéia de que a alvenaria estrutural só é aplicada em construções populares e sem movimentações e balanços nas fachadas. figura 2.21 e figura 2.22.

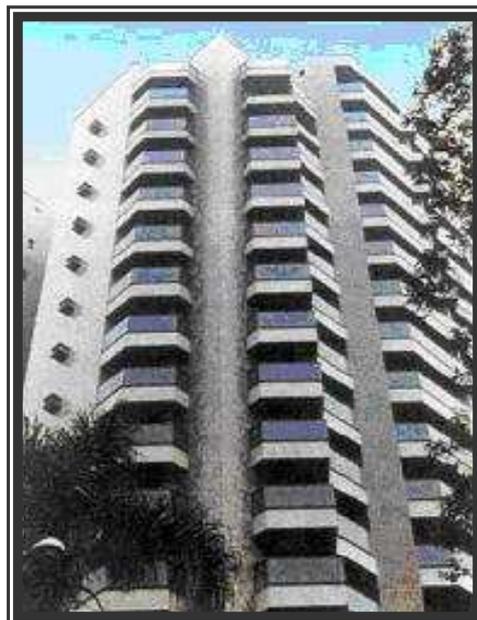
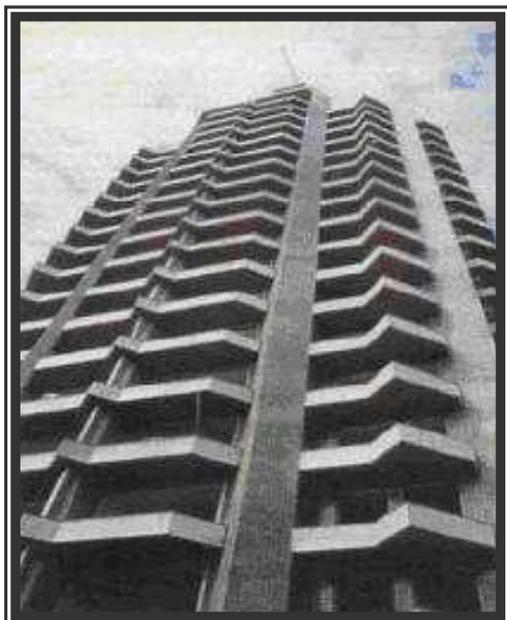


Figura 2.21 e figura 2.22 – Edifício Bahamas

No início da década de 90, o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Construção Civil da Escola Politécnica da USP, realizou pesquisas para várias empresas na área de estruturas e esse trabalho resultou em um método construtivo em *alvenaria estrutural* não-armada de blocos vazados de concreto para a construção de edificações com até 10 pavimentos. Um dos primeiros empreendimentos resultantes desse estudo foi o Conjunto Morada Paradiso construído em São José dos Campos (figura 2.23).



Figura 2.23 – Conjunto Morada Paradiso

O sucesso econômico da alvenaria estrutural tem sido alcançado não só pela racionalização da estrutura em si, mas porque também é possível que as paredes que constituem a estrutura da edificação, desempenhem várias outras funções: isolamento térmico e acústico, proteção ao fogo e adequação às condições climáticas. A concorrência entre os métodos tem feito com que haja um número crescente de pesquisas realizadas nesta área, permitindo um maior discernimento das vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural. Atualmente no Brasil, verifica-se uma tendência expressiva no volume de construções de edifícios em alvenaria estrutural.

#### **2.4.2 - Alvenaria na atualidade: O método da alvenaria estrutural**

Compreendemos como alvenaria estrutural o sistema construtivo em que as paredes atuam como elemento resistente central da estrutura, e ao mesmo tempo, atuam como vedação. Essas paredes são elementos portantes compostos por unidades de alvenaria, unidas por juntas de argamassa com a capacidade de resistir a outras cargas além de seu próprio peso, sendo dimensionadas por intermédio de cálculos racionais distinguindo-se assim, da alvenaria resistente que é calculada empiricamente. (Prudêncio, Oliveira e Bedim; 2002 In: Casali: 2003) .

A alvenaria estrutural é composta por blocos ou unidades, argamassa, graute e ferro, pode ser não-armada, parcialmente armada e armada. Os blocos são as unidades fundamentais da alvenaria e responsáveis pela definição da resistência da estrutura. Os blocos podem ser maciços, quando as unidades têm no máximo 25% da área total de vazios, e vazados. Quanto aos componentes, os blocos podem ser de concreto, cerâmico ou sílico-calcáreo. Os blocos de concreto são os mais utilizados, pois podem ser fabricados em qualquer lugar, atingem grandes resistências (podendo alcançar até 20 MPa) e principalmente pela sua uniformidade. Os blocos cerâmicos apresentam como vantagens em relação aos tradicionais blocos de concreto: o conforto térmico e acústico, são mais leves e não apresentam problemas de retração por

secagem. Os blocos sílico-calcáreos, apesar de possuírem altas resistências, apresentam alta retração por secagem e por existirem poucos fornecedores, acabam por não apresentarem uma boa relação custo-benefício.

A argamassa de assentamento tem as funções de unir os blocos compensando as imperfeições e vedando o conjunto, transmitir e uniformizar as tensões entre os blocos e absorver pequenas deformações. A argamassa deve possuir boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade para se ter um bom desempenho.

O groute é um concreto onde seu agregado graúdo é o pedrisco, sua função é a de proporcionar aumento da área da seção transversal dos blocos e promover a solidarização das unidades com as armaduras posicionadas em seus vazios. Deve possuir relativa fluidez para permitir o preenchimento dos vazios dos blocos e ter alta plasticidade para preencher totalmente seus vazios.

As armaduras utilizadas nas construções em alvenaria são dispostas verticalmente em pontos pré-estabelecidos pelo projeto estrutural ou horizontalmente nas canaletas. Serão sempre envolvidas por groute, exceto, para as armaduras colocadas em juntas das argamassas de assentamento.

Um dos grandes atrativos da alvenaria estrutural caracteriza-se pela vertiginosa redução de custos nas construções. Na alvenaria estrutural existe uma forte interdependência entre os vários projetos que fazem parte de uma obra (arquitetônico, estrutural, instalações), pois a parede além da função estrutural é também um elemento de vedação e deve conter os elementos hidráulicos e elétricos. O projeto em alvenaria estrutural deve ser racionalizado como um todo. O fato da unidade básica (bloco) possuir dimensões conhecidas e de pequena variabilidade, possibilita que se aplique a técnica de coordenação modular. O trabalho de modulação consiste no ajuste de todas as dimensões da obra, horizontais e verticais, como múltiplo da dimensão básica da unidade, cujo objetivo principal é evitar cortes e desperdícios na fase de execução.

Na metodologia de construção em alvenaria estrutural, todos os encontros de paredes, aberturas, pontos de graute e ferragem, ligação laje/parede, caixas de passagem, colocação de pré-moldados e instalações em geral devem ser previstos. Portanto, é de extrema importância a elaboração de um projeto bem estudado e bem definido para que as vantagens do sistema alvenaria estrutural, resultem em facilidade e redução de tempo durante a execução, minimização ou eliminação de desperdícios e geração de entulhos, gerando economia e maior qualidade no produto final. (Camacho: 2001)

A alvenaria estrutural proporciona ainda a dispensa do uso da madeira, a não ser quando a opção é pela a execução de lajes moldadas "in loco". Numa obra comum de Concreto Armado a madeira corresponde a quase 50% do preço do concreto empregado, ou seja cerca de 12% do custo total da construção. Dois outros pontos de economia extremamente significativos é o consumo de aço, que na metodologia de alvenaria estrutural é utilizado somente em pontos de amarração, e o cimento, que em alguns casos, chapisco e emboço podem ser dispensados sem prejudicar a uniformidade de espessura do reboco. Nas Edificações que são aplicados metodologia em Concreto Armado esses materiais são utilizados em maior escala ampliando assim os custos na obra.

E por último, o fator praticidade e agilidade, na alvenaria estrutural, em decorrência de ser a aplicação aprimorada do método mais antigo e mais comumente utilizado em construções, não requer mão de obra altamente especializada e o trabalhador pode desempenhar funções múltiplas podendo colocar as ferragens e os eletrodutos nos vazados dos blocos.

#### **2.4.2.1 Bloco de Concreto X Bloco Cerâmico .**

Admite-se que o bloco de concreto (figura 2.24) e o bloco cerâmico (figura 2.25) sejam materiais completamente diferentes, com propriedades físicas e mecânicas distintas. Estes materiais tão antagônicos caracterizam-se

como os protagonistas do modelo constitutivo da alvenaria estrutural. Ambas metodologias tem sido difundidas na atualidade, embora as mesmas ainda apresentem muitas vantagens e desvantagens, tais como: bloco de concreto com alto custo e peso elevado, ocasionando sobrecargas nas cintas e fundações e desconforto térmico. O Bloco cerâmico com furos na vertical que acarretam desperdício de argamassa de assentamento, face de assentamento irregular, proporcionando dificuldades para alinhar e aprumar os blocos, faces laterais lisas, o que requer a aplicação de chapisco antes do emboço. Sendo assim, há uma necessidade constante de aprimoramento das técnicas.



Figura 2.24 - Bloco de concreto

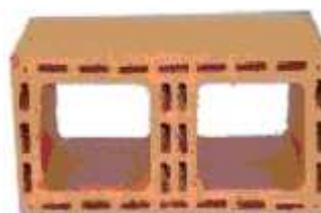


Figura 2.25 - Bloco cerâmico

Embora o uso de tijolos cerâmicos de vedação no Brasil seja bastante corrente, a produção e o emprego de blocos estruturais ainda é incipiente, apesar de diversos fatores técnicos e econômicos justificarem sua ampla adoção no Brasil: disponibilidade de matéria-prima, custo relativamente baixo, boa durabilidade, conforto térmico e acústico, segurança ao fogo superior aos blocos e painéis de concreto, madeira revestida etc., possibilidades estéticas e facilidades construtivas. De acordo com a Associação Brasileira da Construção Industrializada, (ABCI, 1990), o bloco cerâmico estrutural surgiu no Brasil na década de 1980. As condições propícias foram advindas de um convênio de assistência tecnológica firmado entre a Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, o Sindicato das Indústrias Cerâmicas e suas empresas filiadas. A partir daí desenvolveram-se novos produtos, e elaboraram-se novos textos normativos, seguindo o que havia acontecido anteriormente no setor de blocos de concreto.

Sabe-se que o bloco cerâmico possui propriedades mais diferenciadas da argamassa do que o bloco de concreto, sendo assim o bloco cerâmico irá desenvolver menor deformação até atingir a ruptura quando submetido à compressão. Em contrapartida, a compatibilidade groute/bloco de concreto apresenta-se melhor performance, que pode ser explicada dada a semelhança entre ambos. No caso de blocos cerâmicos, o comportamento à compressão graute/bloco cerâmico, apresenta-se de forma mais complexa.

Mas a grande vantagem do bloco cerâmico em relação ao bloco de concreto está na relação entre o aumento da resistência à compressão e custo econômico. Nos blocos de concreto para haver este aumento de resistência, deve haver, concomitantemente, um aumento de cimento para enriquecimento da mistura, aumentando de forma considerável seu custo. O mesmo não tende acontecer com os blocos cerâmicos.

## CAPÍTULO 3

### ENSAIOS PRELIMINARES DE LABORATÓRIO

#### 3.1- Introdução

De forma genérica os ensaios são desenvolvidos para atender múltiplas funções, dentre elas o desenvolvimento de produtos e controle de produção, determinação de propriedades mecânicas e físicas. Os ensaios, conforme normas da ABNT podem ser realizados em materiais de forma isolada, em pequenos corpos de prova ou ainda em estruturas em escala natural ou reduzida. Em todas as opções devem ser consideradas, além do custo dos ensaios, a simplicidade, o manuseio dos corpos-de-prova, facilidade e praticidade na realização dos testes de maneira a garantir que estes tenham precisão nos resultados obtidos.

O trabalho de ensaio foi norteado pela seqüência de estudos e normas desenvolvidas pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), denominado: “Ensaio Preliminares para fins Cerâmicos”, que tem a finalidade de prever a utilização de argilas para fins industriais.

Seguindo esse estudo, foi realizada a moldagem de noventa barras nas dimensões de (10,00 x 2,70 x 1,70) cm, em uma extrusora da marca Verdes, modelo BR 051. Após a secagem desses corpos-de-prova em estufa a uma temperatura de 110 °C, foi efetuada a queima em lotes de dez corpos-de-prova às temperaturas de 600 °C, 650 °C, 700 °C, 750 °C, 800 °C, 850 °C, 900 °C, 950 °C, 1000 °C. Após a queima nas temperaturas relacionadas, foi realizado o ensaio para sua caracterização em função da variação das dimensões lineares,

porosidade aparente, absorção de água, massa específica aparente e tensão de ruptura a flexão. Os valores estipulados para as temperaturas acima, foram determinados a partir dos resultados obtidos por (Alexandre, J, 1997).

### 3.2 – Critérios para escolha dos corpos-de-prova

A argila utilizada em nosso estudo é proveniente da Jazida Alegria, caracterizada granulometricamente na figura 3.1, de propriedade da Cerâmica União, indústria que se prontificou a colaborar com o trabalho no fornecimento de material, aquisição das boquilhas e produção de blocos para os ensaios. Os corpos-de-prova, no caso barras conformadas por extrusão, tiveram largura e a altura definidas pela limitação na boquilha da extrusora utilizada e o comprimento foi fixado em 10 cm para se evitar empenos nas amostras.

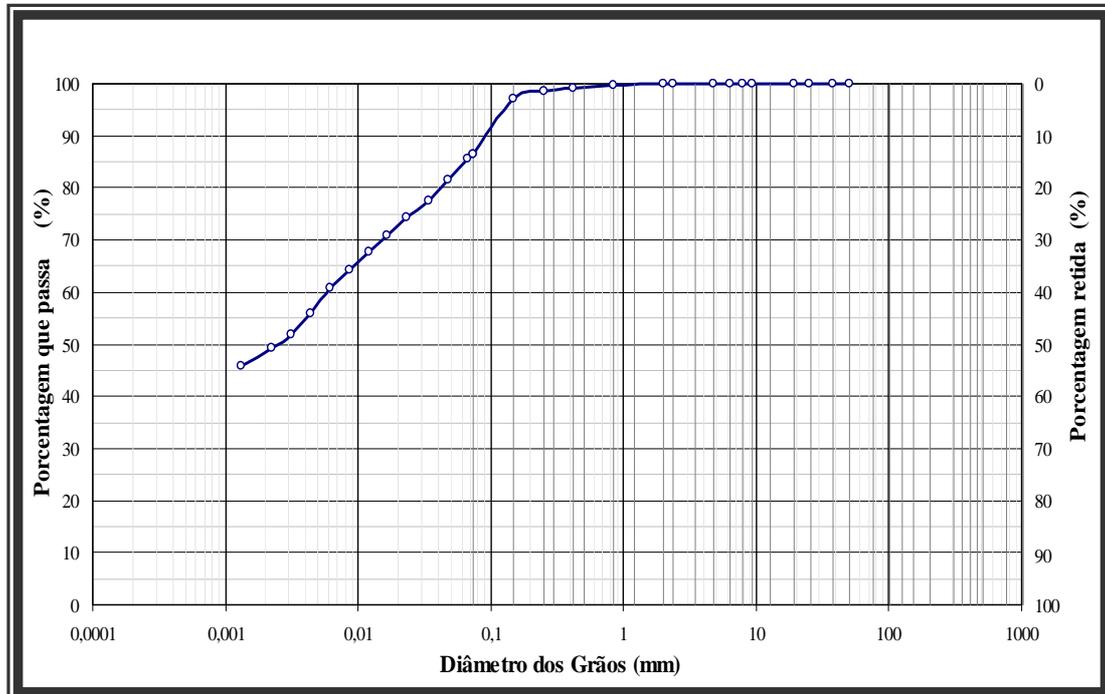


Figura 3.1- Caracterização granulométrica da argila

### 3.3 – Forma de moldagem

Existem basicamente três formas de moldagem de corpos de peças cerâmicas: moldagem plástica, normal ou por extrusão.

Neste trabalho foi adotado o processo de moldagem por extrusão, por ser o processo adotado também pelas Indústrias cerâmicas de Campos dos Goytacazes.

### 3.4 – Umidade de moldagem por extrusão

A escolha das umidades de conformação por extrusão, foi determinada em função da umidade proposta por Alexandre (1997), para as argilas de Campos dos Goytacazes, que determina a umidade através da equação:  $W_{\text{estr}} = \left(\frac{LL}{2}\right) + 2\%$ .

### 3.5 - Queima

Os corpos-de-prova foram queimados em lotes de 10 unidades, em fornos eletrônicos programáveis da Brasimet nas temperaturas de 600 °C, 650 °C, 700 °C, 750 °C, 800 °C, 850 °C, 900 °C, 950 °C, 1000 °C. A queima foi efetuada a partir da temperatura ambiente, com os corpos-de-prova secos na temperatura de 110 °C em estufa de temperatura controlada. Para o procedimento de queima, o forno foi programado para permitir acréscimos de 5 °C por minuto até atingir a temperatura desejada, mantendo a temperatura do forno no patamar de queima por três horas.

### 3.6 – Metodologia

Os corpos-de-prova após moldagem, foram identificados, medidos com paquímetros, pesados em balança de precisão de quatro casas decimais e levados para serem secos ao ar por um período de 48 horas. Em seguida, ficaram por um período de 24 horas em estufa a uma temperatura de 110 °C.

Retirados da estufa, foram levados ao dessecador para resfriarem até a temperatura ambiente, onde foram medidos, pesados novamente e separados em nove grupos com dez corpos-de-prova, que foram queimados nas temperaturas já especificadas, para serem em seguida ensaiados e analisados segundo:

- Variação das dimensões lineares (%)
- Porosidade aparente (%)
- Massa específica aparente (%)
- Absorção de água (%)
- Tensão de ruptura a flexão ( $\text{kgf/cm}^2$ )

### 3.7 – Ensaio em corpos-de-prova

#### 3.7.1 - Variação das dimensões lineares

As variações lineares foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$R_s(\%) = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100(\%) \quad (1)$$

E também:

$$R_q(\%) = \frac{L_1 - L_{11}}{L_1} \times 100(\%) \quad (2)$$

Onde:

$R_s$ : variação das dimensões lineares em porcentagem após secagem a  $110\text{ }^\circ\text{C}$ ;

$R_q$ : variação das dimensões lineares em porcentagem após a queima;

$L_0$ : comprimento inicial do corpo-de-prova (cm);

$L_1$ : comprimento do corpo-de-prova após secagem a 110 °C (cm);

$L_{11}$ : comprimento do corpo-de-prova após a queima (cm).

Após a realização da queima dos corpos-de-prova nas temperaturas previamente determinadas, a média da variação das dimensões lineares dos dez corpos-de-prova em função da temperatura de queima estão plotados na figura 3.2, onde se observa o início da variação das dimensões lineares na temperatura de 650 °C, crescendo a partir daí a uma taxa de 0,1% a cada aumento de 50 °C de temperatura, até atingir a temperatura de 900 °C. Nessa temperatura começa haver um aumento maior na variação das dimensões lineares atingindo 7% a 950 °C e 9,2% na temperatura de 1000 °C.

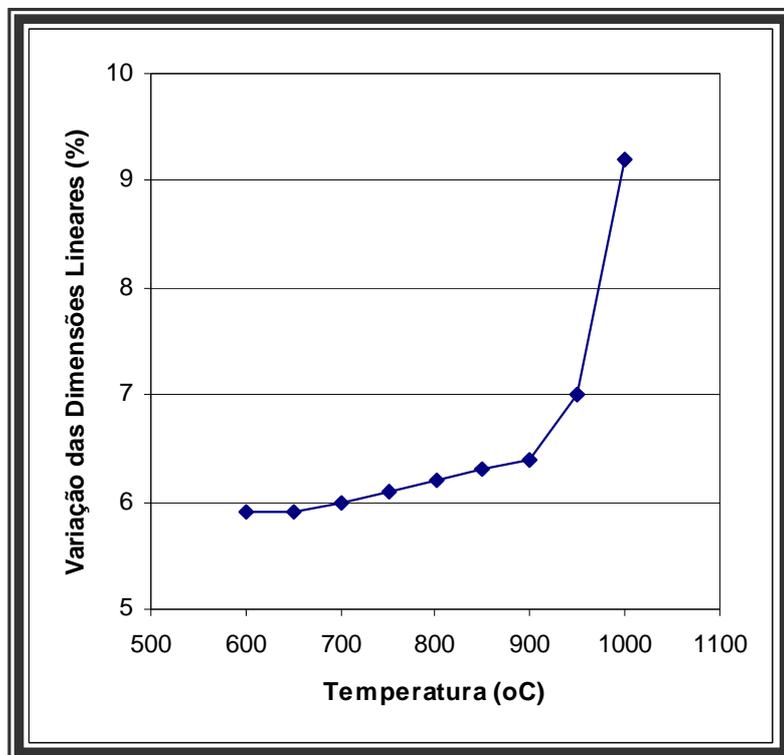


Figura 3.2 – Gráfico da variação das dimensões lineares em função da temperatura

### 3.7 2- Porosidade aparente

A porosidade aparente foi calculada através da seguinte equação:

$$PA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u - P_i} \quad (3)$$

Onde:

PA: porosidade aparente (%);

$P_u$ : peso do corpo-de-prova úmido (g);

$P_s$ : peso do corpo-de-prova seco (g);

$P_i$ : peso do corpo-de-prova imerso em água (g);

O peso do corpo-de-prova úmido é determinado após a moldagem, isto é, o corpo-de-prova está parcialmente saturado. Esta quantidade de água é eliminada no processo de secagem e quando a secagem não for feita adequadamente, ocasiona retrações diferenciais provocando fissuras e trincas.

Nota-se na figura 3.3 que os valores de porosidade aparente até à temperatura de 900 °C não sofreram variações significativas, ficando em torno de 35,7%. A partir dessa temperatura, observamos uma redução no valor da porosidade aparente que a 900 °C chega a 34,8% e a 1000 °C cai acentuadamente para 26,2%.

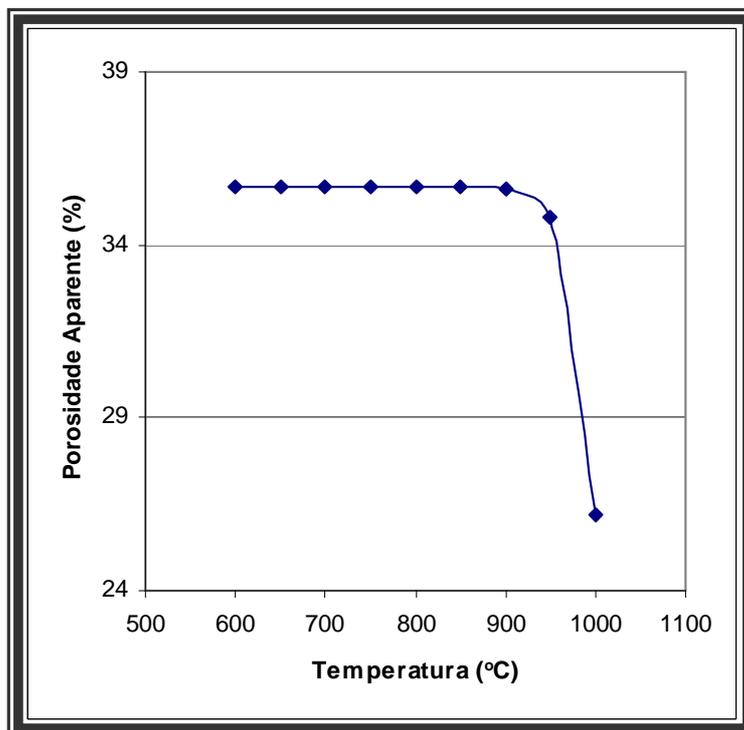


Figura 3.3 – Gráfico de porosidade aparente em função da temperatura

### 3.7.3- Absorção de água – NBR 6480 (Agosto/1986)

A absorção de água é uma propriedade importante, onde seus limites são estabelecidos por norma, pois dependendo do produto, essa propriedade pode inviabilizar a sua utilização.

No caso dos blocos cerâmicos estruturais ou de vedação, a absorção poderá remover de forma excessiva a água das argamassas.

A absorção de água foi calculada através da seguinte equação:

$$AA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_s} \cdot 100 (\%) \quad (4)$$

Onde:

AA: absorção de água (%);

$P_u$ : peso do corpo-de-prova úmido (g);

$P_s$ : peso do corpo-de-prova seco (g);

Tal como foi observado no comportamento do gráfico da porosidade aparente, os valores da absorção de água não sofreram variações significativas entre as temperaturas de 600 °C a 850 °C. Tendo pequena redução à temperatura de 900 °C, continuando a decrescer até a temperatura de 950 °C, atingindo um valor na ordem de 20,3%. A partir dessa temperatura, observamos uma redução mais acentuada, chegando a 13,6% para a temperatura de 1000 °C, vide figura 3.4.

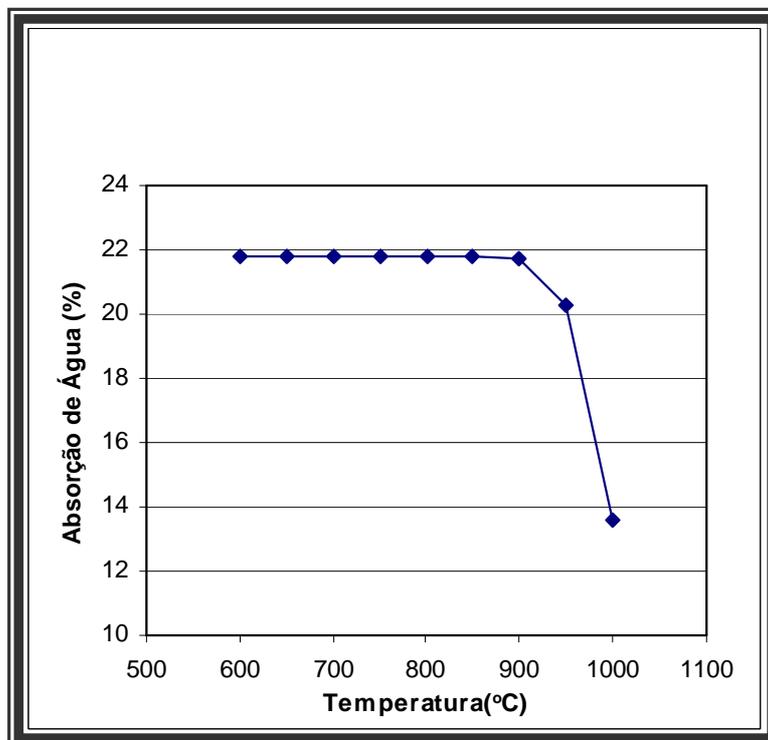


Figura 3.4 – Gráfico de absorção de água em função da temperatura

### 3.7.4 - Massa específica aparente – NBR 6508 (Outubro/1984)

A massa específica é importante sobre vários aspectos: aumento da carga na estrutura, diminuição na capacidade de transporte e dificuldades de manuseio pelos operários.

A massa específica aparente foi calculada através das seguintes equações:

$$MEA(g/cm^3) = \frac{P_s}{V_a} \quad \text{ou} \quad MEA(g/cm^3) = \frac{PA}{AA} \quad \text{ou} \quad MEA(g/cm^3) = \frac{P_s}{P_u - P_i} \quad (5)$$

A figura 3.5, mostra que os valores da massa específica aparente até a temperatura de 750 °C permaneceram os mesmos e iguais a 1,62%, sofrendo uma pequena variação crescente entre 750 °C e 900 °C, aumentando de 1,62% para 1,65%, à temperatura de 950 °C atinge 1,69%, sofrendo um expressivo aumento de 1,69% para 1,90% à temperatura de 1000 °C.

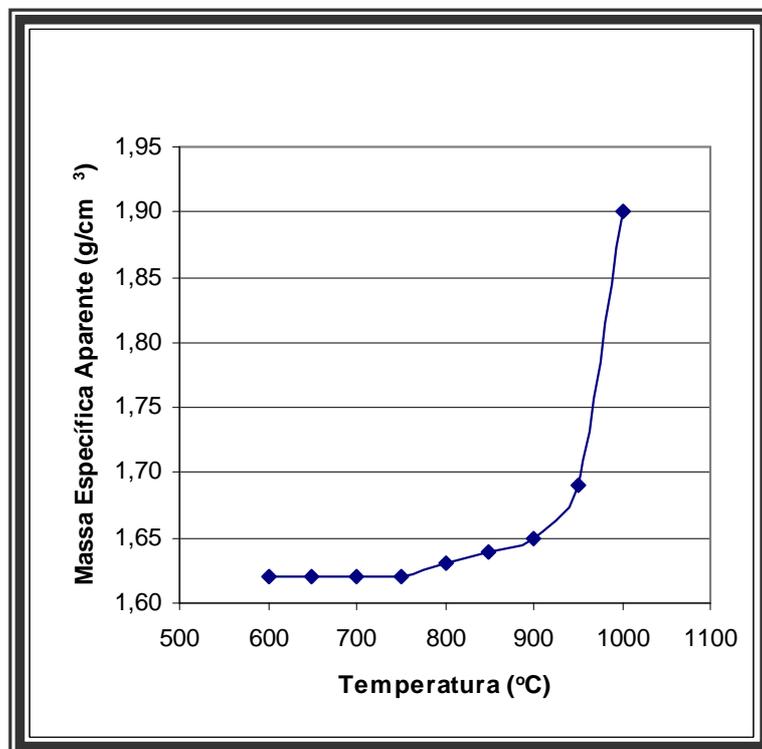


Figura 3.5 – Gráfico da massa específica aparente em função da temperatura

### 3.7.5-Tensão de ruptura à flexão - NBR 9451 (Agosto/1986)

A tensão de ruptura à flexão é um método muito utilizado na avaliação das propriedades mecânicas de materiais cerâmicos, pois existe uma relação linear entre compressão, tração e cisalhamento. Permitindo a eliminação de ensaios mais complexos para um processo seletivo inicial.

Para a realização do ensaio, medimos as dimensões dos corpos-de-prova com um paquímetro de 0,02 mm de precisão e determinamos o ponto médio do comprimento do corpo-de-prova, local onde foi aplicado o carregamento.

A tensão de ruptura a flexão é calculada pela seguinte equação:

$$T_r(\text{kgf} / \text{cm}^2) = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (6)$$

Onde:

$T_r$ : tensão de ruptura a flexão ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ );

P: carga atingida no momento da ruptura (kgf);

L: distância entre os apoios do corpo-de-prova (cm);

b: largura do corpo-de-prova (cm);

h: altura do corpo-de-prova (cm);

A resistência à flexão conforme gráfico da figura 3.6, nos revela que entre intervalos de temperatura de 600 °C e 800 °C a evolução da resistência dos corpos-de-prova é pequena, apenas 8,1%, variando de 55,5  $\text{kgf}/\text{cm}^2$  para 60  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ . Entretanto a partir da temperatura de 800 °C, verifica-se que começa haver um acréscimo considerável na resistência, aumentando 25,5% à

temperatura de 900 °C, elevando-se para 75,2 kgf/cm<sup>2</sup>, 44,2% à temperatura de 950 °C elevando-se para 119,4 kgf/cm<sup>2</sup>, e finalmente atingindo 181,8 kgf/cm<sup>2</sup> à temperatura de 1000 °C, um aumento de 52,3% em sua resistência à flexão.

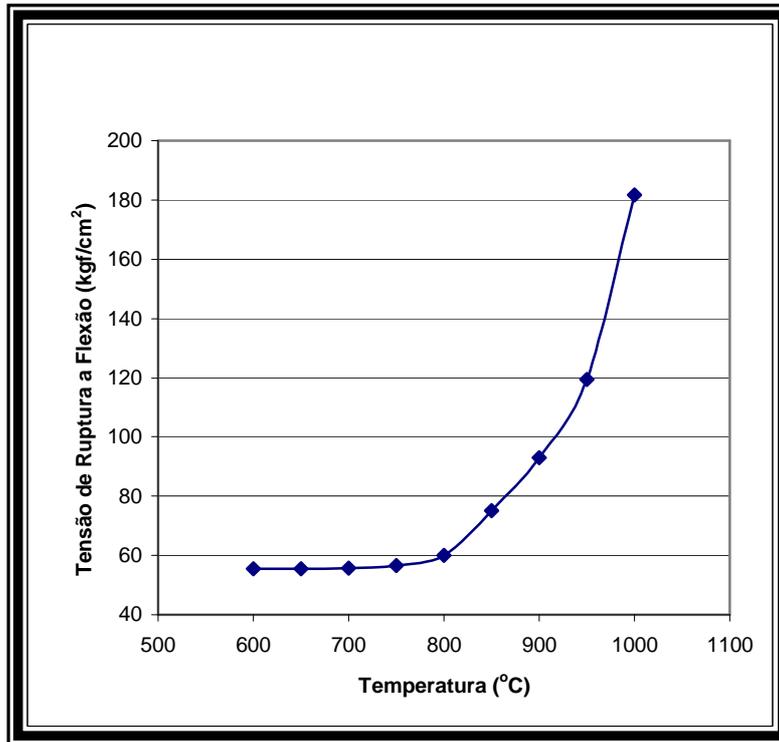


Figura 3.6 – Gráfico da tensão de ruptura a flexão em função da temperatura

Devido aos limites de queima dos fornos cerâmicos da região, as temperaturas mínimas exigíveis para a continuidade dos ensaios, isto é, para a confecção dos protótipos, foi fixada entre 850 °C e 900 °C. Dessa forma, os valores de porosidade aparente, absorção de água e tensão de ruptura a flexão, são referentes a esse intervalo de temperatura. A temperaturas mais elevadas, os valores dessas propriedades tendem a melhorar, com exceção da retração linear e massa específica aparente, que devem ser melhores avaliados em função do custo benefício.

## CAPÍTULO 4

### PROPOSTA DE MORFOLOGIA RACIONAL DE PEÇAS CERÂMICAS PARA APLICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

#### 4.1 – Introdução

Atualmente no Brasil, verifica-se uma tendência no aumento do volume de construção de edifícios em alvenaria estrutural. Devido à estabilização da economia, a concorrência tem feito com que haja um número crescente de pesquisas realizadas nesta área, permitindo um maior discernimento das vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural.

O sucesso econômico da alvenaria estrutural tem sido alcançado não só pela racionalização da estrutura em si, mas porque também é possível que as paredes que constituem estrutura da edificação desempenhem várias outras funções, isolamento térmico e acústico, proteção ao fogo e adequação às condições climáticas.

Grande parte das construções realizadas no país são habitações de pequeno porte, e o processo construtivo que permite a obtenção de melhores resultados nesse segmento é o da alvenaria estrutural. Embora esse processo seja o mais adequado, ele ainda apresenta algumas desvantagens tais como: alto custo, peso elevado e desconforto térmico do bloco vazado de concreto; face de assentamento irregular, proporcionando dificuldades para alinhar e aprumar os blocos, faces laterais lisas requerendo a necessidade de aplicação

de chapisco e furos na vertical, propiciando perdas de argamassa de assentamento são as principais desvantagens do bloco estrutural cerâmico.

Com todas essas desvantagens citadas, este trabalho tem o objetivo de propor uma nova morfologia de peças cerâmicas mais leves, que permita minimizar esses problemas característicos dos blocos estruturais de concreto e cerâmicos existentes no mercado, de modo a atender ao grande mercado consumidor informal na construção de habitações de pequeno porte, reduzindo, consideravelmente, custos tanto no consumo de material quanto da mão-de-obra.

#### **4.2 - Nova morfologia racional de blocos cerâmicos para aplicação em alvenaria estrutural**

A nova morfologia proposta é composta por oito peças cerâmicas que serão apresentadas a seguir:

##### **4.2.1- Bloco cantoneira 9x19x29**

As finalidades deste bloco (figura 4.1) são: definir os cantos da construção, facilitar o esquadrejamento da obra, dar a partida ao entijolamento, permitir o grouteamento dos cantos e a amarração das paredes sem a necessidade da utilização de grampos e blocos especiais, permitir a subida de eletrodutos (figura 4.4). Na figura 4.2 temos em detalhe o início do entijolamento do canto de uma construção utilizando o bloco cantoneira, e o detalhe da amarração feita com a utilização do bloco cantoneira invertido, figura 4.3.



Figura 4.1 - Bloco cantoneira 9x19x29



Figura 4.2 – Início do entijolamento com o bloco cantoneira 9x19x29

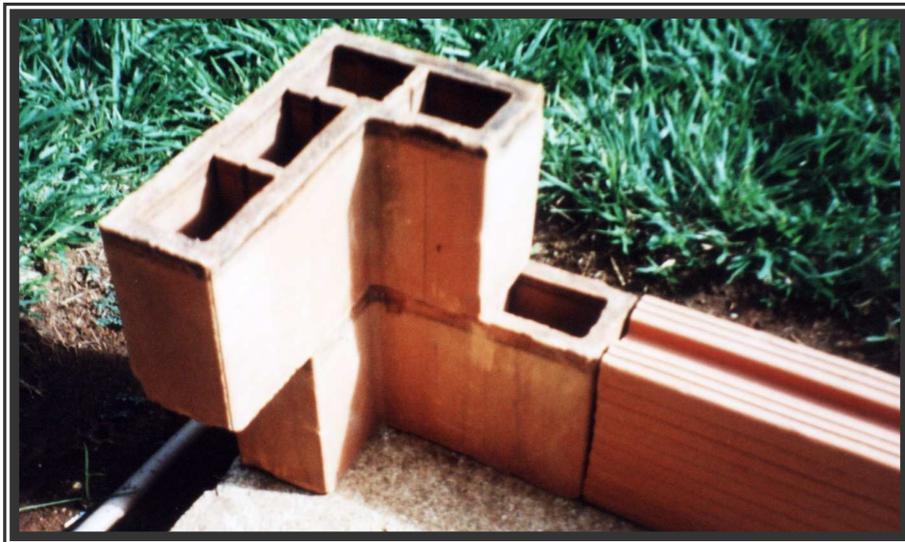


Figura 4.3 – Início da segunda fiada utilizando o bloco cantoneira 9x19x29



Figura 4.4 – Detalhe da subida do eletroduto

#### **4.2.2- Bloco cantoneira 9x19x19**

A finalidade desse bloco, figura 4.5, é permitir a amarração do bloco cantoneira 9x19x29 nas paredes de canto que receberão aduelas. A figura 4.6 mostra o detalhe da segunda fiada do canto de uma parede com a utilização do bloco cantoneira 9x19x19.



Figura 4.5 - Bloco cantoneira 9x19x19

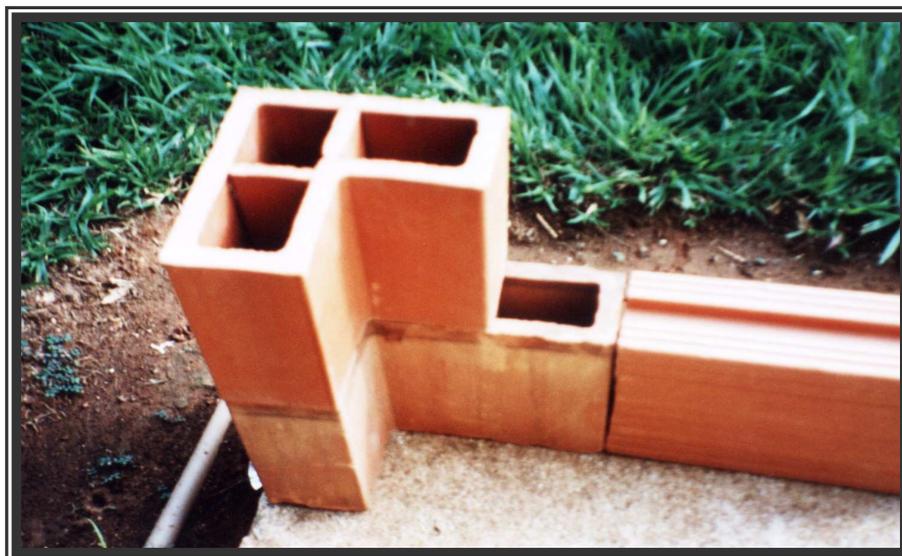


Figura 4.6 - Amarração da 2ª fiada definindo a boneca do vão com o bloco cantoneira 9x19x19

#### 4.2.3- Bloco 9x19x29-FV

O bloco 9x19x29-FV, figura 4.7, tem como principais funções: permitir a amarração das paredes de borda e a passagem de eletrodutos e tubulações hidráulicas (figura 4.8), grouteamento nas extremidades dos vãos que receberão aduelas e principalmente possibilitar que se possa aumentar a tensão resistente de uma parede com o grouteamento de seus furos. A figura 4.9 mostra em detalhe a primeira fiada da amarração de uma parede de borda com a utilização do bloco 9x19x29 vazado e do bloco cantoneira 9x19x29. Na figura 4.10 temos o detalhe da segunda fiada da amarração com a utilização dos mesmos blocos.



Figura 4.7 - Bloco 9x19x29-FV



Figura 4.8 – Detalhe da tubulação de esgoto que receberá os despejos da pia

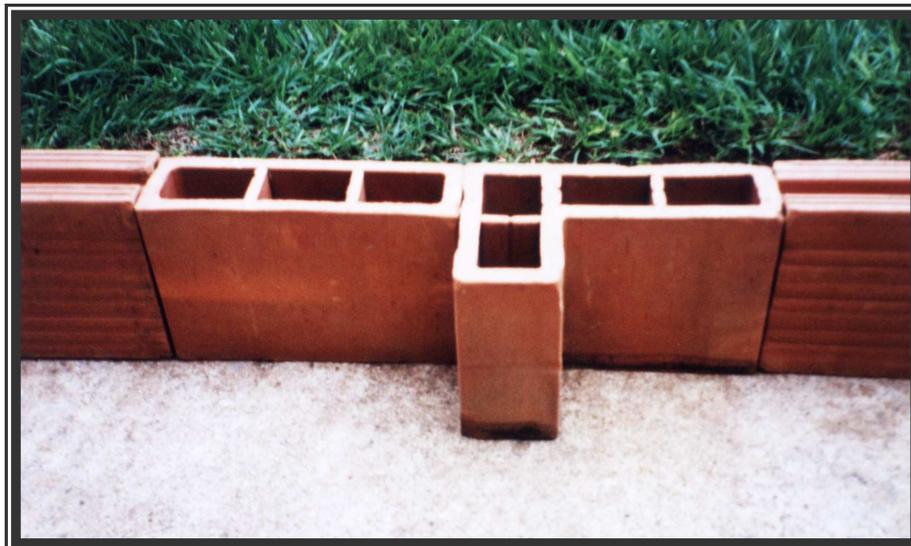


Figura 4.9 - Primeira fiada de amarração numa parede de borda utilizando o bloco 9x19x29-FV e o bloco cantoneira 9x19x29

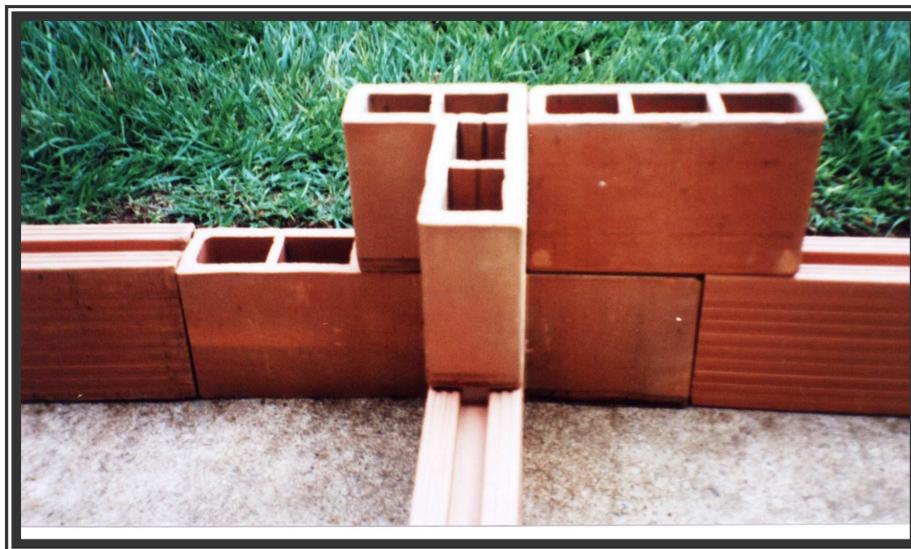


Figura 4.10 - Segunda fiada da amarração numa parede de borda utilizando os blocos 9x19x29-FV e bloco cantoneira 9x19x29

#### **4.2.4- Bloco 9x19x19-FV**

O bloco 9x19x19-FV, figura 4.11, é utilizado na amarração das paredes livres de extremidades ou nas paredes que receberão aduelas, permitindo a continuidade no grouteamento das extremidades dessas paredes. Na figura 4.12, temos o detalhe da amarração na extremidade de uma parede livre.



Figura 4.11 - Bloco 9x19x19-FV

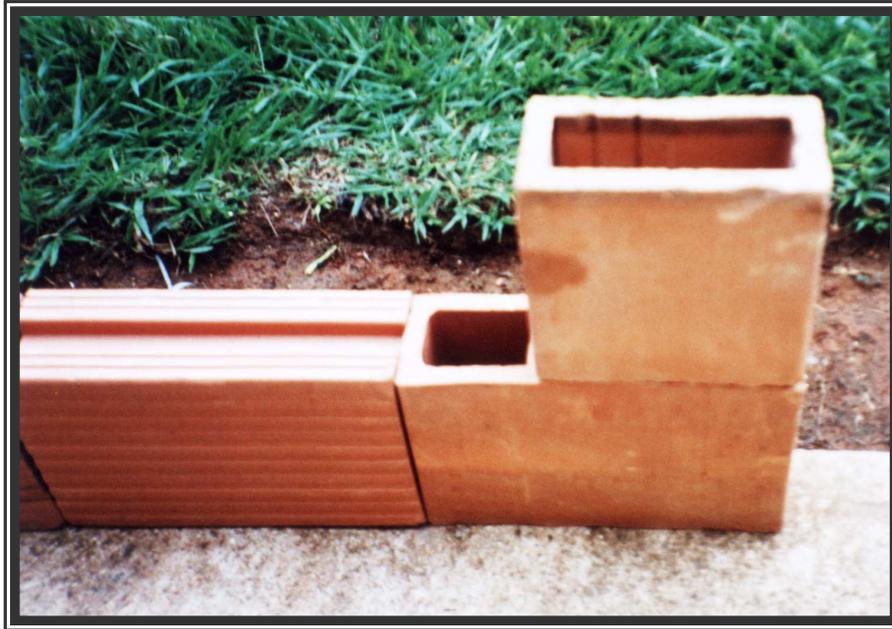


Figura 4.12 - Detalhe da amarração na extremidade de uma parede livre utilizando os blocos 9x19x29-FV e 9x19x19-FV

#### **4.2.5- Bloco canaleta 9x19x29**

Sua função é substituir as formas das vigas nas paredes centrais e todas as formas das vigas no último pavimento. Abaixo, a figura 4.13 mostra o bloco cantoneira 9x19x29.



Figura 4.13 - Bloco cantoneira 9x19x29

A figura 4.14 mostra a utilização da canaleta em substituição das formas de madeira, no ultimo pavimento de uma construção.



Figura 4.14 – Detalhe da utilização do bloco canaleta

#### **4.2.6- Bloco em “J” 9x19x33**

Sua função é substituir o uso das formas do vigamento nas paredes das extremidades da obra. A figura 4.15 mostra o bloco em “J” 9x19x33



Figura 4.15 - Bloco em “J” 9x19x33

#### 4.2.7- Bloco 9x19x29 estrutural

É um bloco estrutural medindo 9x19x29, figura 4.16, com os furos dispostos na horizontal para facilitar seu assentamento e permitir passagens de eletrodutos na horizontal. Possui ranhuras laterais no sentido horizontal com forma, espaçamento e profundidade necessários para permitir a eliminação do chapisco. No seu topo, existe uma cavidade de três centímetros de largura por dois centímetros de profundidade para permitir o encaixe de uma peça metálica, de madeira ou PVC, figura 4.16, que facilitará o alinhamento e assentamento dos blocos. Esta peça permitirá também que a argamassa de assentamento tenha uma espessura uniforme de um centímetro após o assentamento, evitando o desperdício de argamassa de assentamento e facilitando a mão-de-obra.



Figura 4.16 - Bloco 9x19x29 estrutural



Figura 4.17 – Detalhe da utilização da peça de madeira

#### **4.2.8- Bloco 9x19x29 de vedação**

É um bloco semelhante ao bloco apresentado anteriormente, entretanto suas paredes possuem espessuras menores e ele não tem função estrutural (figura 4.18)



Figura 4.18 - Bloco 9x19x29 de vedação

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS EXPERIMENTAIS

#### 5.1 - Introdução

Para a realização de ensaios que visam medir as propriedades mecânicas da nova morfologia, foram preparados e ensaiados conjuntamente; blocos, prismas, paredes e argamassa. Com o objetivo de alcançar dados confiáveis e a legitimação de resultados obtidos, houve a preocupação e o cuidado constante em evitar excentricidades de carregamentos e concentrações de tensões.

Os resultados dos ensaios estão descritos a seguir:

#### 5.2 - Blocos Cerâmicos

As unidades (blocos e tijolos) são os elementos principais da sistema da alvenaria estrutural, uma vez que eles são responsáveis pela resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos. Embora seja o elemento vital para a constituição da alvenaria estrutural, os ensaios executados nas unidades isoladas não possuem uma aceitável correlação estatística com a resistência da totalidade da alvenaria, pois as unidades isoladas apresentam alto coeficiente de variação. Sendo, portanto necessário à realização de outros

ensaios mais profundos, prismas e paredes, de maneira a garantir maior segurança e a confirmação dos dados obtidos nesta prévia.

Foram ensaiados à compressão, de acordo com o projeto de norma 02:101.01-002/3 da ABNT, treze blocos simples (figura 5.1), treze blocos que receberam emboço em suas laterais de 1 cm espessura (figura 5.2) e treze blocos 9x19x29-FV (figura 5.3).



Figura 5.1- Bloco simples



Figura 5.2 - Bloco emboçado



Figura 5.3 - Bloco 9x19x29-FV

Os blocos foram ensaiados à compressão aos vinte oito dias de idade a partir da data de capeamento, em prensa hidráulica da marca Versa Tester com de capacidade de carga de 250 kN e velocidade de carregamento de 0,005 MPa/s.

Os resultados médios destes ensaios encontram-se nas tabelas 5.1, 5.2 e 5.3.

Tabela 5.1 – Resistência média à compressão dos blocos cerâmicos simples

Número de corpos-de-prova	Resistência na área bruta (MPa)	Resistência na área líquida (MPa)	Desvio padrão área bruta (MPa)	Coefficiente de variação (%)
13	1,80	2,16	0,27	15,0

Tabela 5.2 – Resistência média à compressão dos blocos cerâmicos com as laterais emboçadas

Número de corpos-de-prova	Resistência na área bruta (MPa)	Resistência na área líquida (MPa)	Desvio padrão área bruta (MPa)	Coefficiente de variação (%)
13	2,31	3,45	0,25	10,8

O resultado da resistência média à compressão dos blocos cerâmicos simples na área bruta, atende aos requisitos de resistência. Com os resultados obtidos nos ensaios de blocos com e sem emboço lateral, verifica-se que a resistência do bloco à compressão após o recebimento do emboço tem um aumento significativo de 28%.

Tabela 5.3 – Resistência média à compressão dos blocos cerâmicos 9x19x29-FV

N. corpos-de-prova	Resistência na área bruta (MPa)	Resistência na área líquida (MPa)	Desvio padrão área bruta %	Coefficiente de variação (%)
13	1,80	3,60	0,30	16,7

Comparando os resultados obtidos no ensaio à compressão do bloco simples com o ensaio à compressão do bloco 9x19x29-FV, verifica-se que ambos resistem à mesma tensão na área bruta.

Na figura 5.4 verifica-se o aparecimento de fissuras no bloco simples em seu septo horizontal. A figura 5.5 mostra o aumento na fissuração inicial e o aparecimento de outras fissuras, sempre nos septos horizontais do bloco. Na figura 5.6 embora haja um aumento considerável nas aberturas das fissuras, o bloco ainda continua absorvendo os esforços, até o colapso (figura 5.7).

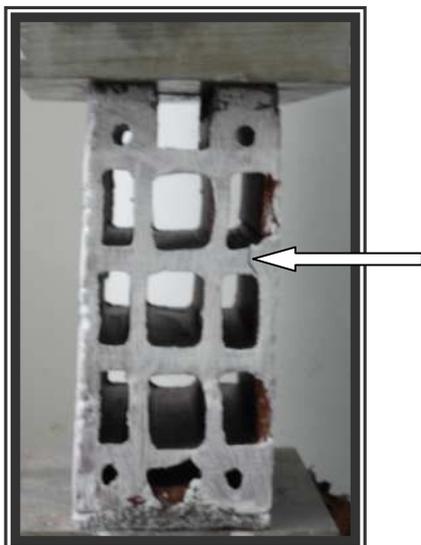


Figura 5.4 – Aparecimento de fissuras



Figura 5.5 - Aumento do número de fissuras no bloco no bloco



Figura 5.6 - Aumento nas aberturas das fissuras

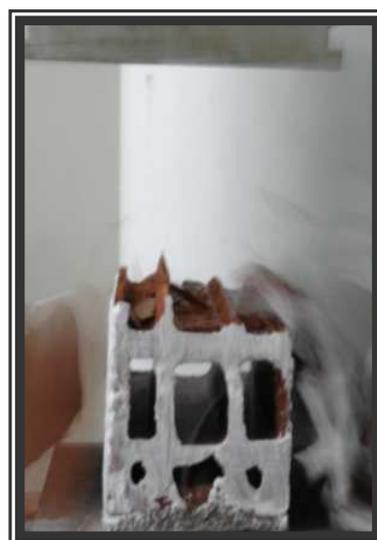


Figura 5.7 - Colapso do bloco

Na figura 5.8 verifica-se o aparecimento de fissuras no bloco que recebeu emboço lateral, tal como no bloco simples, a fissura se dá em seu septo horizontal. A figura 5.9 mostra o aumento na abertura das duas fissuras que surgiram nos septos horizontais do bloco. Na figura 5.10, todos os septos horizontais da primeira coluna de furos verticais se rompem e o bloco ainda continua recebendo carregamento. Na figura 5.11 observa-se o colapso do bloco.

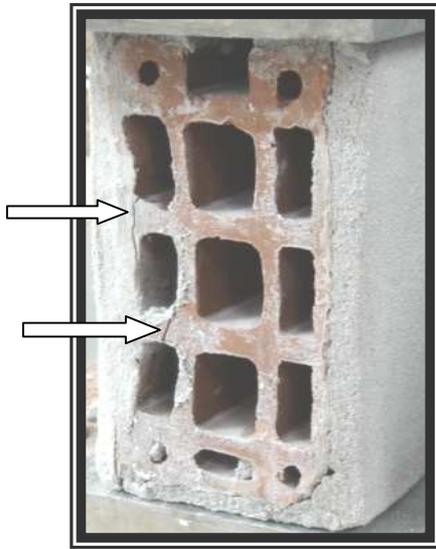


Figura 5.8 – Aparecimento de duas fissuras



Figura 5.9 - Aumento na abertura das fissuras



Figura 5.10 – Ruptura de todos os septos horizontais a esquerda

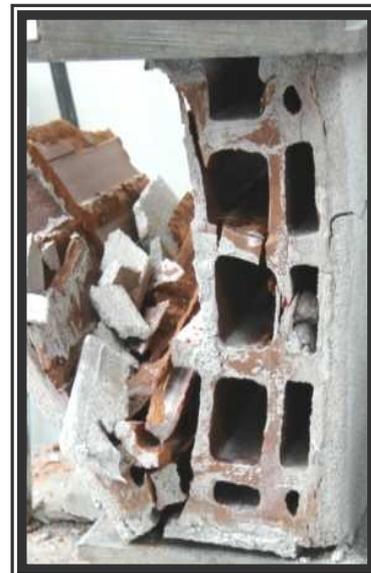


Figura 5.11 - Colapso do bloco

Na figura 5.12 verifica-se o surgimento de fissuras no bloco 9x19x29-FV, na Figura 5.13 observa-se que mesmo com o aumento da carga, as fissuras sofrem pequena variação, mas parte de uma das paredes laterais se desprende. A figura 5.14 mostra que surgem novas fissuras após decorrerem

algum tempo do início da ruptura. E por fim, a figura 5.15 registra o colapso total do bloco 9x19x29-FV algum tempo após o início da ruptura.

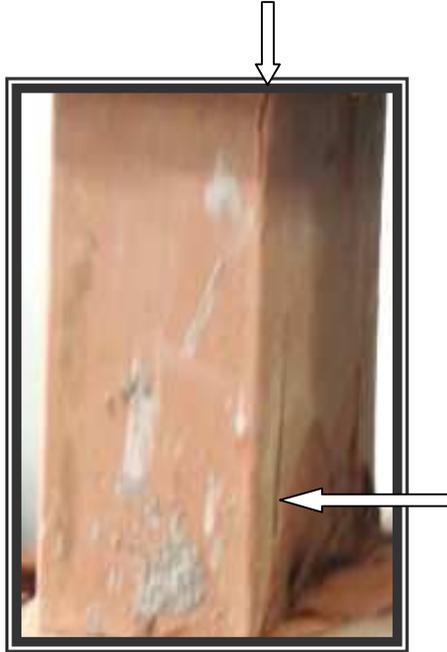


Figura 5.12 – Surgimento de fissuras



Figura 5.13 - Pequena variação das fissuras e a deformação de parte do bloco

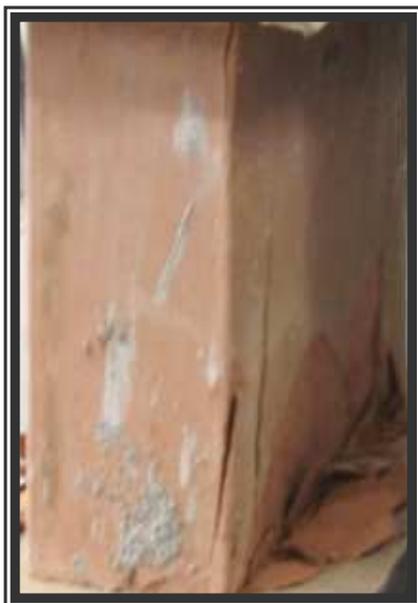


Figura 5.14 - Novas fissuras bastante tempo após o início da ruptura



Figura 5.15 - Registra o colapso total do bloco

### 5.3 - Argamassas

A argamassa possui um papel de grande relevância, pois é o agente ligante e integrador das partes envolvidas. Esta deve ser forte, durável e capaz de garantir a integridade e estanqueidade da mesma, devendo também possuir certas propriedades elásticas, trabalhabilidade e ser econômica. A argamassa deve possuir capacidade de retenção de água suficiente para que quando em contato com unidades de elevada absorção, não tenha suas funções primárias prejudicadas. É importante também que seja capaz de desenvolver resistência suficiente, logo após o assentamento, para absorver os esforços que possam atuar durante a construção. (Camacho: 2001)

Para este trabalho, foram construídos seis corpos-de-prova em moldes cilíndricos de 5 x 10 cm, conforme prescrições da NBR 13279 e ensaiados à compressão uniaxial.

A tabela 5.4 mostra o resultado médio de resistência à compressão da argamassa e sua classificação conforme tabela 8 da NBR 13281 (ABNT 1995), tabela 5.5.

Tabela 5.4 – Resistência à compressão média da argamassa

Traço da argamassa	Número de corpos-de-prova	Resistência média (MPa)	Coefficiente de variação (%)
1,0 : 1,5 : 3,5	6	7,00	6,64

Tabela 5.5 – Propriedade das argamassas industrializadas de múltiplo uso, conforme a NBR 13281 (ABNT, 1995) sem indicações do uso recomendado

Propriedades	Limites	Classificação (tipo)
	≥ 80 e ≤ 90	Normal

Estado fresco	Teor de ar incorporado (%)	> 90	Alta
		< 8	a
		$\geq 8$ e $\leq 18$	b
		> 18	c
Estado endurecido	Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	$\geq 0,1$ e $< 4$	I
		$\geq 4$ e $\leq 8$	II
		> 8	III

## 5.4 - Resistência de aderência à tração

### 5.4.1 – Introdução

Com o objetivo de aumentar a aderência entre o bloco e a argamassa visando dispensar o uso de chapisco, foi desenvolvido estudos para se obter uma configuração de ranhuras laterais nos blocos 9x19x29 estrutural, para que o mesmo obtivesse uma resistência de aderência à tração semelhante ao tijolo 9x19x29 convencional com a aplicação de chapisco. Para isso, inicialmente foram realizados ensaios em tijolos 9x19x29 convencionais sem a aplicação de chapisco e com a aplicação. Após a realização desses ensaios, foram realizados vários outros para as diversas configurações de ranhuras estudadas no bloco 9x19x29 estrutural.

A figura 5.16, mostra a configuração final das ranhuras no bloco 9x19x29 estrutural, após estudos da resistência de aderência à tração.

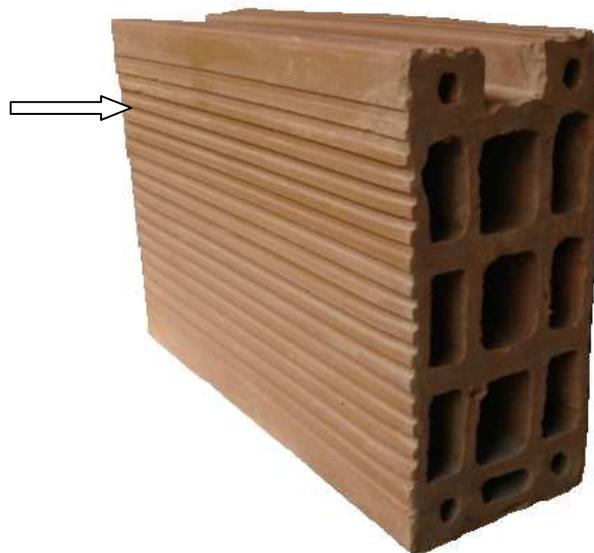


Figura 5.16 – Configuração final das ranhuras do bloco 9x19x29 estrutural

Foram confeccionados para cada ensaio, 12 corpos-de-prova de seção quadrada (50 x 50) mm moldados no local. O traço da argamassa utilizada no ensaio foi 1 : 2 : 9.

O ensaio foi realizado de acordo com as prescrições da NBR 13528 (ABNT, 1995) – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração.

A resistência de aderência à tração foi calculada através da seguinte equação:

$$Ra = \frac{P}{A}$$

Onde:

Ra = resistência de aderência à tração (MPa)

P = carga de ruptura (N)

A = área da pastilha (mm<sup>2</sup>)

As tabelas 5.6, 5.7 e 5.8, mostram respectivamente os resultados médios dos ensaios de resistência de aderência à tração para o tijolo 9x19x29 convencional sem chapisco, tijolo 9x19x29 convencional com aplicação de chapisco e bloco 9x19x29 estrutural.

Tabela 5.6 - Resultado médio do ensaio de resistência de aderência à tração

Idade (dias)	Carga (N)	Área do corpo- de- prova (mm <sup>2</sup> )	Resistência de aderência à tração (MPa)	Coefficiente de variação (%)
7	334	2500	0,13	1,9
14	350	2500	0,14	2,2
28	368	2500	0,15	2,3

para o tijolo 9x19x29 convencional sem chapisco

Tabela 5.7 - Resultado médio do ensaio de resistência de aderência à tração para o tijolo 9x19x29 convencional com chapisco

Idade (dias)	Carga (N)	Área do corpo- de- prova (mm <sup>2</sup> )	Tensão de aderência à tração (MPa)	Coefficiente de variação (%)
7	740	2500	0,29	1,7
14	762	2500	0,30	2,3
28	776	2500	0,31	2,1

Tabela 5.8 - Resultado médio do ensaio de resistência de aderência à tração para o bloco 9x19x29 estrutural

Idade (dias)	Carga (N)	Área do corpo- de- prova (mm <sup>2</sup> )	Tensão de aderência à tração (MPa)	Coefficiente de variação (%)
7	724	2500	0,29	1,8
14	758	2500	0,30	2,0
28	770	2500	0,31	2,3

Através das tabelas 5.6, 5.7 e 5.8, verifica-se que os resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração para o bloco 9x19x29 estrutural com a nova ranhura, foram semelhantes aos resultados obtidos no tijolo 9x19x29 convencional chapiscado. Conclui-se então que a nova ranhura atende à solicitação desejada.

## 5.5 - Prismas

Os Prismas são corpos-de-prova compostos por dois ou mais blocos, utilizados para realização de previsões à cerca das propriedades dos elementos a serem empregados nas obras reais (resistência à compressão, ao cisalhamento, etc).

Os prismas caracterizam-se também como uma grande alternativa para a realização das simulações, pois são de simples manuseio e representam economia. Para a realização deste ensaio normas e padrões são seguidos de maneira a garantir legitimidade do mesmo.

NBR-10837: esta norma prevê que a resistência média da alvenaria possa ser obtida através do ensaio de pelo menos 12 prismas, aos 28 dias de idade, segundo as recomendações da NBR-8215. De acordo com esta norma devem existir dois métodos de ensaios, nomeados de método **A** e método **B**, sendo para estudos em laboratórios e controle de obras, respectivamente. Os

prismas devem ser compostos pela justaposição de dois ou três blocos unidos por junta de argamassa.

Para o controle de resistência na obra, o método **B** determina que os prismas devam ser construídos com blocos e argamassa iguais aos que são efetivamente usados na estrutura, inclusive com o emprego da mesma mão-de-obra.

No presente trabalho foram confeccionados treze prismas compostos de dois blocos cerâmicos simples e treze prismas compostos de dois blocos com as paredes laterais recebendo emboço com 1 cm de espessura. Os ensaios foram executados em conformidade com as prescrições da norma brasileira NBR 8215 - Prismas de Bloco de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural, que é também utilizada em ensaios de prismas de blocos cerâmicos.

As juntas horizontais foram executadas com espessura de 1 centímetro e as superfícies das extremidades dos prismas foram montadas já capeadas com nata de cimento e areia fina.

Os primas foram ensaiados à compressão aos vinte oito dias de idades à partir da data de capeamento em prensa hidráulica da marca Versa Tester com capacidade de carga de 250 kN e velocidade de carregamento de 0,005 MPa/s.

Os resultados médios da resistência média à compressão dos prismas encontram-se nas tabelas 5.9 e 5.10.

Tabela 5.9 – Resistência à compressão média dos prismas simples

Número de corpos-de-prova	Resistência na área bruta (MPa)	Resistência na área líquida (MPa)	Desvio padrão na área bruta %	Coefficiente de variação (%)
13	1,75	2,10	0,28	16,0

Tabela 5.10 – Resistência à compressão média dos prismas com as paredes laterais emboçadas

Número de corpos-de-prova	Resistência na área bruta (MPa)	Resistência na área líquida (MPa)	Desvio padrão na área bruta %	Coefficiente de variação (%)
13	2,20	2,64	0,25	11,4

Comparando os resultados obtidos no ensaio à compressão do prisma de bloco 9x19x29 simples, com o ensaio à compressão do prisma de bloco 9x19x29 com as paredes laterais emboçadas, verifica-se que o prisma que recebeu revestimento em sua lateral teve um aumento em sua resistência média à compressão de 26%.

Na figura 5.17 verifica-se a ruptura no prisma de bloco 9x19x29 simples, ocorrido em seu septo transversal, conforme ocorrera no bloco 9x19x29 simples. A figura 5.18 mostra o aumento na fissuração inicial e o aparecimento de outra fissura, sempre nos septos horizontais do bloco. Na figura 5.19 observa-se com o aumento das aberturas, que a parede lateral direita do bloco em sua parte inferior começa a se deformar, até que repentinamente, tal como acontecera no ensaio de compressão dos blocos, a parede sofre o colapso (figura 5.20).



Figura 5.17 - Ruptura do prisma no canto inferior direito

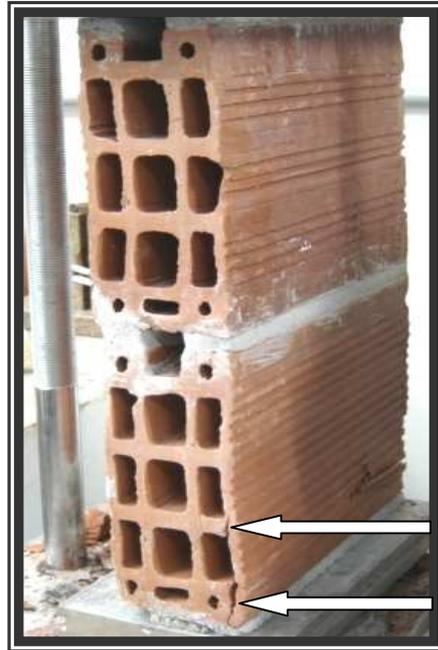


Figura 5.18 - Aumento da abertura e o aparecimento de outra fissura



Figura 5.19 - Aumento das aberturas e deformação da parede lateral

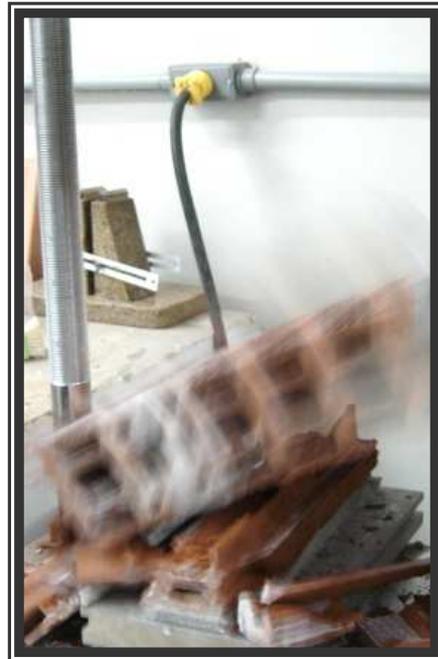


Figura 5.20 - Colapso repentino do prisma

A figura 5.21 registra a ruptura do prisma em seu septo superior. A figura 5.22 mostra a evolução discreta dessa abertura e o surgimento de uma nova fissura na parte inferior direita. Na figura 5.23 já se observa a ruptura de quase todas as paredes transversais do prisma, surgindo uma fissura na argamassa ao longo do prisma, indicando uma ruptura na argamassa por flexão. Por fim o colapso do prisma, embora de forma rápida, menos explosiva do que os prismas que não receberam o emboço lateral (figura 5.24)



Figura 5.21 - Ruptura do prisma no septo superior



Figura 5.22 - Aumento da abertura e o aparecimento de outra na base direita

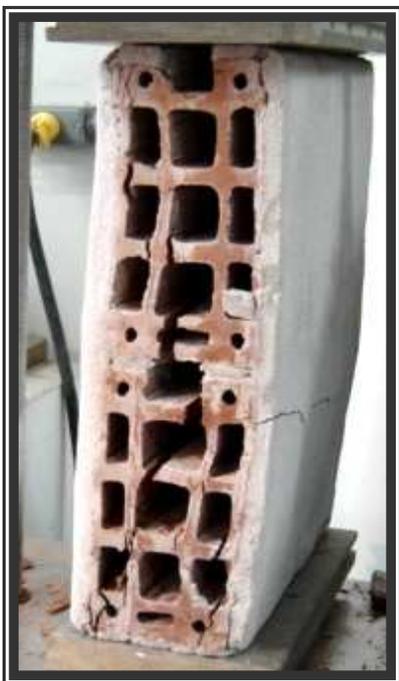


Figura 5.23 - Ruptura de quase todos os septos horizontais



Figura 5.24 - Colapso do prisma

### 5.5.1 - Ensaio de Prisma Cheio (bloco 9x19x29-FV)

A Figura 5.25 registra o aparecimento de duas fissuras no prisma 9x19x29-FV grouteado, uma em cada face do bloco inferior. Na figura 5.26 observa-se um aumento nas duas fissuras observadas anteriormente e o aparecimento de outra semelhante, desta vez no bloco superior. A figura 5.27 mostra o colapso do prisma e na figura 5.28 pode-se observar que o colapso do prisma ocorreu após o colapso do groute.

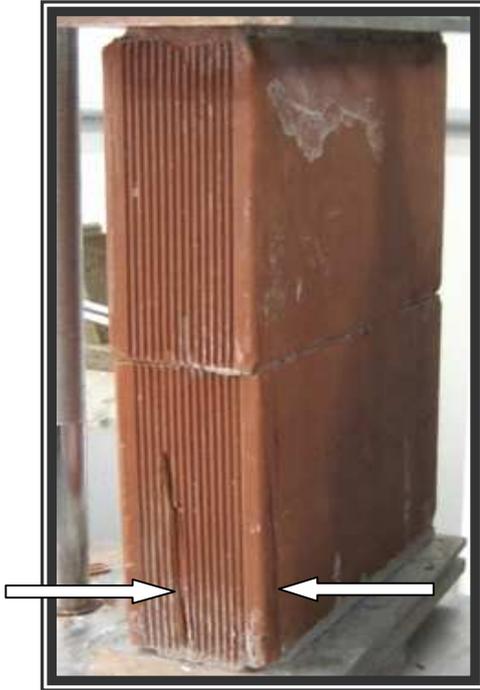


Figura 5.25 - Aparecimento de duas fissuras nos blocos inferiores



Figura 5.26 - Aumento nas aberturas das fissuras e o aparecimento de outras



Figura 5.27 - Colapso do prisma



Figura 5.28 - Ruptura do groute

O resultado da resistência média à compressão do prisma de bloco 9x19x29 grouteado encontra-se na tabela 5.11.

Tabela 5.11 – Resistência à compressão média do prisma de bloco 9x19x29 grouteado

Número de corpos-de-prova	Resistência média à compressão (MPa)	Desvio padrão (%)	Coefficiente de variação (%)
13	7,30	0,68	9,30

## 5.6 – Parede

Segundo Camacho (2001) os ensaios em grandes painéis de alvenaria são dispendiosos e morosos, não sendo convenientes para a determinação da resistência para fins de projeto, exceto em circunstâncias especiais. Normalmente são usados em pesquisas de laboratório para a verificação de métodos analíticos e obtenção de correlações de resistência com unidades e prismas. Esses ensaios são padronizados pela norma inglesa BS-5628 e pela NBR-8946.

Em nosso estudo, foi necessária a execução do ensaio de parede, em função das peças cerâmicas desenvolvidas possuírem uma nova morfologia, e a necessidade de comparação das relações de resistência entre prisma, bloco e parede para que assim as equações atualmente utilizadas nos blocos convencionais pudessem ser validadas. O ensaio também se fez necessário para a avaliação da influência da esbeltez, visto que o bloco possui uma esbeltez de 28,8 não atendendo ao requisito mínimo da ABNT que é 20.

Apesar da esbeltez estar acima do limite estabelecido pela ABNT, procuramos manter a mesma espessura dos blocos cerâmicos de vedação utilizados atualmente na construção civil.

Foram confeccionadas três paredes nas dimensões de (1,20 x 2,60) m conforme prescrição da norma brasileira NBR 8949 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Ensaio a Compressão Simples. Entretanto, só foi possível a realização do ensaio em duas paredes.

As paredes foram ensaiadas aos vinte oito dias de idade, em um sistema de carregamento MTS com a utilização de macacos hidráulicos MTS de 500 kN, células de carga MTS de 500 kN, utilização de relógio compensador (flexímetro de encurtamento) da marca Kyowa Peackoc com precisão de 0,07 mm, transdutor de deslocamentos (flexímetros de deslocamentos laterais e transversais) da marca Kyowa Peackoc com precisão de 0,15 mm, condicionador de sinais DPM 601 B da marca Kyowa Peackoc.

A figura 5.29 mostra o posicionamento dos flexímetros de deslocamentos laterais situados no terço médio superior e na metade da parede.

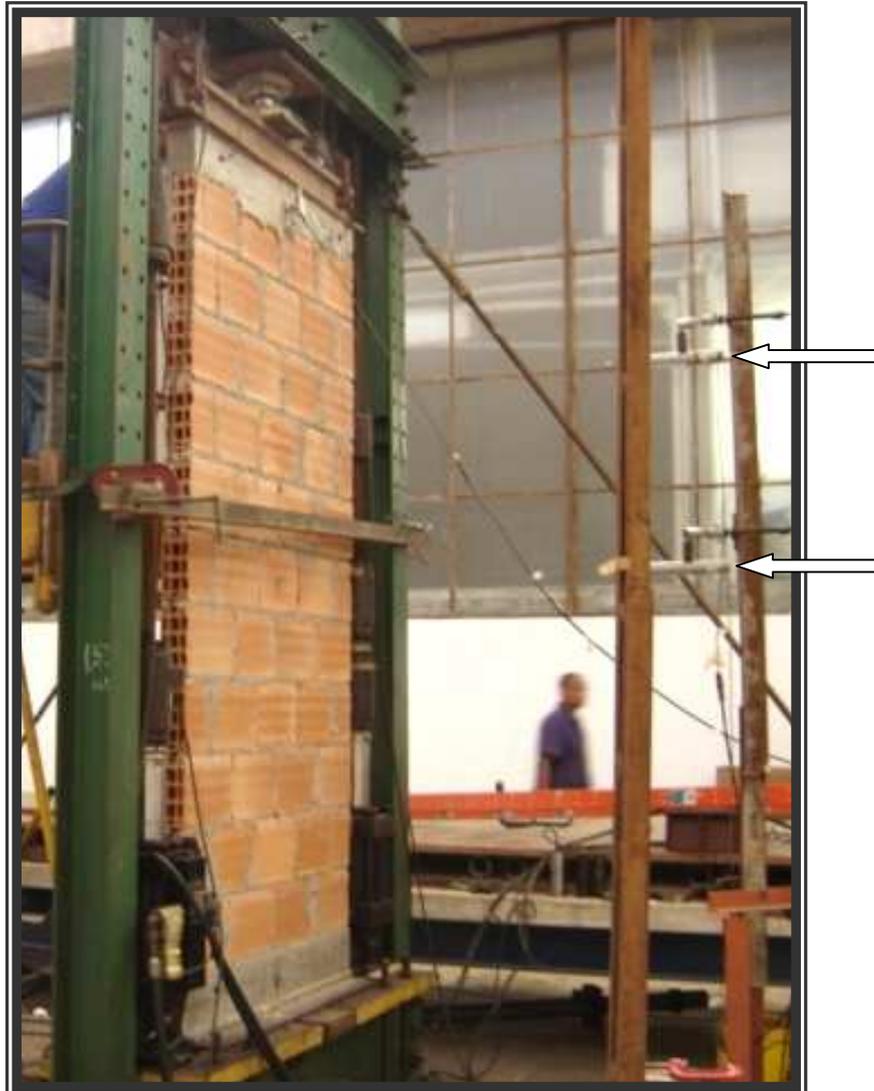


Figura 5.29 – Posicionamento dos flexímetros de deslocamentos laterais

A figura 5.30 mostra o relógio comparador (flexímetro de encurtamento) posicionados nas duas faces da parede para medir seus encurtamentos.

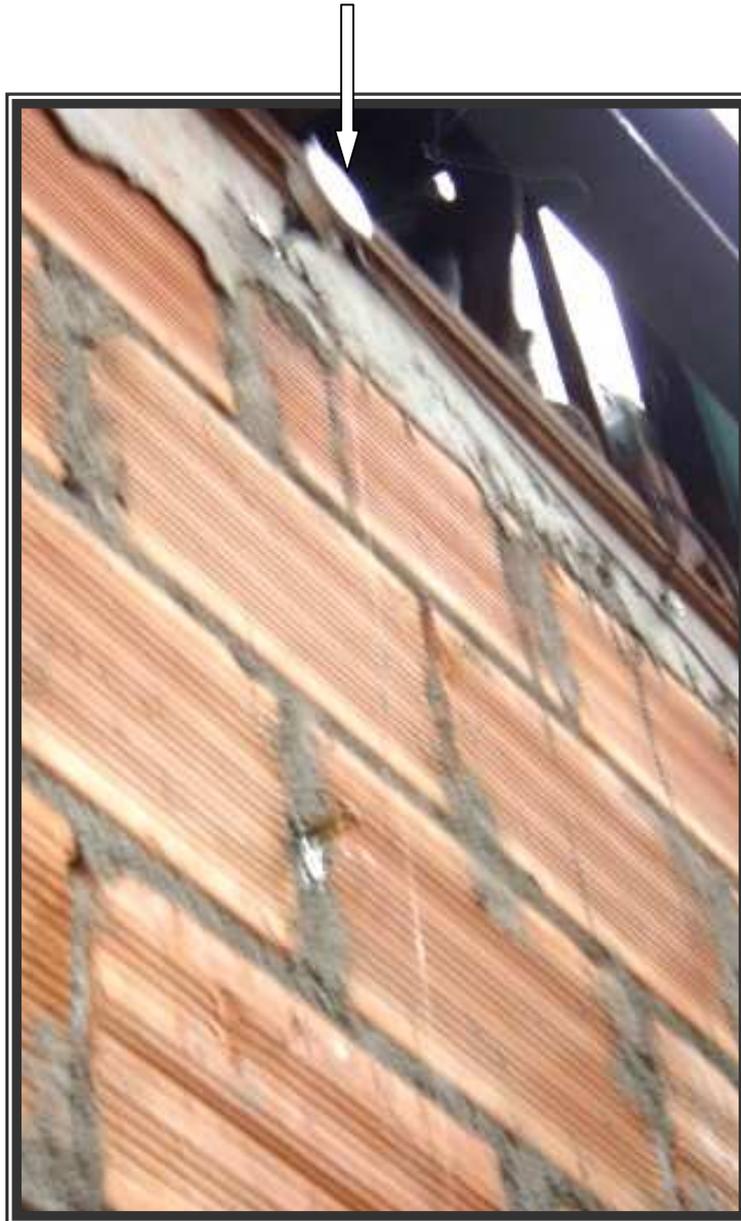


Figura 5.30 – Posicionamento dos flexímetros de encurtamento

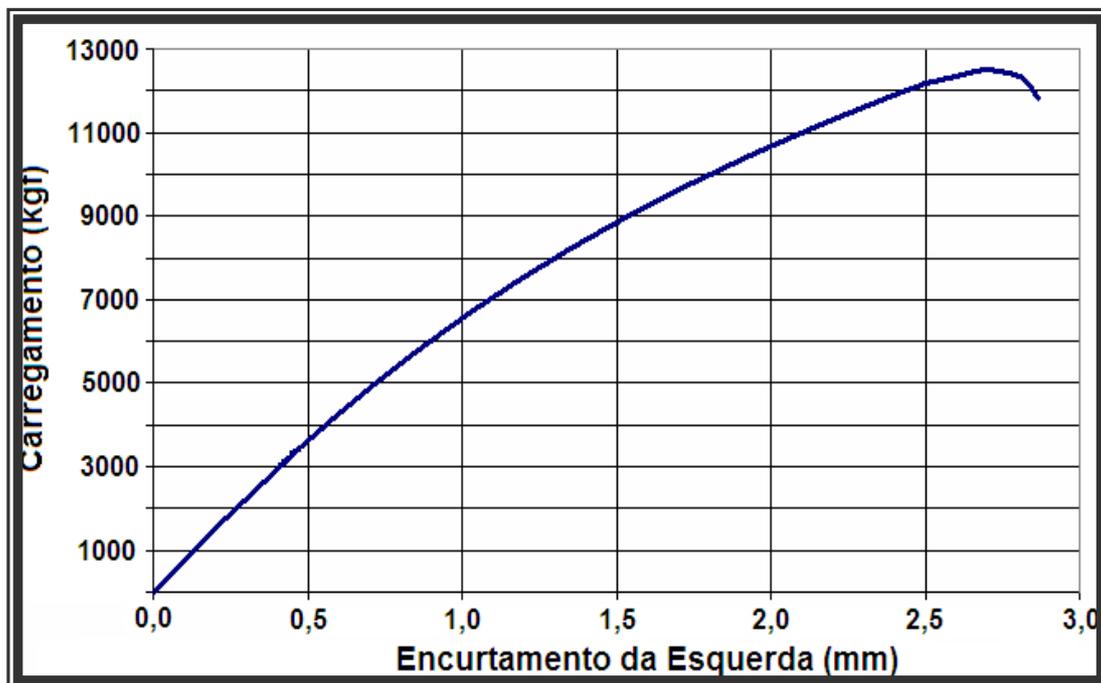
A figura 5.31 mostra a ruptura da parede, que aparentemente é uma ruptura por flexão, mas ela ocorreu por tração nos septos horizontais dos blocos localizados no terço superior e o tombamento ocorrido a partir da segunda fiada.



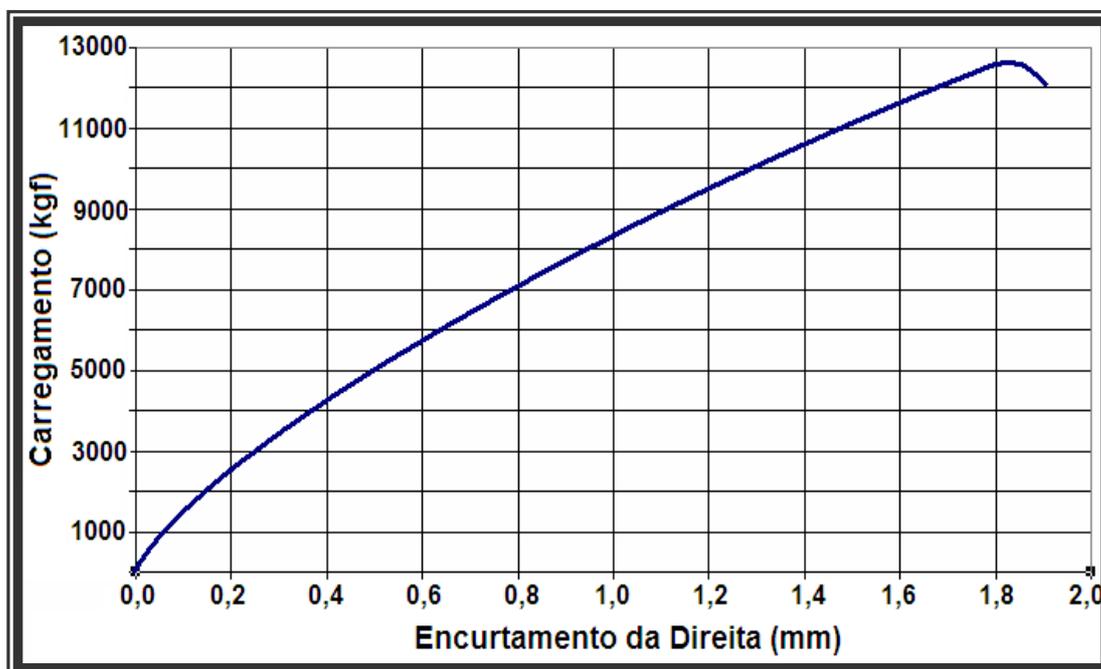
Figura 5.31 – Ruptura no septo horizontal do bloco e o tombamento da parede a partir da segunda fiada

#### **5.6.1- Resultados dos ensaios de deformabilidade**

As figuras 5.32 e 5.33, mostram respectivamente, os resultados dos ensaios de encurtamento das laterais da parede, onde pode-se observar que o encurtamento na lateral esquerda foi de 2,80 mm e o encurtamento na lateral direita de 1,85 mm. Essa diferença provavelmente ocorreu em função da falta de sincronismo da aplicação das forças por deficiência no equipamento.



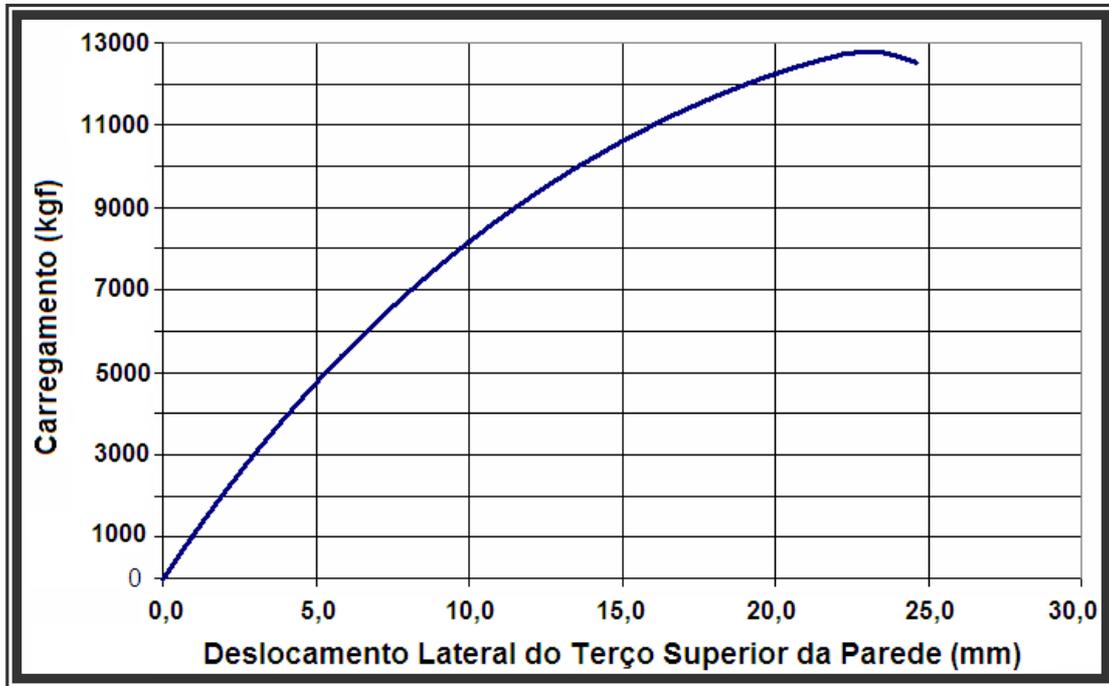
Figuras 5.32 – Gráfico do encurtamento da lateral esquerda da parede



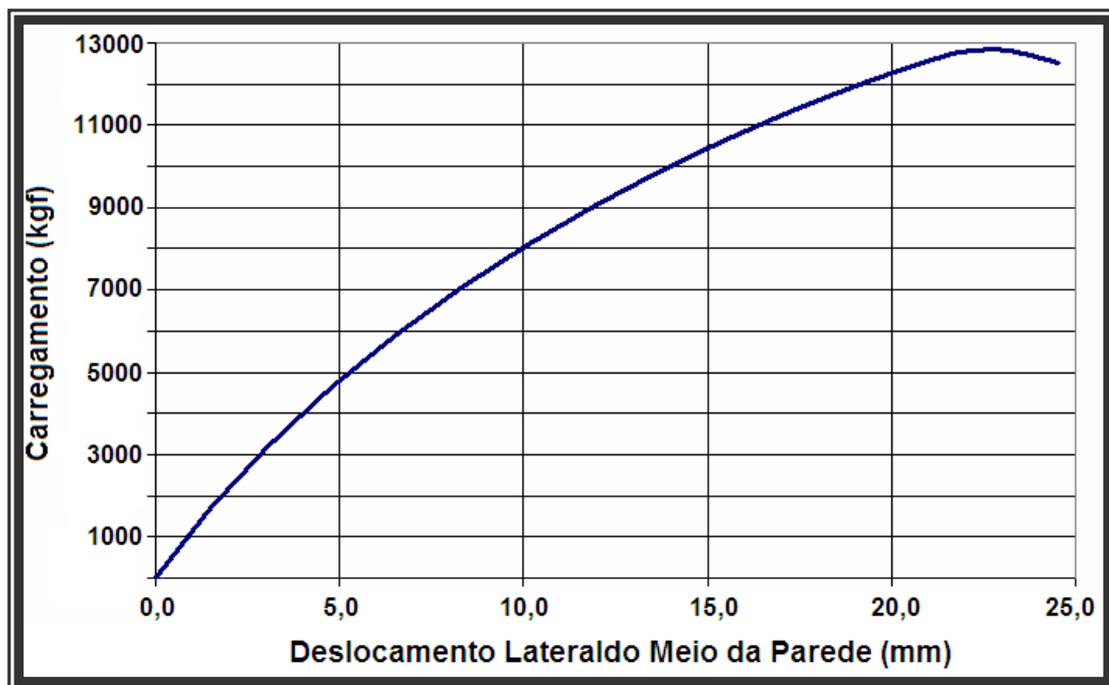
Figuras 5.33 – Gráfico do encurtamento da lateral direita da parede

As figuras 5.34 e 5.35, mostram respectivamente, os resultados dos ensaios de deslocamentos laterais do terço superior e da metade da parede,

onde observa-se que o deslocamento lateral do terço superior foi de 24,5 mm e o deslocamento lateral do meio da parede foi de 22,0 mm.



Figuras 5.34 – Deslocamento lateral do terço superior da parede



Figuras 5.35 – Deslocamento lateral do meio da parede

O resultado médio da resistência à compressão das paredes encontra-se na tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Resistência à compressão das paredes

Número de corpos-de-prova	Resistência na área bruta (MPa)	Desvio padrão área bruta %	Coefficiente de variação (%)
2	1,20	0,03	2,50

A tabela 5.13, mostra os resultados dos ensaios de blocos, prismas e paredes e suas respectivas relações.

Tabela 5.13 – Resultados dos ensaios de blocos, prismas, paredes e suas relações

	Resistência na área bruta (MPa)	Desvio padrão na área bruta (%)	Coefficiente de variação (%)	Eficiência
Blocos	1,80	0,27	15,0	—
Prismas	1,75	0,28	16,0	—
Paredes	1,20	0,03	2,5	—
Prisma/Bloco	—	—	—	0,97
Parede/Prisma	—	—	—	0,69

Na tabela 5.13, observa-se que a eficiência prisma/bloco foi 0,97, valor superior ao intervalo de valores (0,3 a 0,6) obtidos na prática corrente do Brasil. A eficiência parede/prisma foi 0,69, valor próximo de 0,7 que é utilizado inclusive nas equações, implicitamente, de dimensionamento com base na resistência de prisma ou parede.

Diante desses resultados, podemos concluir que o comportamento da nova morfologia proposta, sobretudo o da eficiência parede/prisma, está dentro dos valores normalmente encontrados para ensaios dessa natureza em nosso país.

## CAPITULO 6

### EXEMPLO NUMÉRICO

#### 6.1– Introdução

Com o intuito de demonstrar os procedimentos adotados na distribuição das ações verticais, nos cálculos e detalhamentos de um projeto com a adoção dessa tecnologia, será demonstrado um exemplo numérico de uma edificação com dois pavimentos, típica na utilização dessa tecnologia construtiva.

#### 6.2 - Distribuição das ações verticais

Um dos pontos de maior relevância e cuidado na metodologia Estrutural está nos critérios de monitoramento das ações de tensão e compressão das forças que atuam sobre as peças.

A transferência das ações verticais podem ser apresentadas de quatro formas distintas que serão descritas a seguir.

##### 6.2.1 - Paredes isoladas

O processo de distribuição das cargas verticais considera cada parede como um elemento independente, (figura 6.1), sem interação com os demais elementos da estrutura. Esta forma caracteriza-se como a mais simples, rápida

e segura para se obter as cargas totais em uma parede. Para isto, é necessária a realização do somatório de todas as cargas que atuam em todos os pavimentos acima do nível considerado.

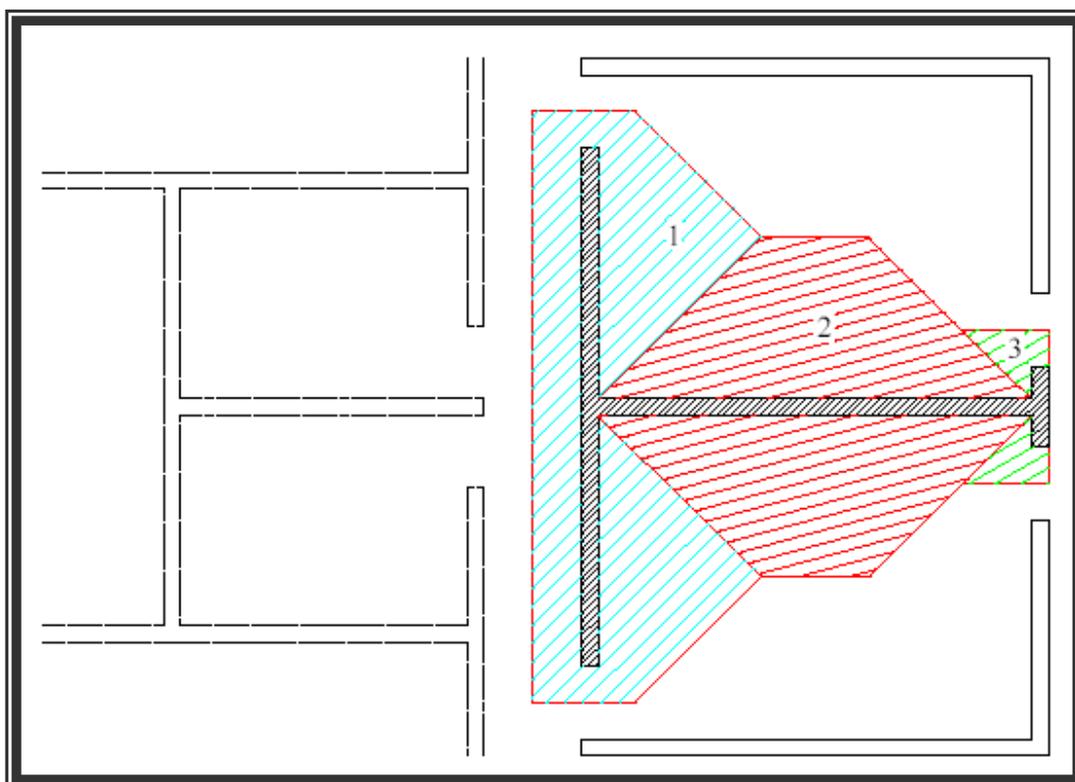


Figura 6.1 - Transferência de cargas verticais para paredes isoladas

### 6.2.2 - Grupos isolados de paredes.

Sutherland (1969), propunha que as paredes resistentes fossem subdivididas em grupos de paredes, figura 6.2, tratados como elemento único com carga correspondente à área de influência do grupo. Décadas depois Corrêa & Ramalho (1994) em um exemplo semelhante fazem as mesmas recomendações, que supõem um espraiamento ocorrendo em paredes ortogonais que estejam ligadas por um contrafiado perfeito, onde a amarração entre os blocos seria a condição necessária e suficiente para a ocorrência do fenômeno.

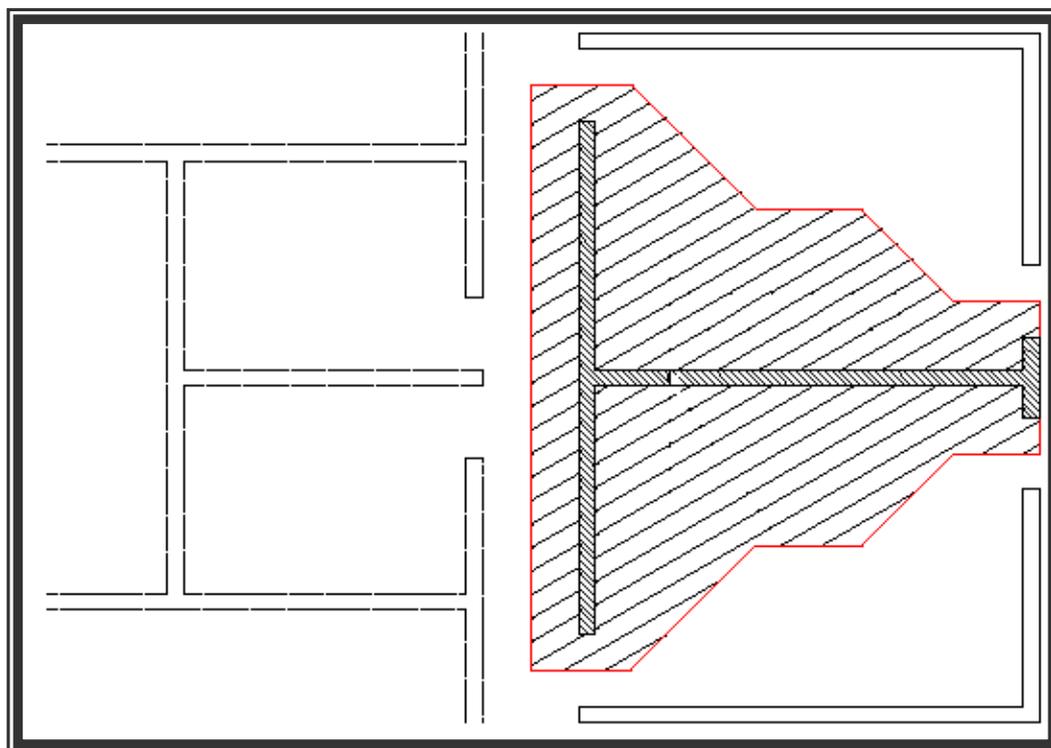


Figura 6.2 – Transferência de cargas verticais para grupos de paredes

Camacho (1995), através de resultados teóricos afirma que as cargas verticais em edifícios altos tendem a se uniformizar entre paredes interligadas do mesmo grupo nos pavimentos inferiores. Accetti (1998) afirma que esse procedimento é muito interessante, pois há a tendência de uniformização das tensões ao longo da altura da edificação, por outro lado pode ser um procedimento inseguro dependendo dos grupos considerados.

Segundo Correa & Ramalho (1994), esses elementos são definidos normalmente por comprimento de alvenaria estrutural sem aberturas ou mudança em sua direção, ou então, a existência de uma abertura define o limite entre as paredes.

### **6.2.3 - Grupos de paredes com interação.**

Segundo Correa & Ramalho (1994), este procedimento é uma extensão do anterior, com uma sofisticação adicional de modo que os grupos de paredes

interagem entre si devido a presença de lintéis ou da própria laje. Estes grupos reunidos constituem, segundo o autor, em macrogrupos.

Accetti (1998), explica que a diferença entre grupos isolados de paredes e grupo de paredes com interação, é que este último interage segundo uma taxa pré-definida, formando os macrogrupos, isto baseado no fato de que há interação quando houver alvenaria entre a abertura e a laje. A taxa de interação representa a parcela da diferença de cargas que deve ser uniformizada em cada nível entre os grupos que se interagem.

#### **6.2.4 - Grupo total de paredes.**

É a distribuição completamente uniforme de cargas verticais que agem em uma edificação entre suas várias paredes (Correa & Ramalho:1994). Caracteriza-se pela uniformização, fazendo como se não existisse distinção entre as paredes resistentes, ou seja, é como se todas as paredes da edificação fossem consideradas sob a mesma tensão, fazendo com que todo o carregamento do edifício pudesse ser dividido pela área de todas as paredes.

Segundo o autor, este procedimento é o mais simples e econômico, pois admite uma maior padronização das ações verticais sobre as paredes resistentes. Entretanto, possui uma grande desvantagem, o fator segurança, já que para a ocorrência desse procedimento, a interação entre as paredes deve de ser absolutamente perfeita.

#### **6.3- Exemplo numérico.**

A título de exemplo, de como as peças cerâmicas propostas se comportam será tomado um projeto de casas de padrão médio com dois pavimentos que estão sendo construídas em um condomínio denominado Pajé, no Município de Santo Antônio de Pádua, RJ, figuras 6.3, 6.4 e 6.5.



Figura 6.3- Fachada

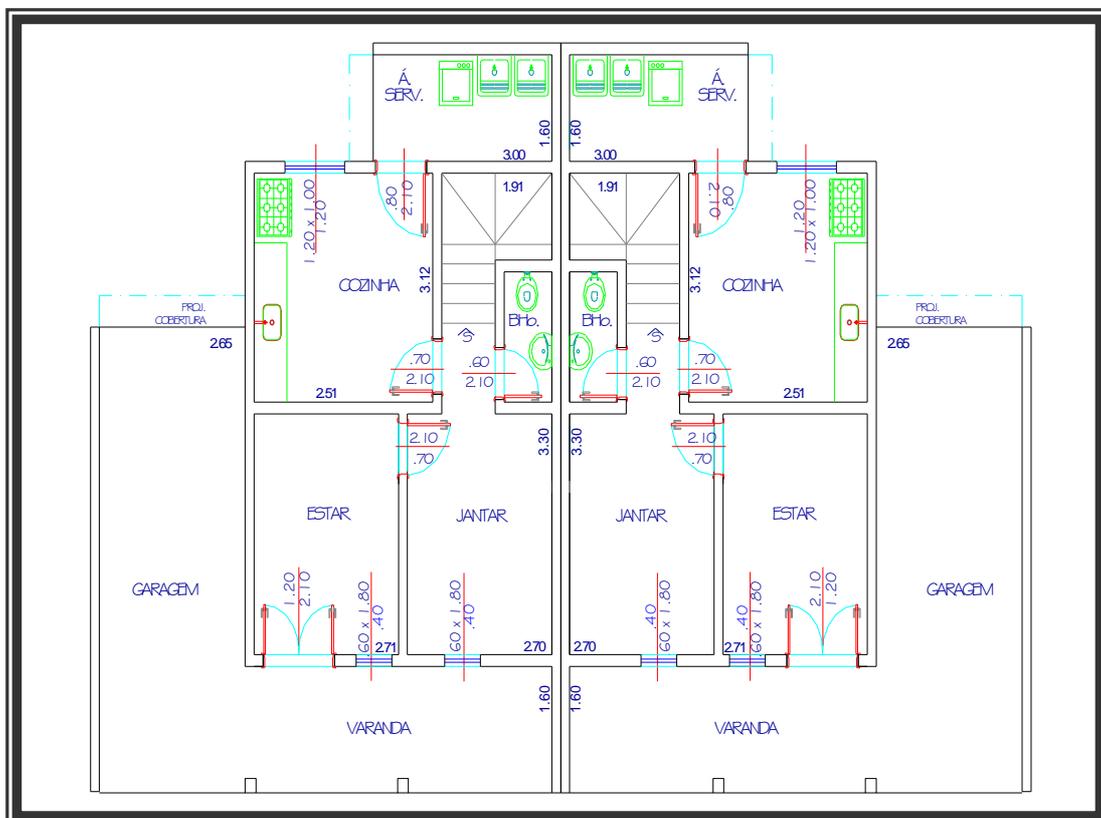


Figura 6.4- Planta baixa do Pavimento Térreo

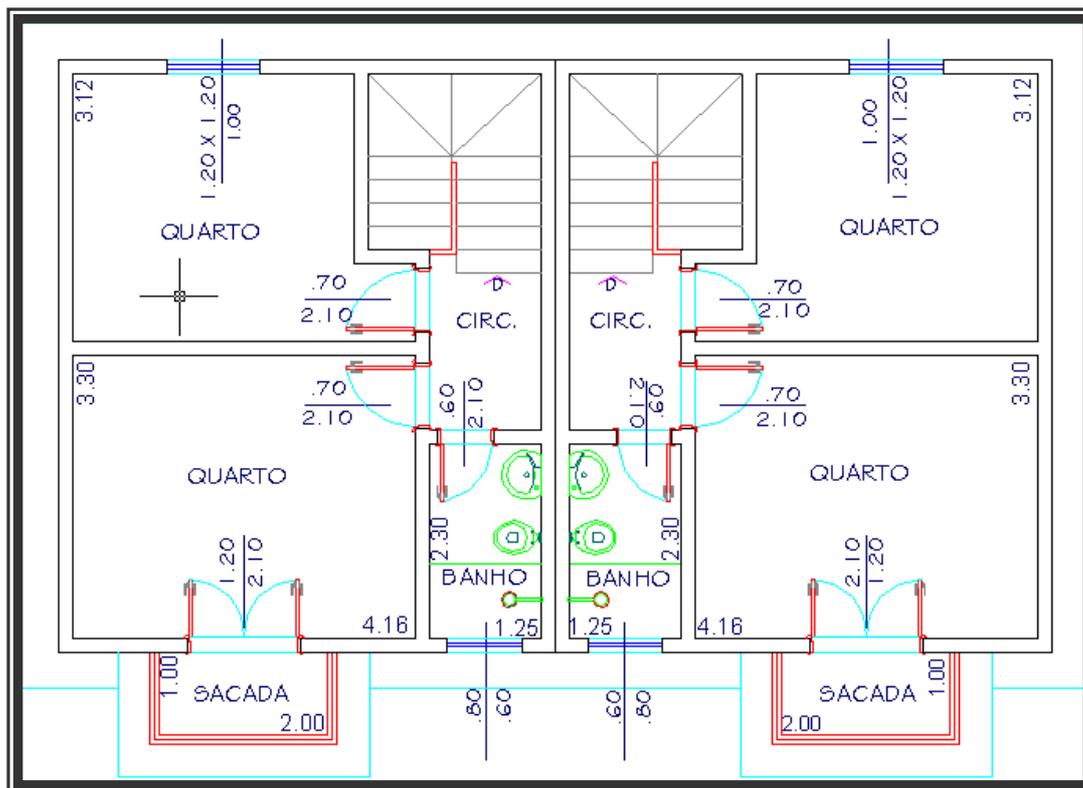


Figura 6.5- Planta baixa do Segundo Pavimento

Foi adotado o processo de paredes isoladas na distribuição das cargas verticais, porque a não uniformização das cargas verticais implica na especificação de blocos de resistências maiores, que é o nosso objetivo.

Existem várias soluções possíveis para o projeto, dependendo principalmente do tipo de laje. Nossa opção foi pela laje pré-moldada, por ser a que na análise financeira apresentou-se como a solução mais econômica. As figuras 6.6 e 6.7, mostram o esquema estrutural para o projeto com a direção de atuação das cargas das lajes.

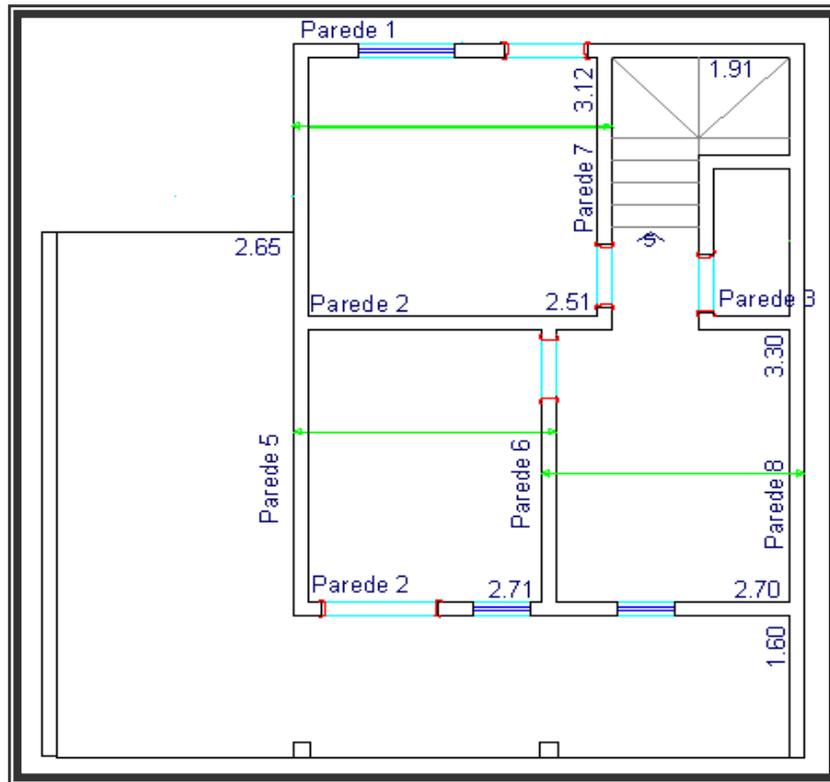


Figura 6.6- Esquema estrutural do Pavimento Térreo

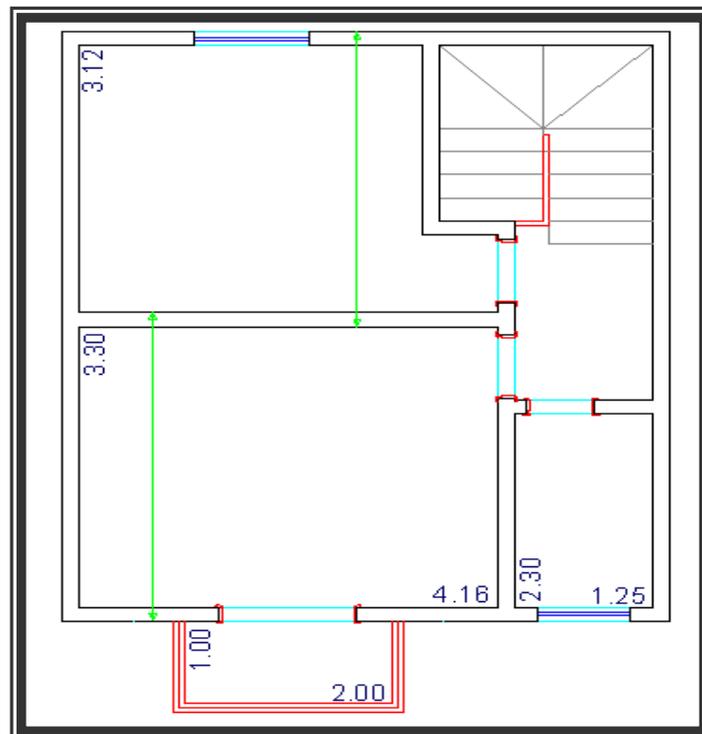


Figura 6.7- Esquema estrutural do Segundo Pavimento

A seguir, a seqüência dos cálculos de forma simples e objetiva de se determinar as cargas e tensões atuantes sobre as paredes para podermos dimensioná-las.

### 6.3.1-Tomada de cargas nas paredes

#### a) Lajes

##### Laje de piso (pré-moldada)

Peso próprio	= 2,0 kN/m <sup>2</sup>
Revestimento	= 1,0 kN/m <sup>2</sup> (NBR 6120)
Sobrecarga acidental	= <u>1,5 kN/m<sup>2</sup></u> (NBR 6120)
Total	= 4,5 kN/m <sup>2</sup>

##### Laje de forro (laje pré-moldada)

Peso próprio	= 1,9 kN/m <sup>2</sup>
Revestimento de teto	= 0,5 kN/m <sup>2</sup> (NBR 6120)
Telhado	= 0,5 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga acidental	= <u>0,5 kN/m<sup>2</sup></u> (NBR 6120)
Total	= 3,4 kN/m <sup>2</sup>
Total c/ caixa d`água (500 l)	= 4,2 kN/m <sup>2</sup>

**b) Escada**

Peso próprio	= 4,0 kN/m <sup>2</sup>
Revestimento	= 1,0 kN/m <sup>2</sup> (NBR 6120)
Sobrecarga acidental	= 2,5 kN/m <sup>2</sup> (NBR 6120)
Total	= 7,5 kN/m <sup>2</sup>

**c) Parede**

Peso específico da parede	= 13 kN/m <sup>3</sup>
Pé-direito	= 2,6 m
Espessura da parede	= 0,12 m
Peso linear da parede	= 4,1 kN/m

**d) Total das cargas sobre as Paredes**

Observação:

As cargas serão calculadas sem o desconto das aberturas nas paredes. Após a realização dos cálculos das ações verticais sobre as paredes, iremos acrescentar as cargas atuantes sobre as vergas que transmigram para as paredes laterais.

### d.1) Parede 1

#### Trecho I

$$P_1^{(I)} = 3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,21\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_1^{(I)} = 13,68 \text{ kN/m}$$

#### Trecho II

$$P_1^{(II)} = 0,12 \text{ m} \cdot 1,20 \text{ m} \cdot 13 \text{ kN/m}^3$$

$$P_1^{(II)} = 1,89 \text{ kN/m}$$

#### Trecho III

$$P_1^{(III)} = P_1^{(I)} = 13,68 \text{ kN/m}$$

#### Trecho IV

$$P_1^{(IV)} = 0$$

#### Trecho V

$$P_1^{(V)} = 4,2 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,21\text{m}}{2} + 7,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,60\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_1^{(V)} = 28,44 \text{ kN/m}$$

### d.2) Parede 2

$$P_2 = 3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,21\text{m}}{2} + 3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_2 = 19,42 \text{ kN/m}$$

### d.3) Parede 3

$$P_3 = 7,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,60\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m}$$

$$P_3 = 17,60 \text{ kN/m}$$

### d.4) Parede 4

#### Trecho I

$$P_4^{(I)} = 3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_4^{(I)} = 13,96 \text{ kN/m}$$

#### Trecho II

$$P_4^{(II)} = 0$$

#### Trecho III

$$P_4^{(III)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} + 4,1 \text{ kN/m}$$

$$P_4^{(III)} = 8,6 \text{ kN/m}$$

#### Trecho IV

$$P_4^{(IV)} = 0,12 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \cdot 13 \text{ kN/m}^3$$

$$P_4^{(IV)} = 0,63 \text{ kN/m}$$

#### Trecho V

$$P_4^{(V)} = 3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} + 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_4^{(V)} = 18,46 \text{ kN/m}$$

#### Trecho VI

$$P_4^{(VI)} = P_4^{(IV)}$$

$$P_4^{(VI)} = 0,63 \text{ kN/m}$$

#### Trecho VII

$$P_4^{(VII)} = 3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_4^{(VII)} = 13,96 \text{ kN/m}$$

### d.5) Parede 5

#### Trecho I

$$P_5^{(I)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{2,80\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_5^{(I)} = 14,50 \text{ kN/m}$$

### Trecho II

$$P_5^{(II)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,60\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_5^{(II)} = 13,30 \text{ kN/m}$$

### d.6) Parede 6

#### Trecho I

$$P_6^{(I)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{2,80\text{m}}{2} + 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{2,79\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m}$$

$$P_6^{(I)} = 16,68 \text{ kN}$$

#### Trecho II

$$P_6^{(II)} = 0$$

#### Trecho III

$$P_6^{(III)} = P_6^{(I)} = 16,68 \text{ kN/m}$$

### d.7) Parede 7

#### Trecho I

$$P_7^{(I)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,60\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_7^{(I)} = 13,30 \text{ kN/m}$$

### Trecho II

$$P_7^{(II)} = 0$$

### Trecho III

$$P_7^{(III)} = P_7^{(I)}$$

$$P_7^{(III)} = 13,30 \text{ kN/m}$$

## d.8) Parede 8

### Trecho

$$P_8^{(I)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{2,79\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2 \quad P_8^{(I)} = 14,48 \text{ kN/m}$$

### Trecho II

$$P_8^{(II)} = 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_8^{(II)} = 8,2 \text{ kN/m}$$

## e - Transmigração das cargas

A transmigração das cargas pode ser admitida como se as cargas sobre as vergas se transformassem em reação de apoio destas últimas sobre as paredes. Estas cargas concentradas podem ser substituídas por cargas uniformes obedecendo-se um espriamento de 45°, segundo prescrição da NBR 10837, ver figura 6.8.

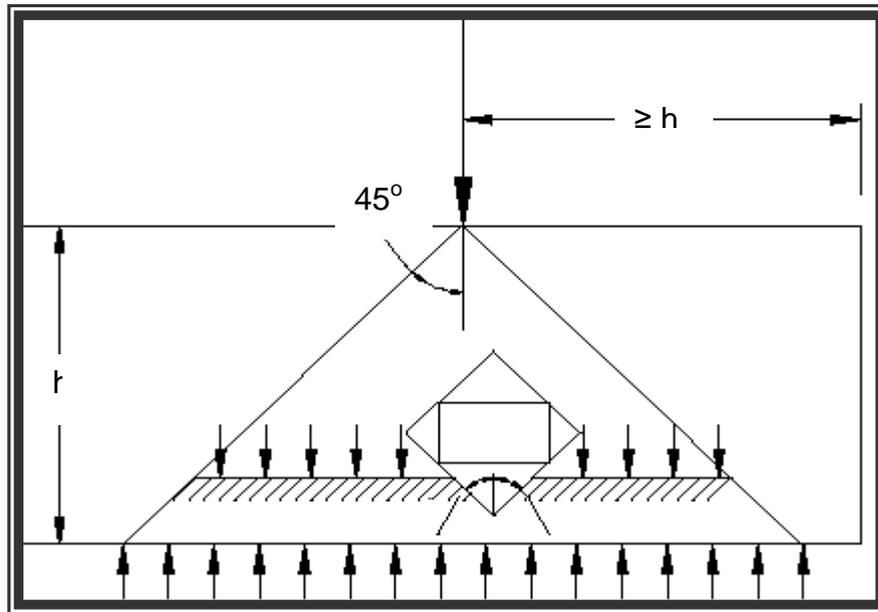


Figura 6.8 – Distribuição de cargas em paredes com aberturas segundo a NBR 10837

**e.1) Parede 1**

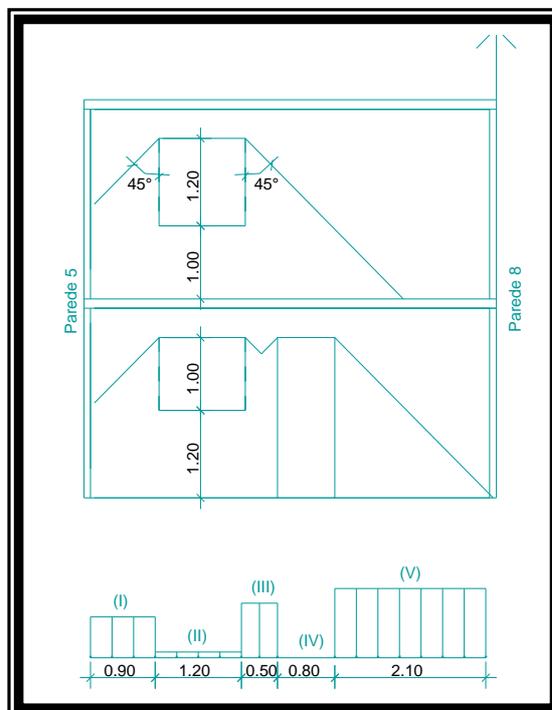


Figura 6.9 – Vista da parede 1 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho

### Trecho I

$$P_1^{(I)} = 13,68 \text{ kN/m} + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,21\text{m}}{2} + 0,12\text{m} \cdot 1,40\text{m} \cdot 13 \text{ kN/m}^3) \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 0,90\text{m}$$

$$P_1^{(I)} = 18,77 \text{ kN/m}$$

### Trecho II

$$P_1^{(II)} = 1,87 \text{ kN/m}$$

### Trecho III

$$P_1^{(III)} = 13,68 \text{ kN/m} + 0,12\text{m} \cdot 1,40\text{m} \cdot 13 \text{ kN/m}^3 \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 0,50\text{m} + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,21\text{m}}{2} \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 2,20\text{m} + 4,1 \text{ kN/m}) \cdot \frac{0,80\text{m}}{2} : 0,50\text{m}$$

$$P_1^{(III)} = 25,43 \text{ kN/m}$$

### Trecho IV

$$P_1^{(IV)} = 0$$

### Trecho V

$$P_1^{(V)} = 28,44 \text{ kN/m} + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,21\text{m}}{2} + 3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,21\text{m}}{2} \cdot 1,20\text{m} : 2,20 \text{ m} + 4,1 \text{ kN/m}) \cdot \frac{0,80\text{m}}{2} : 2,10\text{m}$$

$$P_1^{(V)} = 30,83 \text{ kN/m}$$

### e.2) Parede 2

A parede 2 não possui aberturas e portanto sua carga permanecerá a mesma:

$$P_2 = 19,42 \text{ kN/m}$$

### e.3) Parede 3

Tal como a parede 2, a parede 3 não possui abertura, logo:

$$P_3 = 17,60 \text{ kN/m}$$

**e.4) Parede 4**

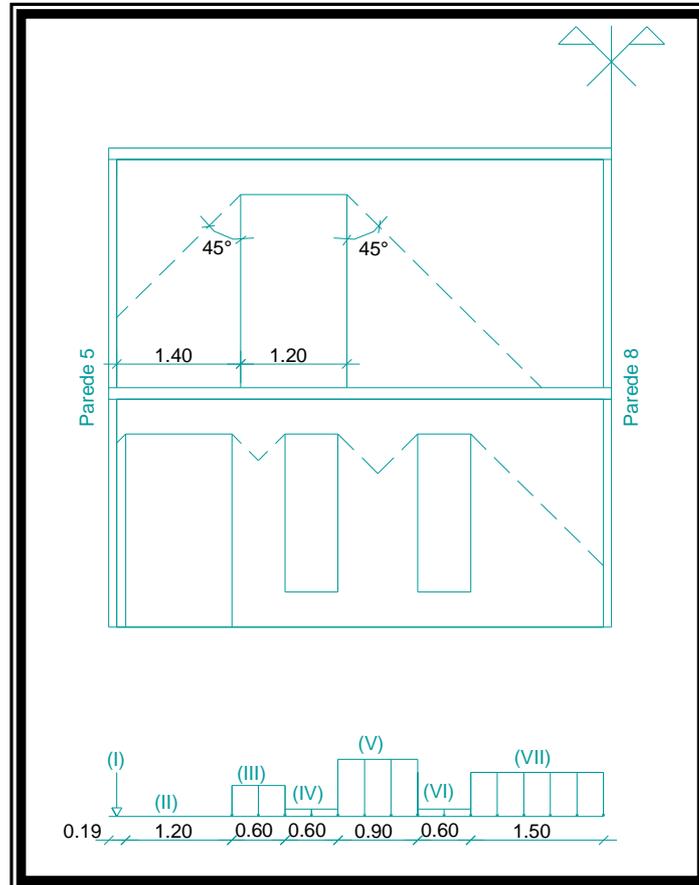


Figura 6 .10 – Vista da parede 4 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho

**Trecho I**

$$P_4^{(I)} = [13,96 \text{ kN/m} + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 1,40\text{m}) \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 0,19\text{m}] \cdot 0,19\text{m}$$

$$P_4^{(I)} = 4,14 \text{ kN}$$

**Trecho II**

$$P_4^{(II)} = 0$$

### Trecho III

$$P_4^{(III)} = 8,60 \text{ kN/m} + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 1,40\text{m}) \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 0,60\text{m} +$$

$$4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot \frac{0,60\text{m}}{2} : 0,60\text{m}$$

$$P_4^{(III)} = 13,32 \text{ kN/m}$$

### Trecho IV

$$P_4^{(IV)} = 0,63 \text{ kN/m}$$

### Trecho V

$$P_4^{(V)} = 18,46 \text{ kN/m} + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 2,20\text{m}) + (4,5$$

$$\text{ kN/m}^2 \cdot 1\text{m} \cdot \frac{0,60\text{m}}{2} : 0,60\text{m}) + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 2,20\text{m})$$

$$\cdot \frac{0,60\text{m}}{2} : 0,90\text{m}$$

$$P_4^{(V)} = 22,81 \text{ kN/m}$$

### Trecho VI

$$P_4^{(VI)} = P_4^{(IV)} = 0,63 \text{ kN/m}$$

### Trecho VII

$$P_4^{(VII)} = 13,96 \text{ kN/m} + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 2,20\text{m}) + (3,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,39\text{m}}{2} \cdot \frac{1,20\text{m}}{2} : 2,20 \text{ m}) \cdot 0,60 \text{ m} : 1,50\text{m}$$

$$P_4^{(VII)} = 16,16 \text{ kN/m}$$

### e.5) Parede 5

#### Trecho I

$$P_5^{(I)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{2,80\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_5^{(I)} = 14,50 \text{ kN/m}$$

#### Trecho II

$$P_5^{(II)} = 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{3,60\text{m}}{2} + 4,1 \text{ kN/m} \cdot 2$$

$$P_5^{(II)} = 13,30 \text{ kN/m}$$

**e.6) Parede 6**

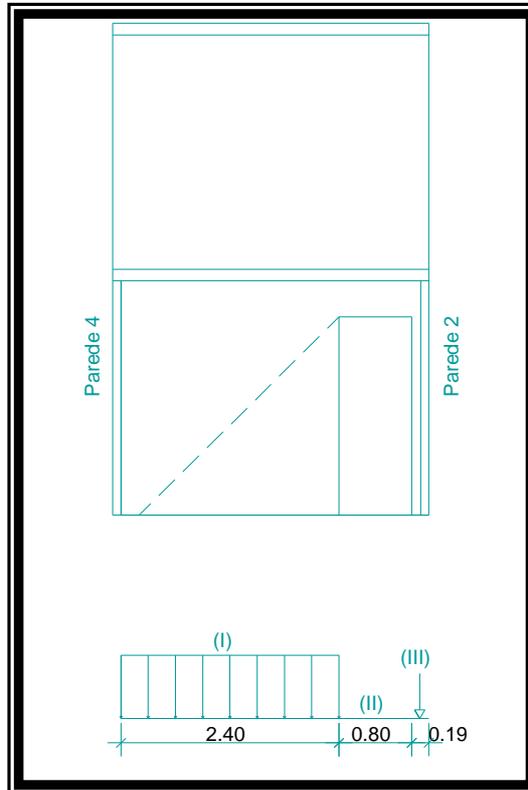


Figura 6.11 – Vista da parede 6 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho

**Trecho II**

$$P_6^{(II)} = 0$$

**Trecho III**

$$P_6^{(III)} = [16,68 \text{ kN/m} + (4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{2,80\text{m}}{2} + 4,5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{2,79\text{m}}{2}) \cdot \frac{0,80\text{m}}{2} : 0,19\text{m}] \cdot 0,19\text{m}$$

$$P_6^{(III)} = 8,20 \text{ kN}$$

**e.7) Parede 7**

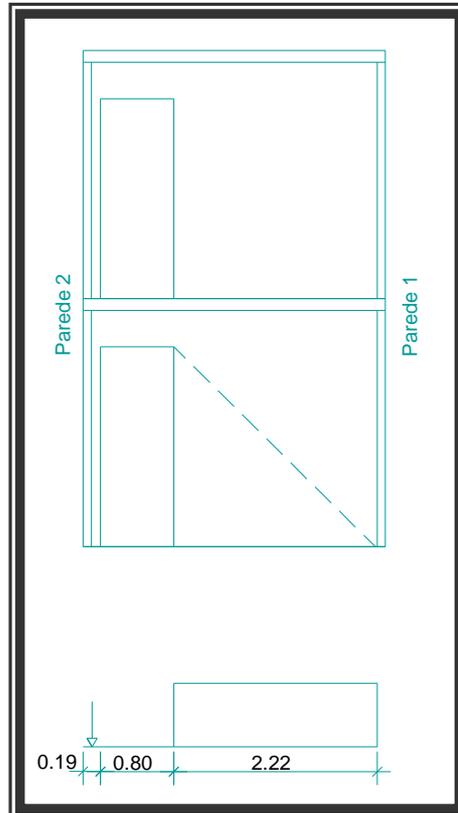


Figura 6.12 – Vista da parede 7 com o diagrama das cargas totais atuantes em cada trecho

**Trecho I**

$$P_7^{(I)} = (16,08 \text{ kN/m} + 4,5 \text{ kN/m}^2 + \frac{3,60\text{m}}{2} \cdot \frac{0,80\text{m}}{2} : 0,19\text{m}) \cdot 0,19\text{m}$$

$$P_7^{(I)} = 6,30 \text{ kN}$$

**Trecho II**

$$P_7^{(II)} = 0$$

### Trecho III

$$P_7^{(III)} = 16,08 \text{ kN/m} + 4,5 \text{ kN/m}^2 + \frac{3,60\text{m}}{2} \cdot \frac{0,80\text{m}}{2} : 2,22\text{m}$$

$$P_7^{(III)} = 17,54 \text{ kN/m}$$

#### f) Cálculo da tensão atuante sobre as paredes

$$f_{\text{alv,c}} = \frac{Q}{100} \cdot \frac{1}{t} \cdot 10 \quad (7)$$

$$f_{\text{alv,c}} = \frac{Q}{10 \cdot t}$$

onde:

$f_{\text{alv,c}}$  = tensão atuante (MPa)

Q = carga atuante (kN/m)

t = espessura da parede (cm)

A fim de facilitar os cálculos e permitir uma visualização dos resultados, foi montada a tabela 6.1. com os valores das cargas e tensões atuantes em cada trecho de parede.

Tabela 6.1 - Valores das cargas e tensões atuantes nas paredes

Parede	Carga atuante (kN/m)	Carga concentrada (kN)	Tensão atuante (MPa)
P <sub>1</sub> <sup>(I)</sup>	18,77		0,21
P <sub>1</sub> <sup>(II)</sup>	1,89		0,02
P <sub>1</sub> <sup>(III)</sup>	25,43		0,28
P <sub>1</sub> <sup>(IV)</sup>	0,00		0,00
P <sub>1</sub> <sup>(V)</sup>	30,83		0,34
P <sub>2</sub>	19,42		0,22
P <sub>3</sub>	17,60		0,20
P <sub>4</sub> <sup>(I)</sup>		4,14	
P <sub>4</sub> <sup>(II)</sup>	0,00		0,00
P <sub>4</sub> <sup>(III)</sup>	13,32		0,15
P <sub>4</sub> <sup>(IV)</sup>	0,63		0,01
P <sub>4</sub> <sup>(V)</sup>	22,81		0,25
P <sub>4</sub> <sup>(VI)</sup>	0,63		0,01
P <sub>4</sub> <sup>(VII)</sup>	16,16		0,18
P <sub>5</sub> <sup>(I)</sup>	14,50		0,16
P <sub>5</sub> <sup>(II)</sup>	16,30		0,18
P <sub>6</sub> <sup>(I)</sup>	18,78		0,21
P <sub>6</sub> <sup>(II)</sup>	0,00		0,00
P <sub>6</sub> <sup>(III)</sup>		8,20	
P <sub>7</sub> <sup>(I)</sup>		6,30	
P <sub>7</sub> <sup>(II)</sup>	0,00		0,00
P <sub>7</sub> <sup>(III)</sup>	17,54		0,19
P <sub>8</sub> <sup>(I)</sup>	14,48		0,16
P <sub>8</sub> <sup>(II)</sup>	8,20		0,09

### g) Cálculo da máxima tensão admissível

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,20 \cdot f_p \cdot \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t}\right)^3\right] \quad \text{item 5.1.2.1- NBR 10837 (8)}$$

onde:

$f_p$  = resistência média do prisma (MPa)

$h$  = altura da parede (cm)

$t$  = espessura da parede (cm)

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,20 \cdot 1,75 \cdot \left[1 - \left(\frac{260}{40 \cdot 9}\right)^3\right]$$

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,20 \cdot 1,75 \cdot 0,62$$

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,22 \text{ MPa}$$

O valor da máxima tensão admissível foi de 0,22 MPa e portanto, inferior apenas aos trechos de parede  $P_1^{(III)}$ ,  $P_1^{(V)}$  e  $P_4^{(V)}$ , o que já era esperado, pois os trechos  $P_1^{(III)}$  e  $P_4^{(V)}$  são muito pequenos.

Existem algumas soluções para o equacionamento destes problemas. A solução adotada foi a utilização do bloco 9x19x29 com alguns furos grouteados como será visto seguir.

Para isso será necessário calcular sua tensão admissível à compressão:

### h) Cálculo da tensão admissível no bloco 9x19x29-FV grouteados.

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,225 \cdot f_p \cdot \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t}\right)^3\right] \quad \text{item 5.2.3.1- NBR 10837 (9)}$$

onde:

$f_p$  = resistência média do prisma groutado (MPa)

$h$  = altura da parede (cm)

$t$  = espessura da parede (cm)

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,225 \cdot 7,30 \cdot \left[1 - \left(\frac{260}{40 \cdot 9}\right)^3\right]$$

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,225 \cdot 7,30 \cdot 0,62$$

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 1,02 \text{ MPa}$$

O valor encontrado para a tensão admissível no bloco 9x19x29-FV com todos os seus furos groutados, foi 363% maior do que a máxima tensão admissível no bloco 9x19x29, o que facilitará bastante na solução dos problemas em que a tensão admissível for menor do que a tensão atuante.

## **i ) Solução para cada trecho**

### **i .1) Parede 1**

#### **Trecho III**

O trecho III da parede 1 possui dois pontos que já requerem groutamento por questões construtivas. Considerando apenas o groutamento desses dois pontos que correspondem ao preenchimento de dois furos dos cinco existentes no trecho, ver figura 6.7, teremos um aumento de

145% na resistência do trecho que passará para 0,54 MPa e portanto 93% superior à tensão atuante que é de 0,28 MPa.



Figura 6.13 - Detalhe do trecho III da parede 1 com a utilização dos blocos 9x19x29-FV e bloco 9x19x19-FV com dois furos grouteados

### Trecho V

A tensão atuante nesse trecho, 0,34 MPa, é 54,5% maior que a tensão admissível do bloco 9x19x29. Para haver um equilíbrio de tensões nesse trecho, teremos que promover um aumento na tensão admissível de igual percentual. Como o trecho possui 2,10 m de comprimento, o equivalente a vinte um furos, 54,5% dos furos grouteados correspondem ao preenchimento de pouco mais de três furos. Portanto a solução para o trecho V, é o grouteamto de quatro furos, conforme figura 5.8, que elevará a tensão admissível no trecho para 0,37 Mpa.



Figura 6.14 - Detalhe do trecho V da parede 1 com a utilização do bloco 9x19x29 e do bloco 9x19x29-FV com quatro furos grouteados

## i.2) Parede 4

### Trecho V

Esse trecho, tal como aconteceu no trecho III da parede 1, requer por questões construtivas o grouteamento de dois pontos, que correspondem ao grouteamento de dois furos dos nove furos possíveis. O grouteamento dos dois furos, elevará a tensão admissível no trecho para 0,41 MPa e portanto 64% superior à tensão atuante de 0,25 MPa. A figura 5.9 mostra como ficará o trecho após a solução encontrada.



Figura 6.15 - Detalhe do trecho V da parede 4 com a utilização dos blocos 9x19x29 e do bloco 9x19x29-FV com dois furos grouteado

### j) Solução para os trechos com carga concentrada

Para este experimento será considerado os trechos de paredes com comprimento de 19 cm se comportando como pilares. Como os pontos de encontros entre paredes e pontos que limitam as aberturas são grouteados com a utilização de uma barra de 10.0 mm, será calculado os pilares de alvenaria com essa ferragem, ou seja, um  $A_s=0,8 \text{ cm}^2$  que representa uma taxa de armadura de 0,47% e portanto superior à taxa de armadura mínima (0,3%) estabelecida pela NBR 10837.

#### j.1) Cálculo da máxima tensão admissível no pilar com seção de (9x19)

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,20.f_p + 0,30.p.f_{yd} \cdot \left[1 - \left(\frac{h}{40.t}\right)^3\right] \text{ Item 5.2.3.2.1-NBR 10837 (10)}$$

onde:

$f_p$  = resistência média do prisma groutado ( $\text{kN/cm}^2$ )

$\rho$  = taxa de armadura do pilar

$f_{yd}$  = tensão de escoamento do aço

$h$  = altura do pilar (cm)

$t$  = espessura do pilar (cm)

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,20 \cdot 0,73 + 0,30 \cdot 0,0047 \cdot 16,5 \cdot \left[1 - \left(\frac{260}{40,9}\right)^3\right]$$

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,146 + 0,0145$$

$$\bar{f}_{\text{alv,c}} = 0,16 \text{ kN/cm}^2$$

Então a máxima carga admissível nos pilares com seção de 9x19 será:

$$\bar{P} = \bar{f}_{\text{alv,c}} \cdot 9 \cdot 19 \quad (11)$$

$$\bar{P} = 0,16 \cdot 171$$

$$\bar{P} = 27,36 \text{ kN}$$

Portanto, a carga admissível em um pilar de alvenaria com seção de (9x19) cm e com armadura de uma barra de 10.0 mm é bem superior às cargas atuantes nos trechos de alvenaria:  $P_4^{(I)} = 4,14 \text{ kN}$ ,  $P_6^{(III)} = 8,20 \text{ kN}$  e  $P_7^{(I)} = 6,30 \text{ kN}$ .

#### 6.4 - Quadro comparativo de custos para assentamento, chapisco e emboço

Nos processos de racionalização da construção, os trabalhos de alvenaria são extremamente importantes. A escolha dos materiais que deverão compor os trabalhos de vedação contribui decisivamente para a redução dos custos finais da construção.

A alternativa entre o sistema convencional de tijolos cerâmicos de vedação 9x19x19 (figura 6.16), o bloco cerâmico estrutural convencional 14x19x29 (figura 6.17) e o bloco estrutural 9x19x29 (figura 6.18), ao estudo e exame da composição de custos, revela diferenças sensíveis em custos unitários, tanto para materiais, como igualmente para mão-de-obra, como se pode observar na tabela 6.2.



Figura 6.16-Tijolo cerâmico de vedação (9x19x19)



Figura 6.17-Bloco cerâmico estrutural convencional



Figura 6.18-Bloco estrutural (9x19x29)

Insumos:

Mão-de-obra Pedreiro/h: R\$ 4,50<sup>(1)</sup>

Mão-de-obra Servente/h: R\$ 2,25<sup>(1)</sup>

Chapisco: R\$ 110,23/m<sup>3(2)</sup>

Argamassa de assentamento: R\$ 94,29/m<sup>3(2)</sup>

Argamassa de revestimento: R\$ 94,29/m<sup>3(2)</sup>

Leis Sociais: 124,26 %<sup>(2)</sup>

Tabela 6.2 – Comparação de custos unitários para assentamento, chapisco, emboço e reboco entre o tijolo cerâmico de vedação,(9x19x19) o bloco cerâmico estrutural (14x19x29) e o bloco cerâmico estrutural (9x19x29)

	Tijolo cerâmico de vedação (9x19x19)		Bloco cerâmico estrutural convencional		Bloco cerâmico estrutural (9x19x29)	
	Quantidade (por m <sup>2</sup> )	Preço total (por m <sup>2</sup> )	Quantidade (por m <sup>2</sup> )	Preço total (por m <sup>2</sup> )	Quantidade (por m <sup>2</sup> )	Preço total (por m <sup>2</sup> )
Tijolo/bloco	26,00	R\$ 4,68	17,00	R\$ 11,56	17,00	R\$ 8,50
Argamassa	0,05	R\$ 4,72	0,02	R\$ 1,89	0,006	R\$ 0,57
Pedreiro	0,80	R\$ 3,60	1,00	R\$ 4,50	0,40	R\$ 1,80
Servente	0,80	R\$ 1,80	1,00	R\$ 2,25	0,40	R\$ 0,90
Chapisco	0,01	R\$ 1,10	0,01	R\$ 1,10	—	—
Pedreiro	0,20	R\$ 0,90	0,20	R\$ 0,90	—	—
Servente	0,20	R\$ 0,45	0,20	R\$ 0,45	—	—
Emboço	0,03	R\$ 2,71	0,03	R\$ 2,71	0,03	R\$ 2,71
Pedreiro	0,30	R\$ 1,35	0,30	R\$ 1,35	0,30	R\$ 1,35
Servente	0,30	R\$ 0,68	0,30	R\$ 0,68	0,30	R\$ 0,68
Leis sociais		R\$ 10,91		R\$ 12,59		R\$ 5,88
Total		R\$ 32,90		R\$ 39,98		R\$ 22,39

Analisando o quadro comparativo acima, verificamos que os valores totais encontrados para o assentamento, chapisco e emboço, nos revelam que o custo total desses serviços para o tijolo cerâmico de vedação (9x19x19) foi 46,94% maior que do bloco cerâmico estrutural (9x19x29). E o custo total desses serviços para o tijolo estrutural convencional foi 78,56% maior que do bloco cerâmico estrutural (9x19x29).

<sup>1</sup> Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil do Norte Fluminense

<sup>2</sup> Mercado/Boletim Econômico

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSÃO

- **Ensaio preliminares**

Os ensaios preliminares que tiveram como objetivo a determinação da temperatura de queima a ser adotada na confecção dos blocos estruturais, mostraram que a temperaturas mais elevadas, como a obtida a 1000 °C, são as mais indicadas. Entretanto, devido a fatores restritivos, tais como a capacidade de queima dos fornos utilizados pelas Indústrias cerâmicas de Campos dos Goytacazes, optou-se pela adoção da faixa entre 850 °C e 900 °C, intervalo de temperatura que determina uma variação nas dimensões de 6,5%, porosidade aparente de 36%, absorção de água de 22% e uma tensão ruptura a flexão de 85 kgf/cm<sup>2</sup>.

- **Aderência**

Uma nova ranhura foi projetada com o objetivo de melhorar a aderência entre o bloco e a argamassa, visando à dispensa do uso de chapisco antes da execução do emboço da parede, propiciando economia de material e mão-de-obra.

Os resultados dos ensaios indicam que os valores de aderência à tração do tijolo 9x19x29 estrutural (tabela 5.8) foram semelhantes aos obtidos no ensaio do tijolo 9x19x29 convencional chapiscado (tabela 5.7), atendendo a norma da ABNT.

- **Morfologia**

A nova morfologia do bloco 9x19x29, além de facilitar o entijolamento nos moldes adotados pela mão-de-obra atual, isto é, da mesma forma que são assentados os blocos de vedação, simplifica as instalações elétricas e hidro-sanitárias.

- **Ensaio de resistência em blocos e prismas**

Os ensaios de resistência mostraram não haver diferença significativa entre blocos e prismas, conforme os resultados das tabelas 5.1 e 5.9. Observou-se também que o bloco 9x19x29-FV *grouteado*, obteve resistência à compressão satisfatória para equacionar trechos de parede em que as tensões atuantes superem a tensão admissível do bloco 9x19x29 estrutural.

Durante a realização dos ensaios, verificou-se que a ruptura ocorreu por desligamentos dos septos horizontais dos blocos situados no terço superior da parede, caracterizando uma ruptura por tração. Observou-se também, que o colapso se deu de forma repentina, isto é, não foi observado fissuras ou trincas nas faces laterais dos blocos antes do colapso. Entretanto esse fato em uma edificação não ocorrerá de maneira independente, ou seja, a alvenaria não estará atuando de maneira independente aos blocos grauteados (bloco 9x19x29-FV, bloco 9x19x19-FV, bloco cantoneira 9x19x29 e bloco cantoneira 9x19x19) que atuarão como “um sistema de segurança”, como pórticos nas edificações.

- **Ensaio de paredes**

A execução do ensaio de paredes com a nova morfologia proposta foi de extrema importância, pois somente a partir das relações entre os resultados das resistências de blocos, prismas e paredes podem-se viabilizar de forma segura a adoção das equações correntes de cálculos em alvenaria estrutural. Com os resultados obtidos nos ensaios, concluímos que a eficiência prisma/bloco e parede/prisma foram compatíveis com os valores que se obtém em ensaios correntes realizados no Brasil com os blocos cerâmicos estruturais convencionais.

- **O capeamento**

O capeamento, isto é, o revestimento de 1 cm nas laterais dos blocos e prismas, revelou um aumento significativo de 26% nas suas resistências à compressão, o que de certa forma promove uma segurança extra ao sistema, pois esses aumentos não são computados nos cálculos.

Conforme focalizado no exemplo numérico do capítulo 6, a resistência à compressão dos novos blocos, apesar de não atenderem aos limites pré-estabelecidos por norma, é perfeitamente adequada às edificações ditas de pequeno porte, pois nos casos raros em que a tensão admissível da parede foi inferior a tensão atuante, o grauteamento de alguns furos dos blocos 9x19x29-FV aumentando a tensão resistente da parede, viabilizou a utilização da nova morfologia na edificação do exemplo numérico.

Os limites estabelecidos por norma que definem resistência mínima de 4,5 MPa para blocos de concreto e de 3,0 MPa para Blocos cerâmicos, apesar de servirem como referencial, podem ser avaliados por profissionais em função da sua utilização desde que atendam as relações blocos, prismas e paredes. Permitindo assim, que possam ser inseridos nas equações de cálculo.

Avaliando-se pelo aspecto geral, a estrutura pode ser considerada como mista, entre alvenaria armada e alvenaria não-armada, pois os blocos 9x19x29-FV, bloco 9x19x19-FV, bloco cantoneira 9x19x29 e bloco cantoneira 9x19x19, funcionam como pilares e o bloco canaleta funciona como vigas, isto é, para o caso das vigas, as canaletas não atuam apenas como distribuidoras de cargas.

Um problema comum nas edificações de pequeno porte, consiste na alteração que alguns proprietários costumam promover durante as reformas, tais como novas aberturas de vãos de portas e janelas, que nesse dimensionamento já é previsto. Dessa forma, a aplicação da nova morfologia embora simples, requer um planejamento estrutural, de modo a permitir que a estrutura sobre certos aspectos funcione como estrutura aporricada.

- **Estado da arte**

É necessário que todos passem a encarar os desafios da sociedade atual como um projeto coletivo. Esta idéia tornou o propósito e o eixo central da pesquisa. Portanto, desde o início da pesquisa, a utilização das peças cerâmicas permitiu que algumas habitações fossem construídas, intervindo, assim, ativamente na realidade. Entre elas destacamos os seguintes empreendimentos: Empreendimento Pajé, com catorze casas com dois pavimentos, construídas em condomínio, no município de Santo Antônio de Pádua, RJ (anexo 1); Empreendimento Monte Líbano, quatro casas com dois pavimentos construídas em condomínio, no município de Santo Antônio de Pádua, RJ, (anexo 2); Conjunto Habitacional de Travessão, setenta unidades habitacionais com um pavimento construídas no município de Campos dos Goytacazes, RJ (anexo 3). Atualmente em andamento (06/2005): Empreendimento Pajé II, no município de Santo Antônio de Pádua, RJ (anexo 4), Empreendimento Granja dos Cavaleiros, nove casas em condomínio com dois pavimentos, no município de Macaé, RJ (anexo 5). Projetos em fase de planejamento: Bairro Modelo Lagoa dos Prazeres, composto de um Conjunto Habitacional com trezentas e uma unidades habitacionais de um pavimento,

creche, escola, posto policial, posto médico, centro social, centro comercial e geração de renda, no município de Campos dos Goytacazes, RJ, (anexo 6). Conjunto Habitacional Jardim Aeroporto, com cento e cinqüenta e oito unidades habitacionais com dois pavimentos, creche, escola, posto policial, posto médico, centro social, centro comercial e geração de renda, no município de Campos dos Goytacazes, RJ, (anexo 7). Conjunto Habitacional Três Vendas, 18 unidades habitacionais com um pavimento, no município de Campos dos Goytacazes, RJ, (anexo 8). Conjunto Habitacional Barra do Furado, com quarenta e quatro unidades habitacionais com um pavimento, no município de Campos dos Goytacazes, RJ. Estas obras comprovam na prática o bom desempenho, qualidade e aceitação de mercado das novas peças cerâmicas.

- **Sugestões**

Visto a boa aceitação da proposta, conforme apresentado no item supracitado, o autor acredita que novas pesquisas nessa área devam ser implementadas, assim como a melhoria da mesma.

Entre as sugestões, podemos citar: estudo de interação entre as paredes, consideração da contribuição dos revestimentos, ensaios de paredes com a presença de pilaretes, ensaios de paredes com aberturas e novas morfologias.

## CAPÍTULO 8

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACCETI, K. M. (1998) Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria, São Carlos. 247 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ACCETI, K. M.; CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. (1998) "Tomadas de decisão em projetos estruturais de edifícios em alvenaria"[CD-ROM]. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 40., Rio de Janeiro, ago/1998. O estado da arte do concreto: tecnologia e qualidade na construção civil, São Paulo, IBRACON, 14p.
- ALY, V. L. C. (1991) Determinação da capacidade resistente do elemento de parede de alvenaria armada de blocos de concreto, submetidos a esforços de compressão, São Paulo, 103 p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1983) ACI-531-79- Building Code Requirements for Concret Masonry Structures (Revised 1983). Detroit, ACI.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1992) ACI-530.1-92- Specifications for Masonry Structures. Detroit, ACI.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1992) ACI-530-92- Building Code Requirements for Masonry Structures. Detroit, ACI.

ANDRADE, A. A. (1998) Comportamento estrutural das paredes de alvenaria. São Paulo. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ARMHEIN, J. E. (1998) Reinforced masonry engineering handblook, 5 th Ed., Los Angeles, USA, Masonry Institute of America.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (1980) Manul técnico da alvenaria. São Paulo, ABCI/Projeto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1980) NBR 6120- Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1980) NBR 6136- Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983) NBR 8215- Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural, preparo e ensaio a compressão. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985) NBR 898- Execução e controle de obras de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985) NBR 8949- Paredes de alvenaria estrutural, ensaio a compressão. Rio de Janeiro.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989) NBR 10837-  
Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989) NBR 6118-  
Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989) NBR 6123-  
Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1992) NBR 7171-Bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983) NBR 6461-Bloco cerâmico para alvenaria, verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1992) NBR 8042-Bloco cerâmico para alvenaria, formas e dimensões. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983) NBR 8043-Bloco cerâmico portante para alvenaria, determinação da área líquida. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984) NBR 8681-  
Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro.
- BARBOSA, P. C. (2000) Interação entre paredes de alvenaria estrutural e vigas de concreto armado. São Carlos. 106 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- BARBARA. Scheila B. Alves. Municipalização das políticas habitacionais: estudo dos indicadores sociais do município de Campos de Goytacazes (1997-2002) Dissertação (mestrado) Rio de Janeiro. 2004.
- BARBOSA, P. C.; CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. (2000) Numerical analysis of the composite action of masonry walls and reinforced concrete beams. In: International Brick/Block Masonry Conference, 12., Madrid, Spain, 25-28 June, 2000. Proceedings. Madrid, Universidad politécnica de Madrid. V. 2, p. 1491.
- BASSO, A.; CORRÊA, M.R.S; RAMALHO, M.A. (1997) Fissuras em paredes de alvenaria estrutural sob lajes de cobertura de edifícios. In: IV Congresso Ibero-Americano de Patologia das Construções, 1., Porto Alegre, Brasil, 21-24 out. 1997. Anais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. p. 367-374.
- BASTOS, P.S.S. (1993) Contribuições ao projeto de edifícios de alvenaria estrutural pelo método das tensões admissíveis. São Carlos. 242p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Micro dados da Amostra domiciliar do Censo Demográfico 2000. FIBGE: Rio de Janeiro, 2002.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (1992) BS 5628 – Code of practice for Structural use of masonry. Part 1. Unreinforced masonry. Londres, Inglaterra.
- COELHO. Will Robson, O déficit das moradias: Instrumento para avaliação e aplicação de programas de habitação. dissertação (mestrado) Escola de Engenharia São Carlos. São Paulo. 2002

OBSERVATÓRIO SOCIO ECONOMICO DO NORTE FLUMINESE Nº8.

Indicadores de qualidade de vida nas cidades das regiões norte e noroeste fluminense. Campos dos Goytacazes. Outubro /2002

CAMACHO, J.S. (1995) Contribuições ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica. São Paulo. 157p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.2001

CARDOSO, Adauto Lucio. Irregularidade Urbanística: questionando algumas hipóteses. UFRJ/IPPUR . Rio de janeiro .2001

CAPUZZO NETO, V. (2000) Estudos teóricos e experimental da interação de paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais. São Paulo. 111p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CAPUZZO NETO, V.; CORRÊA, M.R.S.; RAMALHO, M.A. (2000) A theoretical and experimeta study of intersecting bordered walls under vertical loads. In: Internacional Brick/Block Masonry Conference, 12., Madrid, Madrid. V. 2, p.1493-1508.

CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS. Campos dos Goytacazes perfil econômico e social. Capítulo 10. Rio de janeiro. 2004

COMITÊ EURO-INTERNACIONAL DU BÉTON (1991) CEB-FIP Model Code 1990: Final Draft. Bulletin D'Information, n. 203-204, July.

CORRÊA, M. R.; RAMALHO, M. A. (1994 a) Procedimento para análise de edifícios de alvenaria estrutural submetidos a ações verticais. In: Internacional Seminar on Structural Masonry for Developing Contries, 5., Florianópolis, Univ.Fed. Santa Catarina/ University of Edinburgh/ ANTAC, p. 305-314.

CORRÊA, M. R.; RAMALHO, M. A. (1994b) Efeitos de aberturas em painéis de alvenaria estrutural. In: Internacional Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5. Florianópolis, Univ. Fed. Santa Catarina/ University of Edinburgh/ ANTAC, p. 359-367.

CORRÊA, M. R.; RAMALHO, M. A. (1998b) Efeitos de aberturas em painéis de alvenaria. In: International seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5, Florianópolis, Brazil, 21-24 Aug. 1994. Proceeding. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina / University of Edinburgh / ANTAC, p. 305-314.

CORRÊA, M. R.; RAMALHO, M. A. (1998a) Alvenaria estrutural. São Carlos, EESC-USP. (Notas de aula da disciplina: "SET- 606 – Alvenaria estrutural)

CORRÊA, M. R.; RAMALHO, M. A. (1998c) Wallcracking under building roofs. In: Australasian Masonry conference, 5., Gladstone, Austrália, 1-3 July 1998. Proceedings. Rochampton North, CQU Publishing Unit, 1998. p. 325-334.

DAVIES, S. R.; AHMED, A. E. (1977) An approximate method for analyzing composite walls/beams. In: International Symposium on Load-Bearing Brickwork, British Ceramic Society, London. P. 305-320.

DEUTSH INDUSTRIE NORMEN (1974) DIN 1053 – Alvenaria: Cálculo e execução. Tradução de H. J. Okorn. São Paulo.

DICKEY, W. L.; SCHNEIDER, R. R. (1994) Reinforced masonry design. Englewood Cliffs, Prentice hall.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, Belo Horizonte. Déficit habitacional no Brasil. 2000

GALLEGOS, H. (1989) Albañileria Structural. 2 ed. Lima, fondo Editorial da Pontificia Universidad Católica Del Peru.

GARCIA, P. D. (2000) Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos. São Carlos. 115 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GOMES. N. S. (1983) A Resistência das paredes de alvenaria. São Paulo. 190 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

HABITAT, United Nations Centre for Human Settlements. El Hogar y la familia. Nairobi, 1994.

HOLANDA. Osvaldo Gomes. Blocos de concreto, cerâmicos e sílico- calcários. Dissertação (Doutorado) EESC - USP, São Carlos. 2000

JOAQUIM. M. M. (1999) Flexão e flexo-compressão em elementos de alvenaria estrutural. São Carlos. 134 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MULLER, M. S. K. (1989) Estudo das correlações entre resistências à compressão de paredes e prismas de alvenaria estrutural cerâmica não-armada submetidos a esforços.

PÒVOA, Fabiana Machado Rangel. A municipalização da Política de Habitação Popular em Campos dos Goytacazes - RJ (1989-2001).Dissertação de Mestrado em Políticas Sociais-Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF: 2002

ROLNIK, Raquel. É possível uma política urbana contra exclusão? In: Serviço Social & Sociedade: cidade, proteção e controle social . nº72 .Ano XXIII. São Paulo: Cortez Editora, Nov. 2002.

RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (2002).s.l. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), 2002.

SANTOS, Milton. A urbanização Brasileira. São Paulo: HUCITEC, 1994.

SINDICATO DOS TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO NORTE FLUMINENSE.

SILVA, Wilson José da. Estudo experimental de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sujeita a ações verticais. Dissertação (Mestrado) UNESP. Ilha Solteira. São Paulo. 2003.

SPOSATI, Adaiza de Oliveira. A trajetória das políticas de assistência : Uma questão de análise .ed:7. São Paulo. Cortez Editora, 1998.

VIANA. Jose Luiz Emprego, Crescimento e Desenvolvimento Econômico: Nota sobre um Caso Regional. Campos dos Goytacazes .2004 .

KOWARICK, Lucio. A espoliação urbana. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1979.

## ANEXO 1

### EMPREENDIMENTO PAJÉ

Empreendimento residencial com catorze casas de dois pavimentos com 110 m<sup>2</sup>, construídas em condomínio, no município de Santo Antônio de Pádua, RJ.



## ANEXO 2

### EMPREENDIMENTO MONTE LÍBANO

Empreendimento residencial com quatro casas de dois pavimentos com 145 m<sup>2</sup>, construídas em condomínio, no município de Santo Antônio de Pádua, RJ.



## **ANEXO 3**

### **CONJUNTO HABITACIONAL DE TRAVESSÃO**

Conjunto habitacional, com setenta unidades habitacionais de um pavimento com 48,75 m<sup>2</sup>, construído no município de Campos dos Goytacazes, RJ.



## ANEXO 4

### EMPREENDIMENTO PAJÉ II

Empreendimento residencial com quatro casas de dois pavimentos com 145 m<sup>2</sup>, em construção no município de Santo Antônio de Pádua, RJ.



## ANEXO 5

### EMPREENDIMENTO GRANJA DOS CAVALEIROS

Empreendimento residencial com nove casas de dois pavimentos com 72,93 m<sup>2</sup>, em construção no município de Macaé, RJ.



## ANEXO 6

### BAIRRO MODELO LAGOA DOS PRAZERES

Conjunto habitacional composto de trezentas e uma unidades habitacionais de um pavimento com 53,48 m<sup>2</sup>, creche, escola, posto policial, posto médico, centro social, centro comercial e geração de renda, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.



## ANEXO 7

### CONJUNTO HABITACIONAL JARDIM AEROPORTO

Conjunto Habitacional com cento e cinquenta e oito unidades habitacionais de dois pavimentos com 64,27 m<sup>2</sup>, creche, escola, posto policial, posto médico, centro social, centro comercial e geração de renda, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.



## ANEXO 8

### CONJUNTO HABITACIONAL TRÊS VENDAS

Conjunto Habitacional com 18 unidades habitacionais de um pavimento com 55,51 m<sup>2</sup>, no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

