

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Marcelo Daldon**

**FATORES QUE PODEM ESTAR CONTRIBUINDO PARA O  
APARECIMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA  
ZONA DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES EM OBRAS DE  
PORTO ALEGRE**

Porto Alegre  
dezembro de 2008

**MARCELO DALDON**

**FATORES QUE PODEM ESTAR CONTRIBUINDO PARA O  
APARECIMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA  
ZONA DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES EM OBRAS DE  
PORTO ALEGRE**

**Orientadora: Ângela Borges Masuero**

Porto Alegre  
dezembro de 2008

**MARCELO DALDON**

**FATORES QUE PODEM ESTAR CONTRIBUINDO PARA O  
APARECIMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA  
ZONA DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES EM OBRAS DE  
PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2008

Profa. Ângela Borges Masuero  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Orientadora

Prof. Inácio Benvegnu Morsch  
Chefe do DECIV

**BANCA EXAMINADORA**

**Ademir Fernando Voss (PUCRS)**  
Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

**Prof. João Ricardo Masuero (UFRGS)**  
Engenheiro Civil, Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Roberto Sukster (UFRGS)**  
Engenheiro Civil, Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Ciro e Joeni, e a todas as  
pessoas que sempre me apoiaram, especialmente, durante  
o período do meu Curso de Graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Profa. Dra. Ângela Borges Masuero, orientadora deste trabalho pela atenção, apoio técnico e principalmente pela amizade.

Agradeço a todas as construtoras que viabilizaram esta pesquisa permitindo o acompanhamento do canteiro de obras.

Agradeço pelo interesse dos engenheiros Jorge, Leonardo, Ademir e Roberto.

Agradeço ao apoio de todos profissionais da área que tiveram interesse nos resultados deste trabalho, que serviu como fonte de inspiração para conclusão do mesmo.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus amigos Paulo, Rodrigo, Rafael e Fabrício que foram verdadeiros companheiros nesta jornada e, em especial, a Thaís com quem aprendi muito sobre o verdadeiro valor da vida.

Escolha o trabalho que mais gostas e não terás de trabalhar  
um único dia em sua vida.

*Confúcio*

## RESUMO

DALDON, M. **Fatores que podem estar contribuindo para o aparecimento de manifestações patológicas na zona de encunhamento de paredes em obras de Porto Alegre.** 2008. 86 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este trabalho versa sobre a apresentação de prováveis causas do aparecimento de manifestações patológicas na zona de encunhamento de paredes e de técnicas práticas para minimizá-las. Desenvolvendo o assunto na área de patologia da construção civil, é possível contextualizá-lo em um breve histórico mapeado por constantes mudanças na forma de construir e projetar as edificações nos últimos dez anos. O uso de materiais leves e especificação de concretos com elevadas resistências de compressão viabilizam o dimensionamento de estruturas mais esbeltas, deformáveis e menos contraventadas. Fenômenos negativos vêm ocorrendo com maior frequência, preocupando cada vez mais os profissionais da área. Muitos são os fatores que podem estar relacionados ao aparecimento de manifestações patológicas, mas as deformações lentas da estrutura em conjunto com falhas de execução do encunhamento de paredes parecem ser os principais causadores de fissuras, descolamento de revestimentos e esmagamento de blocos. As ocorrências de manifestações patológicas foram registradas com maior frequência em empreendimentos com ritmos intensos de construção. Mesmo estando diretamente ligado a estes casos, o uso do material resiliente (deformável) neste tipo de empreendimento apresentou desempenho satisfatório, enquanto, em empreendimentos com ritmo de construção menos acelerado, o encunhamento rígido, argamassa de cimento e areia com aditivo expander, demonstrou-se adequado, atingindo valores de resistência à compressão de 4,0 MPa. Cuidados com a especificação da resistência à compressão do concreto, taxas de armadura mínima, processos de cura durante a execução da estrutura e o controle de retirada de escora somente após os 28 dias de cura (linhas de reescoramento) são ações preventivas que podem contribuir para o maior controle das deformações estruturais. Retardar o maior tempo possível a execução do encunhamento, priorizar uma ordem de encunhamento de paredes que proporcione o acréscimo lento e gradual das cargas do pavimentos acima, implementar o controle de qualidade na produção da argamassa e verificação de alvenarias e estruturas são medidas que facilitam a boa prática da execução do encunhamento.

Palavras-chave: encunhamento de paredes; alvenaria; estrutura; fissuras.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: diagrama de trabalho de diplomação.....	16
Figura 2: descolamento do revestimento.....	19
Figura 3: esmagamento de bloco cerâmico.....	19
Figura 4: encontro de alvenaria com elementos estruturais, tais como vigas e lajes flexíveis.....	24
Figura 5: exemplo de processo de cura cuidadosa do concreto.....	25
Figura 6: escoras sendo retiradas após 28 dias da concretagem, mantendo-se a faixa de reescoramento.....	25
Figura 7: (A) encunhamento executado de cima para baixo, (B) encunhamento executado em pavimentos alternados.....	27
Figura 8: utilização de bisnaga para execução do encunhamento.....	28
Figura 9: prazos de carência mínimos para execução do encunhamento de paredes.....	29
Figura 10: (A) encunhamento de parede com tijolos inclinados a 45°, (B) encunhamento com blocos tipo canaleta.....	30
Figura 11: encunhamento com argamassa expansiva.....	31
Figura 12: exemplo de abertura de encunhamento com aproximadamente 2 a 3 cm.....	32
Figura 13: encunhamento com poliuretano.....	32
Figura 14: posição solar do empreendimento A.....	34
Figura 15: execução da estrutura de concreto armado da edificação.....	35
Figura 16: viga de comprimento aproximado de 10 m.....	36
Figura 17: grande área de laje com poucos pilares e nenhuma viga.....	36
Figura 18: retirada de faixa de reescoramento em baixas idades.....	37
Figura 19: exemplo de execução da alvenaria no perímetro da edificação.....	39
Figura 20: reduzido espaço para interação alvenaria com estrutura.....	40
Figura 21: bloco compensador utilizado na última fiada da execução da alvenaria.....	41
Figura 22: fixação de montantes para drywall na estrutura de concreto armado.....	42
Figura 23: execução de chapisco rolado na estrutura.....	42
Figura 24: produção manual de argamassa de encunhamento.....	44
Figura 25: produção de argamassa de encunhamento mecanizada.....	44
Figura 26: despejo da argamassa de encunhamento em cima de compensado.....	47
Figura 27: transporte vertical (guincho).....	47
Figura 28: execução do encunhamento de paredes com argamassa.....	48
Figura 29: execução do encunhamento de paredes com aplicação de argamassa em grande distância.....	49



Figura 30: execução do encunhamento de paredes em sistemas de lajes nervuradas.....	49
Figura 31: feixe de luz evidenciando a presença de vazios no encunhamento.....	50
Figura 32: execução do encunhamento com auxílio de uma desempenadeira.....	51
Figura 33: encunhamento rígido de paredes com tijolos inclinados a 45° no estacionamento.....	51
Figura 34: ausência de chapisco na estrutura.....	52
Figura 35: colocação de tela metálica na ligação estrutura com alvenaria.....	53
Figura 36: execução de juntas de movimentação na região de encunhamento de paredes.....	54
Figura 37: aparecimento de fissura no emboço na região de encunhamento da parede...	56
Figura 38: detalhe da fissura no emboço na região de encunhamento da parede.....	56
Figura 39: fissuras no revestimento derivadas da falta de encunhamento.....	57
Figura 40: reparo de fissuras no revestimento derivadas da falta de encunhamento.....	57
Figura 41: aparecimento de fissura no encunhamento com problemas de infiltração (dia de chuva).....	58
Figura 42: aparecimento de fissura no encunhamento com problemas de infiltração (dia de sol).....	58
Figura 43: princípio do descolamento de revestimentos.....	59
Figura 44: descolamento de revestimento na região de encunhamento em fachada.....	60
Figura 45: descolamento de revestimento na região do encunhamento em áreas internas.....	60
Figura 46: esmagamento de bloco.....	61
Figura 47: mesa de adensamento para teste de espalhamento da argamassa de encunhamento.....	63
Figura 48: vista do equipamento para moldagem dos corpos-de-prova	63
Figura 49: ruptura de corpo-de-prova à flexão.....	64
Figura 50: ruptura de corpo-de-prova à compressão.....	65
Figura 51: resistências médias à flexão das argamassas de encunhamento ensaiadas.....	67
Figura 52: resistências médias à compressão das argamassas de encunhamento ensaiadas.....	68
Figura 53: consistência das amostras de argamassa ensaiadas em laboratório.....	69
Figura 54: aumento do volume dos corpos-de-prova moldados com argamassa expansiva.....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: estado limite de deformações excessivas da estrutura.....	22
Quadro 2: flechas máximas admitidas após a instalação do componente.....	23
Quadro 3: classificação dos tipos de encunhamento e respectivos materiais.....	29
Quadro 4 : características gerais dos empreendimentos.....	33
Quadro 5 : tipos estruturais e ciclos de produção de estrutura.....	36
Quadro 6: tipo e proporção das argamassas de encunhamento acompanhadas.....	45

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	15
2.1 PERGUNTA DE PESQUISA.....	15
2.2 OBJETIVOS.....	15
2.3 DELIMITAÇÕES.....	15
2.4 LIMITAÇÕES.....	16
2.5 DELINEAMENTO.....	16
<b>3 ESTUDO DO ENCUNHAMENTO DE PAREDES</b> .....	18
3.1 HISTÓRICO DA EXECUÇÃO DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES.....	18
3.2 SITUAÇÃO ATUAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ZONA DE ENCUNHAMENTO.....	19
3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DERIVADAS DO ENCUNHAMENTO DE PAREDES.....	19
3.4 EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES.....	20
<b>3.4.1 Estudo do concreto</b> .....	21
<b>3.4.2 Estudo das deformações de estruturas em concreto</b> .....	22
3.5 MEDIDAS PREVENTIVAS ADOTADAS CONTRA MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DERIVADAS DO ENCUNHAMENTO DE PAREDES.....	24
3.6 DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS PRÁTICAS DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES.....	25
<b>3.6.1 Técnicas de encunhamento de paredes</b> .....	26
<b>3.6.2 Materiais utilizados no encunhamento de paredes</b> .....	29
3.6.2.1 Encunhamento com pré-tensionamento.....	30
3.6.2.2 Encunhamento sem pré-tensionamento.....	31
3.6.2.3 Encunhamento plástico.....	32
<b>4 ACOMPANHAMENTO DE OBRAS</b> .....	33
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS EMPREENDIMENTOS ACOMPANHADOS.....	33
4.2 ESTUDO PILOTO.....	34
4.3 FATORES CONSTRUTIVOS OBSERVADOS QUE PODEM INTERFERIR NO COMPORTAMENTO DA ZONA DE ENCUNHAMENTO.....	34
<b>4.3.1 Execução da estrutura da edificação</b> .....	35
4.3.1.1 Práticas adotadas na construção e suas conseqüências nas estruturas das edificações.....	35
4.3.1.2 Tipos estruturais executados e ritmo de produção estrutural dos empreendimentos.....	36

4.3.1.3 Ações preventivas aos ciclos acelerados de execução da estrutura.....	37
<b>4.3.2 Execução de vedações verticais.....</b>	<b>38</b>
4.3.2.1 Paredes de alvenaria convencional.....	38
4.3.2.1.1 <i>Dimensão do espaço de interação da alvenaria e estrutura.....</i>	39
4.3.2.1.2 <i>Execução de instalações elétricas e hidráulicas na alvenaria.....</i>	40
4.3.2.1.3 <i>Blocos compensadores na última fiada da parede.....</i>	40
4.3.2.2 Paredes de gesso acartonado - drywall.....	41
<b>4.3.3 Execução do Chapisco.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.4 Produção do encunhamento de paredes.....</b>	<b>43</b>
4.3.4.1 Mistura de argamassa de encunhamento.....	43
4.3.4.2 Tipos de argamassas de encunhamento de paredes.....	44
4.3.4.3 Variabilidade de produção de argamassas de encunhamento.....	45
4.3.4.4 Transporte da argamassa de encunhamento.....	46
4.3.4.5 Ordem de execução do encunhamento.....	47
4.3.4.6 Execução do encunhamento com argamassas.....	47
4.3.4.6.1 <i>Sugestão de controle da execução do encunhamento de paredes.....</i>	48
4.3.4.6.2 <i>Uniformidade do encunhamento de paredes.....</i>	48
4.3.4.6.3 <i>Dificuldade de acesso à região de encunhamento.....</i>	49
4.3.4.6.4 <i>Habilidade de mão-de-obra.....</i>	50
4.3.4.7 Execução do encunhamento com tijolos inclinados a 45°.....	51
<b>4.3.5 Execução de revestimentos.....</b>	<b>53</b>
4.3.5.1 Uso de tela metálica para reforço do revestimento.....	53
4.3.5.2 Prazo de carência para execução do revestimento.....	53
4.3.5.3 Detalhamento de junta de movimentação na região de encunhamento.....	54
4.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ACOMPANHADAS.....	54
<b>4.4.1 Fissuras.....</b>	<b>55</b>
4.4.1.1 Descumprimento de prazos de carência entre as atividades.....	55
4.4.1.1.1 <i>Prazo de carência de 15 dias para assentamento da alvenaria.....</i>	55
4.4.1.1.2 <i>Prazo de carência para cura da argamassa de encunhamento.....</i>	55
4.4.1.2 Ausência de encunhamento de paredes.....	56
4.4.1.3 Aparecimento de fissuras e conseqüentes infiltrações.....	57
4.4.1.4 Aparecimento de fissuras por falta de contraventamento da estrutura.....	58
<b>4.4.2 Descolamento de revestimento.....</b>	<b>58</b>
4.4.2.1 Princípio do descolamento de revestimentos.....	59
4.4.2.2 Descolamento de revestimentos internos e externos.....	59
<b>4.4.3 Esmagamento de blocos.....</b>	<b>60</b>
<b>5 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE ENCUNHAMENTO.....</b>	<b>62</b>
5.1 COLETA DA ARGAMASSA DE ENCUNHAMENTO.....	62
5.2 MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA.....	62
5.3 CURA DOS CORPOS-DE-PROVA.....	64
5.4 ENSAIOS DE FLEXÃO E COMPRESSÃO.....	64
<b>5.4.1 Ensaios à flexão.....</b>	<b>64</b>

<b>5.4.2 Ensaio à compressão.....</b>	<b>65</b>
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
6.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE FLEXÃO.....	67
6.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO.....	68
6.3 RESULTADOS DOS TESTES DE ESPALHAMENTO.....	68
6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	69
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
7.1 CONCLUSÕES.....	71
<b>7.1.1 Conclusões diante do acompanhamento de obras.....</b>	<b>71</b>
<b>7.1.2 Conclusões diante da caracterização dos materiais.....</b>	<b>73</b>
7.2 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DE PESQUISA.....	74
REFERÊNCIAS .....	75
ANEXO A.....	77
ANEXO B.....	81
ANEXO C.....	83
ANEXO D.....	85



## 1 INTRODUÇÃO

O acentuado desenvolvimento tecnológico dos materiais de construção civil vem alterando a maneira de construir nos últimos anos. Em especial, a adoção de elevada resistência de compressão do concreto armado para projeto viabiliza o dimensionamento de edificações mais altas e esbeltas. Nos projetos, são privilegiados o uso de grandes vãos (melhor ocupação do espaço interno nos pavimentos), menos pilares (mais vagas de garagem no subsolo) e espessuras de laje cada vez menores. As estruturas e tipologias são mais arrojadas e as alvenarias mais precisas. O concreto apresentou um relativo aumento na resistência de compressão, porém o mesmo não ocorre com a rigidez dos elementos construtivos. Por exemplo, se a resistência de compressão do concreto dobrasse, o mesmo não aconteceria com o módulo de elasticidade. Estas características podem ser uma possível explicação para o porquê das estruturas estarem cada vez mais deformáveis.

A velocidade de execução de estruturas tem aumentado muito em grandes construtoras. Ciclos intensos de concretagem entre lajes possibilitam um ritmo acelerado para as demais atividades, antecipando o prazo de entrega do empreendimento. O sistema de apoio com escoras, conhecido como linhas de reescoramento, foi criado com a função de manter a laje concretada apoiada por pelo menos 28 dias, impedindo que deformações iniciais prejudiquem a edificação. Contudo, o ritmo acelerado permite que o encunhamento das paredes seja executado tão logo possível, com o objetivo de concluir as etapas de vedações verticais para iniciar os revestimentos. Conforme o desenvolvido a seguir no trabalho, este é um aspecto desfavorável que precisa maior destaque. Para tal, precisa-se iniciar o assunto por sua definição.

O encunhamento é o responsável pela interação da alvenaria com a estrutura. Ele une estes dois elementos construtivos. O simples fechamento do espaço remanescente entre a última fiada de blocos da alvenaria e da estrutura deve proporcionar equilíbrio, garantindo maior vida útil para a construção. O encunhamento das paredes pode ser caracterizado tanto pelo procedimento de preenchimento, quanto pelo procedimento de fixação da parede de alvenaria por meio de elementos construtivos que garantam o pré-tensionamento da mesma. Ultimamente, alguns casos pontuais têm comprometido o desempenho da edificação na zona de encunhamento de paredes, causando certa preocupação aos profissionais da área. As

deformações das estruturas são apontadas como possíveis causadoras do aparecimento de manifestações patológicas como o rompimento de paredes de vedação por meio de fissuras e destacamento de revestimentos.

O presente trabalho centralizou-se no acompanhamento da execução de encunhamento de paredes em canteiro de obras. Buscou-se a caracterização das argamassas de encunhamento utilizadas nesta atividade. O mapeamento das principais falhas de execução do encunhamento e problemas derivados do histórico da construção civil foram uns dos resultados das observações realizadas durante esta etapa. Nos casos de manifestações patológicas em revestimentos ou vedações concluídas os aspectos vinculados à execução do encunhamento de paredes não puderam ser verificados, porque a atividade já estava finalizada.

Sendo motivado também pelo aparecimento de tais manifestações patológicas, o trabalho tem a intenção de pesquisar quais as causas mais prováveis para tais acontecimentos, além de recomendar técnicas de encunhamento de paredes capazes de minimizar as mesmas.



## 2 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia do trabalho de pesquisa foi desenvolvida para melhor organizar as idéias, objetivos, hipóteses, delimitações, limitações e delineamento do trabalho.

### 2.1 PERGUNTA DE PESQUISA

A questão que guiou o trabalho de diplomação foi: quais os fatores que podem estar contribuindo para o aparecimento de manifestações patológicas na zona de encunhamento de paredes em obras de Porto Alegre?

### 2.2 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é a verificação de quais os aspectos vinculados às técnicas construtivas e materiais empregados na cidade de Porto Alegre que podem estar influenciando no aparecimento de manifestações patológicas derivadas da interação entre estrutura em concreto armado e a alvenaria.

Os objetivos secundários foram a identificação das diferentes formas de execução do encunhamento e a caracterização física e mecânica das argamassas empregadas no encunhamento de paredes através de ensaios laboratoriais.

### 2.3 DELIMITAÇÃO

O trabalho esteve delimitado a analisar edificações de uso residencial e comercial, desconsiderando indústrias ou grandes depósitos, principalmente pelas diferenças geométricas, tais como os tamanhos de vãos, para os quais a estrutura foi projetada. A área de abrangência de acompanhamento de obras foi delimitada a Porto Alegre no Estado do Rio Grande do Sul.

## 2.4 LIMITAÇÕES

O resultado da pesquisa ficou limitado por doze empreendimentos acompanhados de diferentes construtoras.

## 2.5 DELINEAMENTO

O delineamento do trabalho pode ser representado pelo diagrama da figura 1. Serve resumidamente para organizar, distribuir e representar as principais etapas do trabalho.

O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas detalhadas a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) estudo piloto;
- c) acompanhamento de obras e ensaios laboratoriais;
- d) análise e discussão dos resultados, conclusões.

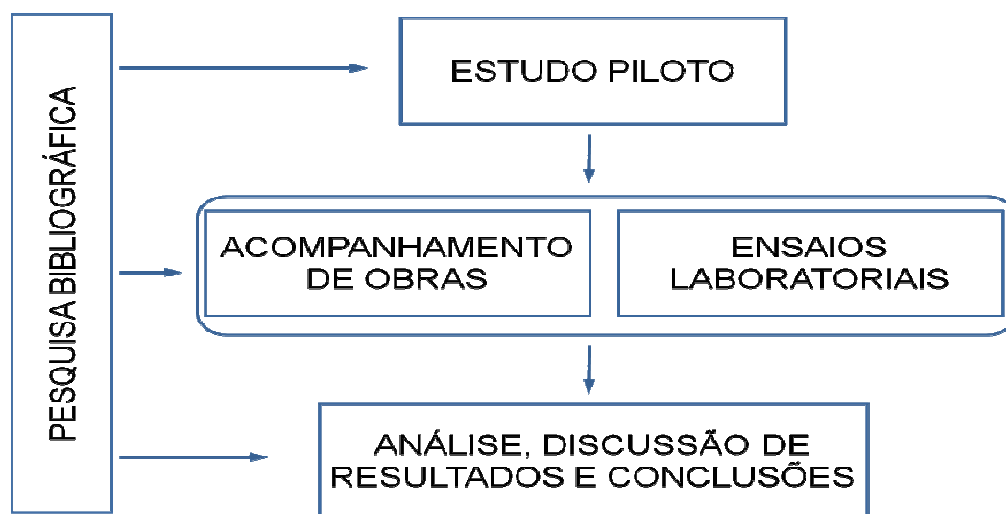


Figura 1: diagrama do trabalho de diplomação

A revisão bibliográfica foi o primeiro passo para o início do trabalho. Foram estudadas as principais publicações sobre o assunto, escrevendo assim um registro do embasamento teórico existente e que auxiliou no andamento das demais etapas.

Em um segundo momento, foi realizado um estudo piloto para otimizar o aproveitamento do acompanhamento de outras obras. A terceira etapa foi definida pelo acompanhamento de obras em paralelo à realização de ensaios em laboratório de resistência à flexão e à compressão no LEME/UFRGS (Laboratório de Ensaios de Modelos Estruturais) para a caracterização das argamassas utilizadas no encunhamento de paredes.

O acompanhamento de obras foi o momento de coleta de informações. Nas visitas às obras foram documentadas todas as etapas construtivas envolvidas no encunhamento de paredes por meio de relatórios fotográficos. As coletas de amostras de argamassas produzidas em canteiro de obras para realização dos ensaios foram realizadas em dias com diferentes condições climáticas tais como sol, chuva, nublado, frio ou quente.

Tendo em mãos as fichas de acompanhamento, os relatórios fotográficos, os relatórios descritivos dos empreendimentos e os resultados dos ensaios de resistência à flexão e à compressão das doze obras acompanhadas, finalizou-se o trabalho com a análise e discussão dos resultados.

Na conclusão são recomendados materiais e procedimentos adequados para o encunhamento de paredes, minimizando as probabilidades de aparecimento de manifestações patológicas derivadas da interação entre elementos estruturais em concreto e as alvenarias.

### 3 ESTUDO DO ENCUNHAMENTO DE PAREDES

Encunhamento de paredes é um processo construtivo que faz parte das vedações verticais. Ele consiste no fechamento do espaço remanescente entre a estrutura e a última fiada de blocos da elevação da parede. Apesar de ser um processo simples, o encunhamento é o intermediário na interação destes elementos onde o aparecimento de manifestações patológicas, tem sido uma das preocupações por parte de engenheiros e arquitetos.

#### 3.1 HISTÓRICO DA EXECUÇÃO DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES

A década de 30 foi um marco na história da execução do encunhamento de paredes. No período que a antecedia, as construções abusavam da potencialidade das alvenarias. Foi nesta década que iniciou-se a utilização intensiva do concreto armado em pequenas edificações e, conseqüentemente, foi a partir desta época que o encunhamento de alvenarias começou a ser executado. Em um primeiro momento, o encunhamento com blocos cerâmicos de vedação inclinados a 45° foi o tipo mais usual. Neste tipo de encunhamento, as tensões transmitidas pela estruturas à paredes é absorvida pela aderência entre a camada de argamassa de assentamento e os blocos cerâmicos (FRANCO, 1998). Nos últimos anos foram desenvolvidos diferentes tipos de aditivos, tais como expansores (ou redutores de retração) e colas para utilização na mistura das argamassas de encunhamento. Por fim, com o mercado sedento por redução na variabilidade de produção de argamassas, facilidade e velocidade de mistura das mesmas, fornecedores iniciaram a produção de argamassas industrializadas de encunhamento. Atualmente, o uso de diferentes materiais para o encunhamento das paredes caracteriza grande parte dos empreendimentos de Porto Alegre. Muitos são os empreendimentos que utilizam o simples preenchimento da abertura de encunhamento com argamassas resilientes, aos passo que existem também aqueles que empregam métodos mais rebuscados tais como os tijolos inclinados a 45° e argamassas com aditivos expansores.

### 3.2 SITUAÇÃO ATUAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ZONA DE ENCUNHAMENTO

Medeiros (2005a, p. 46) afirma:

Paredes de vedação estão rompendo na zona de encunhamento, fissuras entre as alvenarias e as estruturas são visíveis e problemas em revestimentos na zona de encunhamento de paredes são mais freqüentes. Tudo por causa das deformações imediatas e lentas que, se não previstas, desencadeiam as patologias.

Controlados muitas vezes empiricamente, os problemas são agora menos comuns que há três anos, mas deram um susto no mercado. Foram muitos casos. Apesar das ações corretivas, ainda faltam conhecimentos para entender completamente o que está acontecendo com essas construções.

### 3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DERIVADAS DO ENCUNHAMENTO DE PAREDES

De acordo com a literatura, as manifestações patológicas mais comuns observadas na zona de encunhamento são fissuras, descolamento de revestimento (figura 2) e casos mais expressivos como esmagamentos de blocos (figura 3).



Figura 2: descolamento do revestimento (MEDEIROS, 2005a)



Figura 3: esmagamento de bloco cerâmico (MEDEIROS, 2005a)

Thomaz (1989, p. 15) salienta que as manifestações patológicas podem atingir três aspectos fundamentais:

- a) aviso de eventual estado perigoso de ruptura das unidades de alvenaria;
- b) compromisso com desempenho da edificação em serviço (estanqueidade, durabilidade e isolamento acústico);
- c) constrangimento psicológico do usuário.

A necessidade de investigação do encunhamento de paredes precisa iniciar na raiz do problema. É necessário acompanhar a evolução dos métodos construtivos, o avanço tecnológico empregado nas edificações, o estudo das novas propriedades do concreto produzido nos últimos dez anos para caracterizar um trabalho de pesquisa completo.

### 3.4 EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES

É comum observar edificações antigas com elementos estruturais robustos, lajes espessas, vigas com grande altura útil e pilares de grandes dimensões. Estas características não são mais observadas em construções mais atuais. O concreto, graças à evolução na composição química e o domínio das propriedades de seus componentes, apresenta atualmente um aumento na resistência de projeto, viabilizando estruturas e tipologias mais arrojadas. Além disso, os processos construtivos, cálculos e técnicas gerenciais também sofreram mudanças, resultando no aparecimento de manifestações patológicas (MEDEIROS, 2005a, p. 46).

Visando à otimização de espaços internos, melhor aproveitamento de vagas para garagem e utilização de materiais de construção relativamente mais leves, a concepção de projetos de edifícios construídos atualmente economiza nas dimensões de elementos estruturais. A utilização de menos pilares e de lajes mais delgadas constitui estruturas mais deformáveis. Thomaz (1989, p. 15) reforça a idéia, dizendo:

A evolução da tecnologia dos materiais de construção e das técnicas de projeto e execução de edifícios evoluíram no sentido de torná-los cada vez mais leves, com componentes estruturais mais esbeltos, menos contraventados.

A falta de contraventamento e as deformações excessivas das estruturas são possivelmente o principal motivo para o aparecimento de manifestações patológicas tais como fissuras em paredes, descolamento de revestimentos e esmagamento de blocos de alvenaria.

### 3.4.1 Estudo do concreto

Medeiros<sup>1</sup> (2005b) expõe que o concreto é a principal causa do aparecimento de manifestações patológicas no encunhamento de paredes, e para tanto necessita ser mais bem estudado. Na busca por reduções de custos, fornecedores fizeram mudanças na dosagem do concreto utilizando agregados finos (areia rosa e pó-de-pedra), com baixos teores de cimento, que mesmo atendendo às especificações de resistência, possuem características diferentes. A falta de conhecimento das novas propriedades do concreto produzido nos últimos dez anos, a racionalização de materiais acentuada e o dimensionamento de elementos estruturais mais esbeltos contribuem para tornar as estruturas mais deformáveis e as paredes de vedações mais suscetíveis às manifestações patológicas.

Medeiros<sup>2</sup> (2005a) afirma que “[...] levar em consideração apenas a resistência à compressão já não é mais suficiente para prever o comportamento da estrutura. Nas novas tipologias construtivas, o módulo de elasticidade, a resistência à tração e a fluência se tornam mais importantes. Com os diferentes tipo de cimentos existentes no mercado, é possível compor concretos de igual resistência com relações de água e cimento completamente distintas, fator este que influencia na deformação do concreto ”.

Franco (1998) reforça a idéia de que o relacionamento da vedação vertical com a estrutura está sendo fortemente influenciado pela utilização de sistemas estruturais com maior grau de flexibilidade (lajes planas) e emprego de materiais diferenciados (concretos de alto desempenho). As solicitações nas vedações verticais são cada vez maiores.

A tecnologia permitiu desenvolver um concreto com algumas propriedades alteradas. A diminuição do teor de cimento ou clínquer somado ao uso de adições podem ocasionar problemas de deformações em peças que trabalham à flexão (dimensionadas no estágio 2) devido às microfissurações resultantes, porém a dificuldade de inserir estas propriedades do concreto nos métodos de cálculo, direciona a solução do problema por um caminho mais integrador, visando um novo estudo na interação das estruturas com vedações.

---

<sup>1</sup> Trata-se da opinião do Prof. Fernando Sabbatini da EUSP em entrevista com Medeiros.

<sup>2</sup> Trata-se da opinião do Engenheiro Civil Ricardo França no texto de Medeiros.

### 3.4.2 Estudo das deformações em estruturas em concreto armado

Mesmo conhecendo as possíveis causas das deformações excessivas das estruturas, pouco se sabe sobre a proporção com que as alterações nas propriedades do concreto produzido nos últimos anos interferem nas deformações, sendo esta uma incógnita (MEDEIROS<sup>3</sup> 2005b). A NBR 6118 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003) apresenta valores práticos de deslocamentos limites para verificação em serviço do estado limite de deformações excessivas da estrutura (quadro 1). Dentre os grupos básicos classificados na Norma, interessa para este trabalho o grupo de “[...] efeitos em elementos não estruturais: deslocamentos estruturais podem ocasionar o mau funcionamento de elementos que, apesar de não fazerem parte da estrutura, estão a ela ligados; [...]”.

<u>Tipo de efeito</u>	<u>Razão da limitação</u>	<u>Exemplo</u>	<u>Deslocamento a considerar</u>	<u>Deslocamento limite</u>
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$l/500$ <sup>1)</sup> ou 10mm ou $\theta = 0,0017$ rad <sup>2)</sup>
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	$l/500$ <sup>1)</sup> ou 25mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para a combinação freqüente ( $\psi_1 = 0,3$ )	$H/1700$ ou $H/850$ <sup>3)</sup> entre pavimentos <sup>4)</sup>
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	$l/400$ <sup>5)</sup> ou 15mm

1 O vão  $l$  deve ser tomado na direção na qual a parede ou a divisória se desenvolve.  
2 Rotação nos elementos que suportam paredes.  
3  $H$  é a altura total do edifício e  $H_i$  o desnível entre dois pavimentos vizinhos.  
4 Esse limite aplica-se ao deslocamento lateral entre dois pavimentos consecutivos devido à atuação horizontais. Não devem ser incluídos os deslocamentos devidos a deformações axiais nos pilares. O limite também se aplica para o deslocamento vertical relativo das extremidades de lintéis conectados a duas paredes de contraventamento, quando  $H_i$  representa o comprimento do lintel.  
5 O valor de  $l$  refere-se à distância entre o pilar externo e o primeiro pilar interno.

Quadro 1: estado limite de deformações excessivas da estrutura (adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2003, p. 56)

No *Seminário Patología y Calidad em La Construcción* apresentou-se um estudo sobre as deformações das estruturas de concreto armado fazendo algumas referências a valores de

<sup>3</sup> Trata-se da opinião do Prof. Fernando Sabbatini da EUSP em entrevista com Medeiros.



flecha limite de deformação da estrutura ( $f_{b,max}$ ) após a instalação do componente (quadro 2) (THOMAZ, 1998, p. 49).

Natureza do componente		$f_{b,max}$ [mm]
Alvenaria ou painéis pré-fabricados apoiados sobre viga ou laje	parede com aberturas	1,0
	parede sem aberturas	2,0
	parede com aberturas, com detalhes apropriados	2,0
Caixilhos envidraçados sob viga ou laje	sem possibilidade de acomodação	1,0
	com possibilidade de acomodação	2,0
Revestimento de piso assentado sobre laje	piso rígido (cerâmica, pedra)	2,0
	piso flexível (carpete etc.)	4,0
Revestimento de forro	argamassa rígida	3,0
	revestimento flexível, forro falso	4,0
Lajes de cobertura		4,0
Vigas suportando pontes rolantes		2,0

Quadro 2: flechas máximas admitidas após a instalação do componente (baseado em THOMAZ, 1998, p. 49)

A evolução nos processos construtivos motivou um aprofundamento dos estudos nesta área. Desenvolvendo uma pesquisa sobre a influência dos ciclos rápidos de execução nas deformações das estruturas de concreto, Salvador (2007) analisou as deformações em vigas de concreto armado quando submetidas a carregamentos em baixas idades. Concluindo que a execução de estrutura em ciclos mais intensos implica em maiores deformações e que o carregamento precoce da estrutura pode favorecer às taxas de crescimento de deformação por fluência em um certo período, após a retirada das escoras, sugerindo assim, uma maior interação entre projeto e execução das obras. É muito comum observar edificações em construção com três a quatro pavimentos escorados. Esta aceleração de ciclos de execução da estrutura em concreto armado e suas conseqüentes deformações por fluência precisam ser considerados na determinação de fatores de carga construtiva.

Em projetos que apresentam vigas ou lajes muito flexíveis, recomenda-se o detalhamento de elementos construtivos apropriados para aliviar as tensões transferidas da estrutura para a alvenaria (figura 4) (THOMAZ, 1998, p. 49).

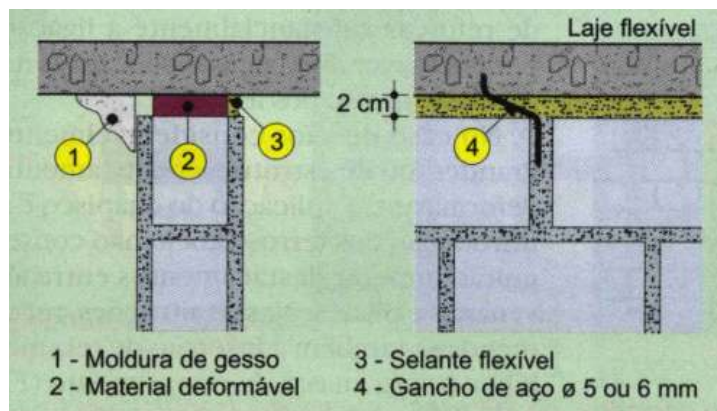


Figura 4: encontro de alvenaria com elementos estruturais, tais como vigas e lajes flexíveis (THOMAZ, 1998, p. 49)

As deformações excessivas da estrutura impõem, através do encunhamento, tensões nas paredes não previstas em projeto. A idéia de adotar um material deformável na região do encunhamento tem o objetivo de modificar a constituição rígida da parede, dissipando os esforços transferidos, dificultando o aparecimento de manifestações patológicas.

### 3.5 MEDIDAS PREVENTIVAS ADOTADAS CONTRA MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DERIVADAS DO ENCUNHAMENTO DE PAREDES

Ações preventivas como processo de cura cuidadosa do concreto (figura 5), maior tempo de escoramento da estrutura (figura 6) e procedimentos cuidadosos de execução de alvenaria podem ser adotadas para minimizar possíveis manifestações patológicas. A adoção destas medidas resulta, todavia, em um custo referente ao uso de mais de um jogo de escoras e aumento nos prazos de entrega da obra, já que o ideal seriam escoramentos de até 28 dias.

Mesmo que reduzam o aparecimento de manifestações patológicas derivadas das deformações iniciais da estrutura, as ações preventivas são apenas medidas empíricas que não garantem a solução de problemas patológicos. Caso a execução do empreendimento seja realizada com grande velocidade, ou seja, pouco intervalo de tempo entre concretagens dos pavimentos, existe a possibilidade de que as deformações lentas excessivas da estrutura possam gerar problemas patológicos mais tarde (MEDEIROS<sup>4</sup>, 2005b).

<sup>4</sup> Opinião de Sabbatini em entrevista com Medeiros.



Figura 5: exemplo de processo de cura cuidadosa do concreto



Figura 6: escoras sendo retiradas após 28 dias da concretagem, mantendo-se a faixa de reescoramento

### 3.6 DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS PRÁTICAS DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES

Sabendo da complexidade do estudo exploratório do concreto, verifica-se a necessidade de soluções mais práticas e flexíveis para aplicação no canteiro de obras, começando assim a investigação de técnicas para encunhamento de paredes de vedação. Segundo Franco (1998), a ação conjunta entre a estrutura e as vedações verticais além de influenciar na escolha de materiais, influencia nas decisões ligadas ao planejamento da seqüência de execução do encunhamento de paredes.

A solidarização das paredes de alvenaria na estrutura reticulada de concreto armado promove a interação entre as estruturas e as vedações verticais. Deslocamentos (gerados por flexão de vigas e lajes) e deformações (geradas, por exemplo, pelo encurtamento de pilares) de elementos estruturais são restringidos pela alvenaria. Sob a ação de carregamentos verticais e horizontais os pórticos estruturais das edificações necessitam transmitir os esforços de cima para baixo até atingir o solo. As paredes absorvem parte das movimentações impostas à estrutura e acabam ficando sob tensão. Como as vedações em alvenaria apresentam cada vez mais elevada rigidez, as paredes passam a atuar como painéis de contraventamento dos

pórticos estruturais. Uma vez que a alvenaria estiver solidarizada com a estrutura, seguramente ela exerce função de contraventamento, sendo um elemento estrutural e, como tal, deveria ser dimensionada. A estrutura, contraventada pelas paredes, apresenta menores deslocamentos globais. Em contrapartida, as vedações são submetidas a maiores solicitações. Além do mais, após a fixação das paredes, efeitos como a fluência ou deformação lenta da estrutura gera um aumento de tensões atuantes nas alvenarias ao longo dos anos da construção. A longo prazo, podem ocorrer três situações (SABBATINI, 2002):

- a) a parede de alvenaria não resiste às tensões ocorrendo fissuras, esmagamento da alvenaria ou colapso da parede;
- b) a parede de alvenaria absorve as deformações e resiste às tensões atuantes, não ocorrendo rupturas visíveis;
- c) a parede de alvenaria resiste às tensões, mas as interfaces entre os elementos estruturais e a parede não resistem, ocorrendo fissuras nas interfaces dos elementos.

Sabbatini (2002) explica que fissuras com abertura inferior a dois milímetros são consideradas normais, e devem ser perfeitamente absorvidas pelos revestimentos, sem ficarem visíveis.

### **3.6.1 Técnicas de encunhamento de paredes**

O desempenho das paredes de vedação está intimamente associado à deformabilidade apresentada pela estrutura em concreto armado. As flechas de deformação têm valores máximos admitidos e também são influenciadas pelo tempo de colocação em serviço. Para tanto é recomendável (THOMAZ, 1989; LOTURCO, 2004; FRANCO, 2005; SABBATINI, 2002):

- a) o retardamento máximo possível entre a finalização da estrutura e o início da execução do encunhamento de paredes de vedação, garantindo a livre deformação inicial da estrutura;
- b) execução do encunhamento de paredes de cima para baixo, ou seja, iniciando no topo em descida para a base da edificação (figura 7A), facilitando

conseqüentemente que os pavimentos inferiores absorvam as deformações da estrutura gradualmente. No caso de curto prazo de entrega dos empreendimentos, é comum adotar a execução do encunhamento em pavimentos alternados (figura 7B), evitando transferência do carregamento de pavimentos superiores para inferiores;

- c) intervalo de execução de encunhamento e término da alvenaria de no mínimo 2 semanas para retração de argamassa e absorção do carregamento imposto à estrutura;
- d) uso de bisnaga como ferramenta de aplicação, garantindo uma camada de argamassa espessa e uniforme (figura 8). Evitar uso de colher-de-pedreiro;
- e) não utilizar blocos excessivamente frágeis, evitando o esmagamento.

As técnicas de encunhamento foram se enquadrando na própria concepção de projetos, adotando materiais flexíveis, versáteis e prevendo a transferência lenta e gradual de cargas, podendo assim minimizar a resistência à movimentação da estrutura.

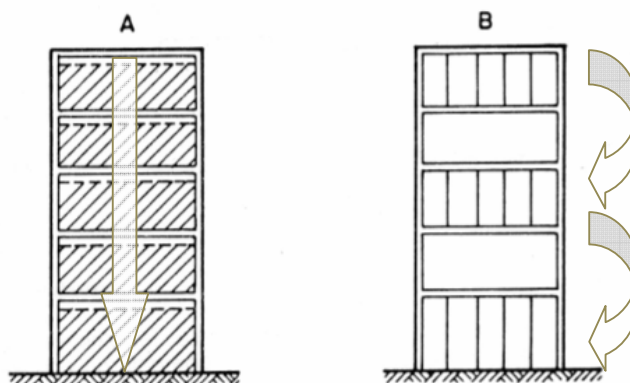


Figura 7: (A) encunhamento executado de cima para baixo, (B) encunhamento executado em pavimentos alternados (baseada em THOMAZ, 1989, p. 137)



Figura 8: utilização de bisnaga para execução do encunhamento (FRANCO, 2005, p. 19)

É necessário que a argamassa de assentamento dos blocos da alvenaria esteja curada para o início do encunhamento das paredes, caso contrário, são grandes as probabilidades de aparecimento de fissuras nas alvenarias (VERÇOSA, 1991, p. 28).

Para Sabbatini (2002), além de seguir as recomendações acima, existem ainda algumas diretrizes capazes de auxiliar na minimização das manifestações patológicas (figura 9):

- a) finalizar todo o carregamento permanente possível (por exemplo, execução do contrapiso);
- b) ter de três a quatro pavimentos com a elevação de alvenaria pronta acima do pavimento onde será executado o encunhamento;
- c) fixar as alvenarias sempre de cima para baixo, mesmo que em conjuntos de 3 ou 4 pavimentos
- d) executar a marcação da alvenaria trinta dias depois da concretagem da laje;
- e) executar o encunhamento somente após setenta dias contados a partir da concretagem da laje.

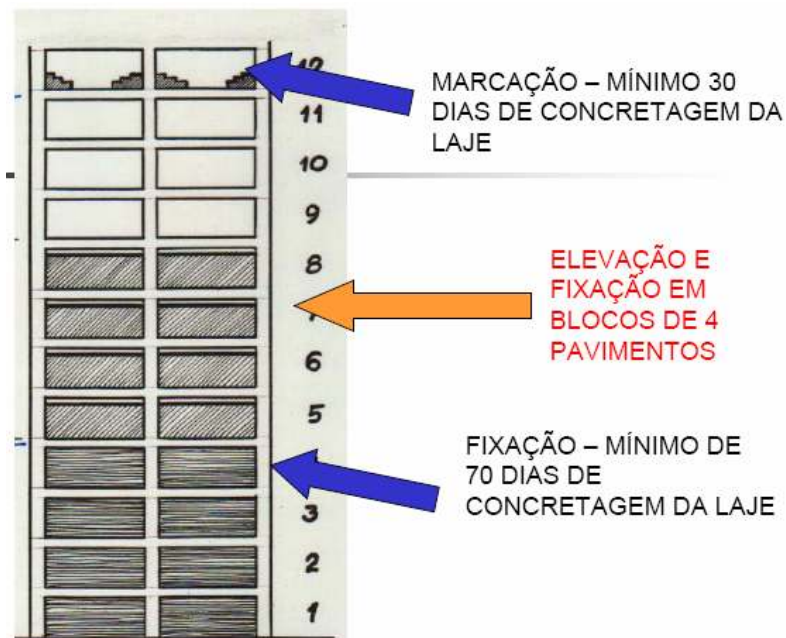


Figura 9: prazos de carência mínimos para execução do encunhamento de paredes (SABBATINI, 2002)

### 3.6.2 Materiais utilizados no encunhamento de paredes

As técnicas utilizadas para execução do encunhamento de paredes estão em constante processo de alteração devido o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias. Sabbatini (2002) sugere a prévia classificação do tipo de encunhamento de paredes, para então escolher o material a utilizar (quadro 3).

<u>Encunhamento</u>	<u>Materiais</u>
com pré-tensionamento (rígido)	tijolos inclinados à 45º
	cunhas de concreto
	argamassa expansiva
sem pré-tensionamento (resiliente)	argamassa de baixo módulo de elasticidade
plástico	espuma de poliuretano

Quadro 3: classificação dos tipos de encunhamentos e respectivos materiais (baseado SABBATINI, 2002)



### 3.6.2.1 Encunhamento com pré-tensionamento

O encunhamento das paredes com pré-tensionamento ou encunhamento rígido tem o objetivo de contraventurar a estrutura, ou fixar a parede em uma estrutura indeformável (SABBATINI, 2002).

A técnica de utilização de tijolos cerâmicos inclinados a 45° com assentamento de argamassa de cimento e areia (figura 10A) já foi muito utilizada por formar um fechamento amortecedor das deformações estruturais transmitidas à parede. Em projetos de alvenaria modulados a execução do encunhamento é facilitada pelo emprego de blocos do tipo canaleta e argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia em traço 1:12 a 15 em volume (figura 10B) (THOMAZ, 1998, p. 50).

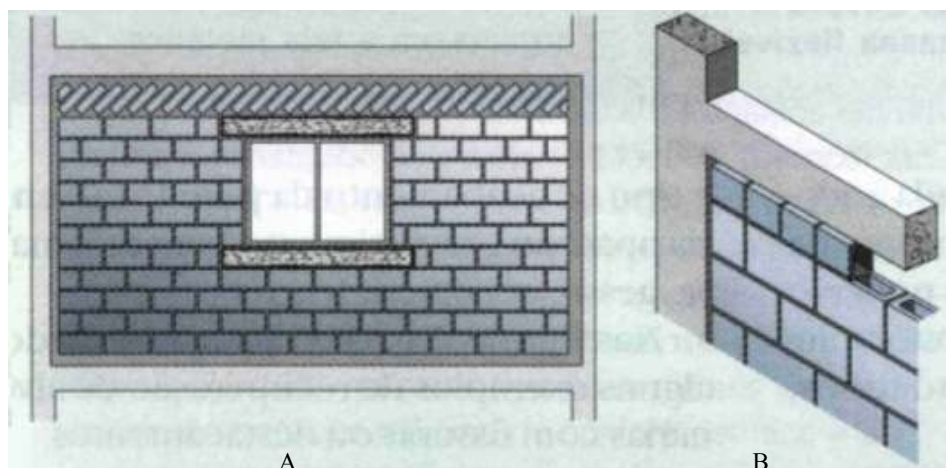


Figura 10: (A) encunhamento de parede com tijolos inclinados a 45°, (B) encunhamento com blocos tipo canaleta (THOMAZ, 1998, p. 51)

O uso de cunha de concreto ou argamassa com aditivos expansivos (figura 11) deve ser cauteloso. O fenômeno da retração de argamassa predomina após sua aplicação. Os aditivos expansivos, por sua vez, reduzem a capacidade de retração da argamassa, tornando-a um material rígido, que pode complementar a rigidez da parede de vedação e comprometer o sistema através do aparecimento de manifestações patológicas (FRANCO, 2005, p. 18-19).





Figura 11: encunhamento com argamassa expansiva

### 3.6.2.2 Encunhamento sem pré-tensionamento

O encunhamento sem pré-tensionamento ou encunhamento resiliente é uma técnica recomendada para estruturas mais deformáveis, onde existe um nível de tensão menor que nas paredes com ligação rígida. É caracterizado pelo uso de materiais de baixo módulo de elasticidade, alta aderência inicial e alta plasticidade tal como a **argamassa podre** ou de baixo teor de cimento. Neste tipo de encunhamento, a fixação da parede à estrutura de concreto é garantida pela deformação lenta da estrutura e pela aderência inicial na argamassa de encunhamento, apresentando menor probabilidade de surgimento de fissuras pelas deformações impostas pela estrutura (SABBATINI, 2002).

A aderência entre a parede e a viga ou laje deve ser garantido pelo uso de chapisco, sendo necessário sempre prever uma junta de 2 a 3 cm (figura 12) para preenchimento com argamassa mista com pequeno teor de cimento com a possível adição de resina polimérica. O aditivo polimérico além de conferir melhor aderência garante maior elasticidade da argamassa resultando em um material com bom desempenho de amortecimento de tensões (NAKAGUMA, 2004, p. 15).



Figura 12: exemplo de abertura de encunhamento com aproximadamente 2 a 3 cm

### 3.5.2.3 Encunhamento plástico

Dentre todas as técnicas, o encunhamento plástico é o que tem o menor nível de tensões nas paredes imediatamente após a fixação. É recomendado para casos de estruturas muito deformáveis e paredes muito rígidas. É o tipo de encunhamento que tem o menor risco de surgimento de fissuras, sendo garantido pela colagem do material. Precisando obrigatoriamente de juntas para a livre movimentação na interação da estrutura com a alvenaria, o projeto arquitetônico deve manter coerência no detalhamento de forros com sancas ou mata juntas de poliestireno. Os materiais mais indicados são o poliuretano (figura 13) ou poliestireno expandido (THOMAZ, 1989, p. 137; SABBATINI, 2002).



Figura 13: encunhamento com poliuretano (SABBATINI, 2002)

## 4 ACOMPANHAMENTO DE OBRAS

Foram selecionadas doze obras na região da grande Porto Alegre para acompanhamento completo, e mais três empreendimentos prontos para simples registro manifestações patológicas pontuais. A etapa de acompanhamento de obras enriqueceu o trabalho com a identificação das práticas que realmente são executadas durante o encunhamento das paredes e demais etapas. Serão descritas abaixo algumas características dos empreendimentos acompanhados para uma análise completa dos casos estudados.

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS EMPREENDIMENTOS ACOMPANHADOS

Cada empreendimento apresentou suas características peculiares com diferentes alturas, áreas construídas, número de apartamentos e orientação solar. Todos foram analisados levando em consideração principalmente fatores climáticos externos, tais como a ação do vento e variabilidade térmica em fachadas expostas por maior tempo ao sol. Segue um resumo geral no quadro 4.

<b>Obra</b>	<b>Classificação de uso</b>	<b>Altura da edificação</b>	<b>Área construída</b>
A	residencial	20 m	2.700 m <sup>2</sup>
B	residencial	50 m	5.000 m <sup>2</sup>
C	residencial	40 m	3.700 m <sup>2</sup>
D	comercial	25 m	2.400 m <sup>2</sup>
E	residencial	45 m	3.800 m <sup>2</sup>
F	residencial	35 m	3.100 m <sup>2</sup>
G	residencial	55 m	7.800 m <sup>2</sup>
H	residencial	33 m	8.400 m <sup>2</sup>
I	residencial	48 m	4.800 m <sup>2</sup>
J	residencial/comercial	65 m	13.500 m <sup>2</sup>
L	residencial	55 m	4.000 m <sup>2</sup>
M	residencial	52 m	4.500 m <sup>2</sup>
N	ACOMPANHADO MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA PONTUAL		
O	ACOMPANHADO MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA PONTUAL		

Quadro 4 : características gerais dos empreendimentos

## 4.2 ESTUDO PILOTO

O estudo piloto consistiu no acompanhamento de uma obra em paralelo com a elaboração de relatórios fotográficos, planilhas de resultados para caracterização de materiais utilizados no encunhamento, bem como realização de alguns pequenos ajustes necessários para otimizar os demais acompanhamentos de obras. Além do registro de características gerais dos empreendimentos também foi registrada a posição solar do empreendimento, identificando fachadas mais expostas a radiação solar (figura 14), obtendo informações suficientes para melhor análise de manifestações patológicas acompanhadas.



Figura 14: posição solar do empreendimento A

## 4.3 FATORES CONSTRUTIVOS OBSERVADOS QUE PODEM INTERFERIR NO COMPORTAMENTO DA ZONA DE ENCUNHAMENTO

Foram observadas as principais etapas construtivas que poderiam estar direta ou indiretamente relacionadas ao encunhamento das paredes. Muitas das manifestações patológicas observadas iniciaram logo depois da execução do encunhamento. A necessidade de acompanhar etapas construtivas tais como a execução da estrutura, assentamento da alvenaria, chapisco, produção da argamassa, execução do encunhamento, e revestimentos bem como os materiais utilizados para realizar o fechamento desse espaço de interação da estrutura com a alvenaria, faz jus para uma explicação aos aparecimentos de manifestações patológicas na região de encunhamento.

### 4.3.1 Execução da estrutura da edificação

Todos empreendimentos acompanhados foram executados com estrutura em concreto armado, podendo variar o tipo estrutural de vigas e lajes. Trata-se de elementos de concreto armado moldados em fôrmas que garantem determinada geometria as peças estruturais (figura 15). A principal função da estrutura da edificação é garantir estabilidade estática e dinâmica para edificação sujeita aos diversos tipos de carregamentos.



Figura 15: execução da estrutura de concreto armado da edificação

#### 4.3.1.1 Práticas adotadas na construção e suas conseqüências nas estruturas das edificações

As estruturas em geral demonstraram-se arrojadas e esbeltas. Em quatro dos empreendimentos acompanhados, o uso de tecnologias, como, por exemplo, o drywall e a laje zero (laje sem contrapiso), reduziram o carregamento da estrutura viabilizando a execução de lajes mais finas, na ordem de 10 cm. A adoção de níveis de resistência à compressão do concreto especificado em projeto somado ao aumento excessivo do preço do aço, nos últimos anos, pode ter influenciado empresas de cálculo estrutural a dimensionar estruturas com menores taxas de armadura. Enfim, estas práticas tem mudado a forma de dimensionar e executar as estruturas das edificações. Observaram-se alguns casos mais expressivos, como, por exemplo, vigas suportando carregamentos por vãos de até 10 metros (figura 16) e grande áreas de lajes sem nenhum apoio ou vigas priorizando a facilidade de mudança de layout interno de apartamentos (figura 17).



Figura 16: viga de comprimento aproximado de 10 m



Figura 17: grande área de laje com poucos pilares e nenhuma viga

#### 4.3.1.2 Tipos estruturais executados e ritmo de produção estrutural dos empreendimentos

Com o objetivo de mapear os tipos estruturais e velocidade de construção de cada empreendimento segue o quadro 5. Grande parte dos empreendimentos utilizou a estrutura convencional composta por laje e vigas executadas em ciclos não muito acelerados.

Obra	Tipo de Estrutura	Tempo de ciclo de produção
A	convencional com contrapiso	mais que 20 dias
B	convencional com contrapiso	2 lajes entre 15 a 20 dias
C	nervurada protendida	3 lajes entre 20 a 30 dias
D	convencional com contrapiso	não determinado
E	convencional com contrapiso	2 lajes entre 15 a 25 dias
F	convencional com contrapiso	2 lajes entre 20 a 25 dias
G	convencional com sistema de laje zero	7 dias
H	convencional com sistema de laje zero	7 dias
I	convencional com sistema de laje zero	7 dias
J	convencional com sistema de laje zero	7 dias, com casos de até 20 dias
L	convencional com sistema de laje zero	7 dias
M	convencional com contrapiso	não determinado, porém maior que 25 dias
N	NÃO FOI ACOMPANHADO	
O	NÃO FOI ACOMPANHADO	

Quadro 5 : tipos estruturais e ciclos de produção de estrutura

Mesmo que não acompanhando por completo toda a execução de estrutura dos empreendimentos, alguns pontos com relação à cura do concreto e principalmente ao escoramento de lajes foram. O aprimoramento das atividades de concretagem das lajes com o

uso de caminhões bomba para lançamento do concreto e as elevadas temperaturas nas lajes de execução da estrutura exigiu maior cuidado com a cura do concreto. A atividade de molhar as formas antes de despejar o concreto e manter uma fina camada de água acima dele, enquanto fresco não foram acompanhadas, porém seriam procedimentos necessários para evitar a perda de água de reação otimizando o processo de cura ideal.

#### 4.3.1.3 Ações preventivas observadas aos ciclos acelerados de execução da estrutura

A adoção de ciclos acelerados de produção da estrutura faz com que as construtoras tenham necessidade de implementar de ações preventivas a deformações excessivas, tal como, por exemplo, a especificação de faixas de reescoramento no projeto de fôrmas dos pavimentos. Trata-se de um sistema de vinculação e transmissão de cargas de pavimentos superiores para inferiores por meio de faixas de escoramento que deveriam apoiar os pontos sujeitos a maior deformação estrutural por pelo menos 28 dias. A falta de treinamento de mão-de-obra e fiscalização em alguns empreendimentos, porém, não garantiu sucesso desta operação. Foi observada a retirada da faixa de reescoramento e imediata recolocação de escoras em baixas idades de cura do concreto (figura 18). Este tipo de procedimento implica, possivelmente, na deformação inicial da estrutura, uma vez que, retirando o apoio da estrutura, a mesma fica sujeita a permanecer na nova posição deformada, sendo muito difícil recolocar a estrutura na posição inicial.



Figura 18: retirada de faixa de reescoramento em baixas idades

### 4.3.2 Execução de vedações verticais

Todos os empreendimentos acompanhados utilizaram blocos cerâmicos para executar as vedações verticais. Seis dos empreendimentos acompanhados apresentaram um projeto de modulação de alvenaria utilizando blocos com maior resistência que blocos cerâmicos de seis furos.

#### 4.3.2.1 Paredes de alvenaria convencional

O processo de execução da alvenaria tem início no próprio recebimento do material. O sistema de paletes ganhou destaque em eficiência de transporte horizontal e vertical. Apenas quatro empreendimentos empregaram blocos cerâmicos visualmente de qualidade inferior, sendo mais frágeis e apresentando maior número de imperfeições. No perímetro das edificações foram utilizadas paredes mais espessas, da ordem de 25 a 35 cm, enquanto as paredes internas, menos espessas, na ordem dos 14 a 20 cm aproximadamente. A execução da alvenaria (figura 19) foi caracterizada por quatro etapas:

- a) fase de projeto, com modulação de blocos, amarração de paredes, compatibilização de projetos, shaft's, detalhamento de vergas e contravergas, e previsão de juntas de deslizamento;
- b) marcação da alvenaria, com verificação de esquadro, modulação e amarração prevista em projeto;
- c) elevação da alvenaria;
- d) verificação de nível, prumo e esquadro.





Figura 19: exemplo de execução da alvenaria no perímetro da edificação

#### *4.3.2.1.1 Dimensão do espaço de interação da alvenaria e estrutura*

A dimensão da abertura mínima necessária para execução do encunhamento, mais precisamente, para aplicação da argamassa de encunhamento é de 20 a 30 mm. Porém, a variabilidade das dimensões dos blocos e da espessura da junta de assentamento durante a elevação da alvenaria não possibilitou, em muitos casos, manter um espaço remanescente ideal entre a última fiada de blocos e a estrutura. A variabilidade nas dimensões dos blocos cerâmicos observada, mesmo que variando 2 mm, ainda se enquadrava na respectiva norma, NBR 7171. Todavia, a soma desta variável com a variação da espessura de junta de assentamento resultou em casos onde o espaço para encunhamento ficava limitado a menos de 10 mm, permitindo que a estrutura quase entrasse em contato com a última fiada de blocos (figura 20). Também foram registrados alguns casos em que a estrutura havia cedido durante a concretagem, posicionando o nível inferior da viga ou laje em questão, mais abaixo que o restante da estrutura no mesmo pavimento. Com um espaço cada vez mais limitado para a elevação da alvenaria, a abertura destinada à interação dos elementos construtivos acabou se tornando um ponto de escape para estas pequenas imperfeições.



Figura 20: reduzido espaço para interação alvenaria com estrutura

#### *4.3.2.1.2 Execução de instalações elétricas e hidráulicas na alvenaria*

Com a exceção dos empreendimentos que empregaram o drywall em divisórias internas e os empreendimentos que compatibilizaram as instalações elétricas e hidráulicas com blocos de furação na vertical, os demais precisaram adequar as passagens de tubulações, embutindo-as dentro das paredes, sendo necessário quebrar os blocos para abertura de canaletas. Em um dos casos estudados, essa quebra era feita um dia após a conclusão do encunhamento da parede. O impacto gerado pela quebra dos blocos cerâmicos causava um efeito de deslocamento das paredes sem que a argamassa de encunhamento estivesse curada e tivesse resistência suficiente para absorver a esta solicitação. O aparecimento de fissuras no sentido longitudinal do encunhamento da parede era imediato. Na construtora onde foi observado este problema, o mesmo foi resolvido, adequando o cronograma de ordem de execução das atividades. As instalações elétricas e hidráulicas passaram a ser executadas antes do encunhamento com auxílio provisório de uma cunha de madeira prendendo a alvenaria em dois ou três pontos impedindo o tombamento da mesma.

#### *4.3.2.1.3 Blocos compensadores na última fiada da parede*

A finalização da elevação da alvenaria é concretizada pelo assentamento da última fiada de blocos. Esta é a etapa construtiva mais importante que antecede a execução do encunhamento das paredes. Pensando em garantir o preenchimento completo do espaço destinado a interação da estrutura com a alvenaria, que cinco das obras acompanhadas empregaram o bloco

compensador (figura 21). Ele tem a característica de ter a furação na horizontal, tendo a face superior totalmente fechada, permitindo o completo preenchimento do encunhamento da parede.



Figura 21: bloco compensador utilizado na última fiada da execução da alvenaria

#### 4.3.2.2 Paredes de gesso acartonado - *drywall*

Quatro dos empreendimentos acompanhados executaram vedações internas dos apartamentos com *drywall*. Nestes casos, foi perceptível o bom desempenho do sistema utilizado como paredes internas, uma vez que não foram registrados aparecimentos de manifestações patológicas na ligação do *drywall* com a estrutura. O *drywall* prevê, na instalação dos perfilados, uma folga de aproximadamente 5 mm na fixação na parte superior e inferior dos montantes (figura 22) que tem a função de não limitar a estrutura, permitindo sua livre deformação. As paredes de gesso acartonado são mais leves (cerca de 20 a 50 kg/m) quando comparadas paredes de alvenaria convencionais (cerca de 130 a 200 kg/m), solicitando menos, e conseqüentemente, provocando menores deformações estruturais.



Figura 22: fixação de montantes para drywall na estrutura de concreto armado

### 4.3.3 Execução do Chapisco

A execução do chapisco é uma etapa construtiva com a função de potencializar o desempenho da aderência entre os elementos construtivos envolvidos. Ele está diretamente interligado com o encunhamento de paredes, principalmente, no fundo de vigas e lajes. Nos empreendimentos observados, destacou-se o uso do chapisco industrializado, aplicado com rolo (figura 23), e em segundo lugar, o chapisco tradicional de argamassa, aplicado com colher de pedreiro ou desempenadeira. A aspereza criada durante sua execução aumenta a extensão de aderência entre o revestimento o substrato.



Figura 23: execução de chapisco rolado na estrutura

Nas obras acompanhadas não foram observadas falhas de chapisco no fundo de viga e lajes significativas. Porém, a suspeita de falha do chapisco na parte externa ao encunhamento, na fachada, englobou 3 casos de descolamento de revestimentos. No estudo mais aprofundado

destes casos, a seqüência de execução construtiva demonstrou-se semelhante com os demais empreendimentos acompanhados. Na subida do balancim o operário aplicava o chapisco no substrato, e imediatamente, aplicava a argamassa de encunhamento, não repetindo o chapisco em cima da argamassa de encunhamento. O único problema constatado foi a imediata execução do encunhamento após a aplicação do chapisco nas fachadas, não mantendo um período de carência mínimo de 72 horas para a cura do chapisco recomendado por Fiorito (1994). Porém, estes dados são insuficientes para diagnosticar a situação, sendo necessário a implementação de testes de arrancamento do revestimento para melhor análise deste problema.

#### **4.3.4 Produção do encunhamento de paredes**

A produção argamassa de encunhamento observada foi muito parecida com a produção de uma argamassa para outra função. Consiste na mistura de diferentes componentes para obter o produto final: a argamassa de encunhamento. Nas obras acompanhadas, as argamassas produzidas foram especificadas com variações na composição, mas apresentaram compostos fixos tais como cimento portland e areia de granulometria média.

##### **4.3.4.1 Mistura de argamassa de encunhamento**

Da mesma forma que demais argamassas, os tipos de mistura da argamassa de encunhamento pode ser manual ou mecanizada. A mistura manual (figura 24) além de exigir pá, balde, caixas para a mistura, demanda também, tempo de trabalho de um operário. Não se mostrou muito eficiente uma vez que a mistura manual, visualmente, não foi tão homogênea quanto a mistura em betoneira ou argamassadeiras (figura 25). Estas últimas apresentaram melhor desempenho na mistura, poupando mão-de-obra, e garantindo a mistura completa dos materiais. O tempo de mistura do mesmo volume de argamassa durava cerca de 15 min para mistura manual e 5 min para mistura mecanizada.



Figura 24: produção manual de argamassa de encunhamento



Figura 25: produção de argamassa de encunhamento mecanizada

#### 4.3.4.2 Tipos de argamassas de encunhamento de paredes

Dentre as diversas composições de argamassa de encunhamento, nas obras acompanhadas foram utilizadas:

- a) Argamassa de cimento e areia com aditivo expansor, ou compensador de retração, considerada como encunhamento rígido utilizado em grande parte das obras acompanhadas;
- b) Argamassa de cimento, areia e pasta de cal ou cola PVA, denominada também como encunhamento resiliente. Caracterizada por apresentar baixo teor de cimento este tipo de argamassa emprega componentes adesivos para garantir a trabalhabilidade e aderência da mistura. Foi utilizada nos empreendimentos com o ritmo de construção acelerado;
- c) Argamassa industrializada específica para encunhamento. Exige a simples mistura de determinada quantia de água, garantindo baixa variabilidade de produção da argamassa de encunhamento. Nos empreendimentos acompanhados, este tipo de argamassa era composta por uma mistura de aditivos compensadores de retração e cal hidratada (CH-II). Ela poderia ser classificada como rígida, uma vez que emprega aditivos expansivos.

Compreendendo os diferentes cronogramas físicos de construção, as construtoras especificaram materiais adequados ao ritmo de produção conforme quadro 6.

Obra	Tipo de encunhamento	Traço de produção da argamassa			
		Cimento	Areia	Especificação 1	Especificação 2
A	Rígido	1	3	1% de Expansor sob volume cimento	
B	Rígido	1	3	1% de Expansor sob volume cimento	
C	Rígido	1	3	mais de 1% de Expansor sob volume cimento	
D	Rígido	1	3	menos de 1% de Expansor sob volume cimento	
E	Rígido	1	3	1% de Expansor sob volume cimento	
F	Rígido	1	3	1% de Expansor sob volume cimento	
G	Resiliente	1	18	5 de pasta de cal	0,25 de cola PVA mistura com 0,2 de água
H	Resiliente	1	18	5 de pasta de cal	0,25 de cola PVA mistura com 0,2 de água
I	Resiliente	1	10	Adição de mistura de cola em traço 1 de cola para 4 de água	
J	Industrializada	-	-	1 saco 40 kg pó	7,0 litros de água
L	Industrializada	-	-	1 saco 25 kg pó	3,9 litros de água
M	Rígido/Ausente	1	3	Tijolos inclinados a 45 ° e sem encunhamento	

Quadro 6: tipo e proporção das argamassas de encunhamento acompanhadas

#### 4.3.4.3 Variabilidade de produção de argamassas de encunhamento

Independente da composição da argamassa ou do tipo de mistura da argamassa, observou-se grande variabilidade na produção da argamassa propriamente dita. O número de componentes a misturar, proporções de materiais e a falta de treinamento de operadores de betoneira ou argamassadeiras foram os principais fatores para o desencadeamento de falhas durante esta etapa do encunhamento de paredes. Por vezes, os fatores climáticos também apresentaram muito influentes, aumentando substancialmente a adição de água na composição da argamassa, que não foi submetida a um procedimento de verificação em nenhum dos empreendimentos acompanhados. A adição de água foi bem maior em dias de execução de encunhamento em fachadas expostas à radiação solar.

As diferentes proporções de materiais a serem misturados também induziram ao erro, principalmente na dosagem de materiais. Durante a produção de argamassa resiliente, no traço especificado no quadro acima, a pasta de cal era produzida a partir da cal hidratada em pó (CH-II) com água, misturando até atingir viscosidade semelhante a uma pasta de dente. Ela era utilizada por até uma semana, sendo apenas conservada em um recipiente com tampa. De acordo com Bonin et al. (1993), a pasta de cal precisa ser mantida em condições úmidas, cobertas com um filme plástico, evitando sua secagem e precisa de um tempo mínimo de repouso de 24 horas. Assim como a adição de água, a produção da pasta de cal também não

passava por nenhum procedimento de inspeção ou controle, ora sendo usada por mais de uma semana, ora sendo usada com tempo de repouso inferior ao recomendado (24 horas). A cola também precisava ser misturada a uma quantidade de água antes de ser misturada ao cimento, areia e pasta de cal. Porém, mesmo com a quantidade de água a ser misturada definida, percebe-se para este tipo de argamassa, que a quantidade de processos de mistura tornava-a complicada, exigindo algum tipo de controle de produção para a reprodução do traço correto.

Outro aspecto de variabilidade observado pode ser apontado na produção da argamassas de encunhamento com misturas a seco, principalmente em argamassas expansivas. O pequeno volume de expensor (1% sob volume do cimento) misturado ao grande volume de cimento e areia não obtinha uma mistura homogênea na totalidade da proporção misturada, ficando ora mais concentrado em pequenas porções da argamassa. Talvez, uma maneira de melhorar este processo seria utilizar argamassadeiras que garantissem a completa mistura dos materiais.

Na tentativa de solucionar estes problemas de variabilidade, dois dos empreendimentos acompanhados, buscaram uma solução no mercado, utilizando argamassa de encunhamento industrializadas. O processo de mistura da argamassa em pó com água foi realizado com a argamassadeira em ambos casos. A especificação que consta nos sacos da argamassa recomenda quantidade máxima de adição de água para atingir a trabalhabilidade necessária a execução do encunhamento de paredes. A praticidade de produção que as argamassas industrializadas oferecem, pode combater fortemente a variabilidade de produção acompanhada.

#### 4.3.4.4 Transporte da argamassa de encunhamento

Outro processo envolvido na produção da argamassa é o transporte da mesma. Dependendo do local de mistura dos componentes, a argamassa precisava ser transportada até o local de execução do encunhamento. Grande parte dos empreendimentos, contando com uma central de produção de argamassa, não só para encunhamento, mas também para emboço, contrapiso e demais, acabava transportando a argamassa em um equipamento com rodas, tal como o carrinho-de-mão, para transporte horizontal (figura 26), e o guincho, para o transporte vertical (figura 27).



Em alguns casos pontuais, a argamassa era transportada em sacos até os pavimentos para mistura mecanizada com a argamassadeira. A principal vantagem deste tipo de mistura é o ganho em produção, uma vez que a argamassa misturada é diretamente aplicada, sem perda de tempo em transporte da central até o local de execução do encunhamento.



Figura 26: despejo da argamassa de encunhamento em cima de compensado



Figura 27: transporte vertical (guincho)

#### 4.3.4.5 Ordem de execução do encunhamento

Todos os empreendimentos acompanhados executaram o encunhamento das paredes dos andares de baixo para cima, seguindo de acordo com o andamento da obra. O importante, de acordo com a literatura, é que o encunhamento das paredes seja executado de maneira que o carregamento imposto pela construção seja transferido de forma lenta e gradual, sempre esperando o maior tempo possível para a execução do mesmo.

#### 4.3.4.6 Execução do encunhamento com argamassas

Podendo ser rígida ou resiliente (mais flexível), apenas a argamassa interage com a alvenaria e a estrutura. A aplicação dela no espaço remanescente entre a elevação da alvenaria e a estrutura foi caracterizada como um procedimento simples (figura 28).



Figura 28: execução do encunhamento de paredes com argamassa

#### *4.3.4.6.1 Sugestão de controle da execução do encunhamento de paredes*

Embora tamanha simplicidade, a operação requer uma porção de cuidados. Segue em anexo uma planilha para controle de execução do encunhamento de paredes como sugestão para acompanhamento dessa atividade (anexo A).

#### *4.3.4.6.2 Uniformidade do encunhamento de paredes*

Durante a fase de acompanhamento de obras, foram registradas maneiras de execução do encunhamento das paredes diferentes em cada empreendimento. Em apenas uma das obras acompanhadas foi utilizada a bisnaga como ferramenta ideal para aplicação da argamassa de encunhamento. A uniformidade da camada de encunhamento pareceu ser limitada a duas condicionantes envolvidas nesta atividade: a última fiada de blocos da alvenaria e a estrutura. Foi registrado um caso em que a maneira de aplicação da argamassa não garantia o preenchimento completo da abertura, e resultava grande desperdício pelo reduzido espaço para aplicação do material (figura 29).



Figura 29: execução do encunhamento de paredes com aplicação de argamassa em grande distância

#### *4.3.4.6.3 Dificuldade de acesso à região de encunhamento*

A dificuldade de acesso ao local de aplicação da argamassa de encunhamento de paredes também foi mais um fator registrado que não contribuiu para o perfeito preenchimento espaço. Por vezes, o espaço era restringido por instalações elétricas e pelo próprio espaço físico, como foi o caso do empreendimento com sistema de estrutura com lajes nervuradas e protendidas (figura 30).



Figura 30: execução do encunhamento de paredes em sistemas de laje nervurada

#### 4.3.4.6.4 Habilidade de mão-de-obra

A execução do encunhamento exige habilidade no manuseio de ferramentas para sua aplicação. Para os casos em que foi utilizada a colher-de-pedreiro, a aplicação da argamassa no reduzido espaço teve que ser muito precisa, completando o preenchimento pelos dois lados da parede. Neste trabalho, cinco dos casos acompanhados apresentaram grande quantidade de vazios no preenchimento do encunhamento. Sem ter a habilidade necessária, o encarregado executava a atividade no improviso, preenchendo a abertura com a parte de trás da colher de pedreiro. A carência de material no eixo da parede (figura 31) tornou o encunhamento mais frágil e suscetível ao aparecimento de manifestações patológicas.



Figura 31: feixe de luz evidenciando a presença de vazios no encunhamento

Visando reduzir o desperdício de argamassa de encunhamento, em quatro casos estudados, a aplicação da argamassa era realizada com o auxílio de um apoio (desempenadeira), facilitando a projeção da argamassa para dentro do espaço de encunhamento (figura 32). Esta prática reduziu também problemas com o treinamento de mão-de-obra, uma vez que não exigia muita habilidade.



Figura 32: execução do encunhamento com auxílio de uma desempenadeira

#### 4.3.4.7 Execução do encunhamento com tijolos inclinados a 45°

Apresentando a execução de encunhamento de paredes diferente dos demais, o empreendimento M merece uma descrição de execução do encunhamento isolada. Nos estacionamentos foi utilizado encunhamento com tijolos inclinados a 45° (figura 33), enquanto nos dez pavimentos acima do estacionamento, as paredes não foram encunhadas, e serviam de apoio para concretagem da estrutura. Tão logo a elevação das paredes estivesse concluída, iniciava-se a montagem de formas para a execução da estrutura dos pavimentos, e assim, o cronograma foi planejado até a conclusão da obra. Não foram utilizados painéis de fundo de vigas, uma vez que o concreto era lançado diretamente sob a última fiada de blocos cerâmicos das paredes.



Figura 33: encunhamento rígido de paredes com tijolos inclinados a 45° no estacionamento

A execução do encunhamento consistiu basicamente no assentamento de blocos de vedação inclinados a 45° com argamassa. Foram registrados alguns casos de fundos de viga sem chapisco (figura 34). O procedimento demonstrou-se simples, porém trabalhoso em alguns detalhes, principalmente em meios de vãos e cantos de limite da edificação. Diferente do encunhamento com argamassa, este é realizado em apenas um lado da parede, eliminando a execução de encunhamento em balancins (fachadas).



Figura 34: ausência de chapisco na estrutura

O baixo ritmo de produção, característica marcante desta obra, pode ter favorecido a minimização de manifestações patológicas. Entretanto, este é um caso de encunhamento pré-tensionado com o peso próprio da laje, sujeito ao aparecimento de manifestações patológicas sob qualquer movimentação da estrutura. O histórico desta construtora é mapeado de experiências com fissuras nos revestimentos, principalmente, fissuras aparentes nas ligações das paredes com a estrutura (viga-parede, pilar-parede), que vai de acordo com Sabattini (2002), que disse que a parede de alvenaria pode resistir às tensões, mas as interfaces entre os elementos estruturais e a parede podem não resistir, ocorrendo fissuras nas interfaces dos elementos.

### 4.3.5 Execução de revestimentos

#### 4.3.5.1 Uso de tela metálica para reforço do revestimento

A execução do encunhamento antecede a execução do emboço. Para fortalecer a ligação entre os elementos estruturais e a alvenaria, a colocação de tela metálica (figura 35) garante ao emboço maior resistência para as possíveis tensões atuantes na região do encunhamento (BONIN et al., 1993). Mesmo que seja uma prática recomendada para edificações altas, sujeitas ao elevado carregamento do vento, os empreendimentos mais altos (G e I) não empregaram a tela metálica para reforço do revestimento na zona de encunhamento.

Foram registrados seis casos em que a colocação de tela metálica na região do encunhamento foi solução para eventual aparecimento de fissura ou descolamento. O reparo foi executado pela quebra da área afetada pela manifestação patológica e revestida novamente, porém com a colocação da tela metálica. O chumbamento da mesma é simples. Foi executado tanto com ponto de massa, como com pregos ou tiros de pólvora presos tanto na estrutura quanto na alvenaria após o chapisco.



Figura 35: colocação de tela metálica na ligação estrutura com alvenaria

#### 4.3.5.2 Prazo de carência para execução do revestimento

A principal premissa para o início da execução do revestimento é o prazo de carência mínimo suficiente para a cura da argamassa de encunhamento das paredes. Durante o período de cura



inicial, a argamassa pode apresentar retrações significativas. Segundo Fiori (1994) durante os primeiros sete dias de cura uma argamassa (1:3) pode apresentar de 60 a 80 % da retração final aos 28 dias de cura. Em um empreendimento acompanhado, o revestimento foi executado no mesmo dia que o encunhamento, sendo o equivalente a executar as duas camadas simultaneamente, atingindo uma espessura maior que a recomendada, surgindo assim, pequenas fissuras no sentido longitudinal do encunhamento por retração.

#### 4.3.5.3 Detalhamento de junta de movimentação na região de encunhamento

Acompanhando um caso especial de revestimento de pastilhas, o detalhamento de juntas no revestimento das fachadas coincidindo com o encunhamento das paredes (figura 36) foi relevante. Na tentativa de reduzir o impacto das movimentações resultantes na região de interação da estrutura com a alvenaria, este empreendimento detalhou juntas de movimentação, dilatação e dessolidarização preenchidas com um compensador (tarucell) e um selante para impedir a entrada de água. As juntas previstas tiveram a função de amortecer movimentações excessivas nesta região, reduzindo a probabilidade de descolamento das pastilhas.



Figura 36: execução de juntas de movimentação na região de encunhamento de paredes

## 4.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ACOMPANHADAS

Frentes aos fatores como variação térmica, a falta de contraventamento e possíveis deformações excessivas da estrutura seguem alguns casos estudados mais relevantes com relação ao aparecimento de manifestações patológicas. Com o auxílio da caracterização geral



dos empreendimentos, os casos puderam ser melhor analisados. As fissuras foi o tipo de problema presente na zona de encunhamento mais comum. Problemas com descolamento do revestimento e esmagamento de blocos foram os casos mais expressivos, porém foram observados com frequência inferior às fissuras.

#### **4.4.1 Fissuras**

Fissuras são pequenas aberturas que caracterizam um estado de ruptura do elemento na qual estão presentes. São descritas abaixo algumas situações típicas em que ocorreu o aparecimento de fissuras na região do encunhamento.

##### **4.4.1.1 Descumprimento de prazos de carência entre as atividades**

As fissuras visualizadas ocorreram em duas situações. Ou imediatamente após a elevação das paredes ou após a execução do revestimento. Com uma simples investigação, foram registrados prazos de carência de execução das atividades muito curtos.

##### *4.4.1.1.1 Prazo de carência de 15 dias para assentamento da alvenaria*

No primeiro caso estudado, empreendimento A, o encunhamento foi executado 5 dias depois da elevação da parede. Descumprindo um prazo mínimo de assentamento da alvenaria de 15 dias, a parede ainda estava em fase de acomodação e a argamassa de assentamento ainda estava em processo de retração, causando pequenos deslocamentos nos elementos da alvenaria, foram, possivelmente, a causa do aparecimento da fissura no sentido longitudinal na argamassa de encunhamento ainda fresca.

#### 4.4.1.1.2 Prazo de carência para cura da argamassa de encunhamento

Também no empreendimento A, registrou-se o aparecimento de uma fissura no encunhamento da parede que dividia dois apartamentos do 4º pavimento (figura 37 e 38). Esta por sua vez apareceu imediatamente após a execução do emboço. Acompanhando o cronograma físico da obra, percebeu-se que a execução do encunhamento e do revestimento coincidiram no mesmo dia visando o cumprimento de prazos e registro de pacotes concluídos produzidos. A causa do surgimento deste tipo de fissura é possivelmente a falta de tempo para que a argamassa de encunhamento estivesse curada. O processo de retração de argamassa está diretamente ligado a este tipo de situação.



Figura 37: aparecimento de fissura no emboço na região de encunhamento da parede



Figura 38: detalhe da fissura no emboço na região de encunhamento da parede

#### 4.4.1.2 Ausência de encunhamento de paredes

Tendo a função de interação entre a alvenaria e a estrutura, o encunhamento das paredes atua como elemento de transferência e absorção de parte das tensões impostas pela estrutura em casos de deformações e movimentações da estrutura. No caso de ausência de encunhamento das paredes, o elemento que assume a função do encunhamento é a camada de revestimento que interliga a estrutura com a alvenaria. Esta falha foi o principal fator que parece ter ocasionado o surgimento de fissuras horizontais ao longo da região de encunhamento (figura 39) no empreendimento F, no último pavimento. O revestimento é mais frágil e tem menor espessura, não suportando aos esforços atuantes no sistema. A solução mais adequada para consertar este tipo de problema é quebrar o revestimento fissurado, executar o encunhamento

com uma argamassa rígida, e aguardar o tempo de cura mínimo antes de refazer o emboço, sendo recomendado neste caso o uso de tela metálica (figura 40).



Figura 39: fissuras no revestimento derivadas da falta de encunhamento



Figura 40: reparo de fissuras no revestimento derivadas da falta de encunhamento

#### 4.4.1.3 Aparecimento de fissuras e conseqüentes infiltrações

As fissuras observadas em áreas externas acabaram sendo mais significativas pelo risco de infiltração aos apartamentos. Este é o caso do empreendimento H. De acordo com planta de localização no anexo B, este tipo de manifestação ocorreu em paredes de fachadas expostas à radiação solar por maior tempo do dia. A causa mais provável deste tipo de manifestação patológica é a variabilidade térmica em conjunto com a ação de intempéries, uma vez que a figura 41 foi fotografada em um dia de chuva muito forte e a figura 42 em um dia de sol. As fissuras observadas neste caso estudado surgiram somente no 10º pavimento (último andar) que é o pavimento com maior dilatação térmica da laje de cobertura. Uma possível solução seria a utilização de tela metálica na ligação da estrutura com a alvenaria, reforçando o revestimento.



Figura 41: aparecimento de fissura no encunhamento com problemas de infiltração (dia de chuva)

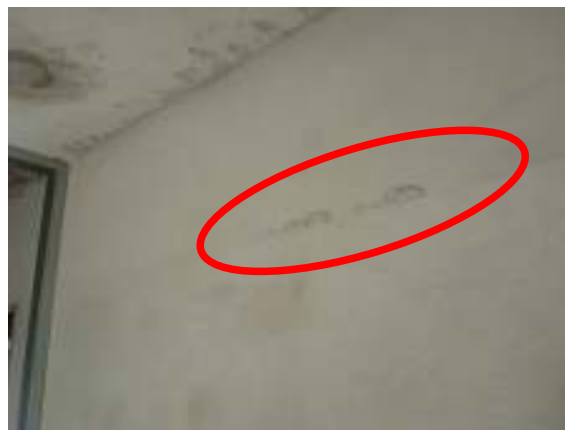


Figura 42: aparecimento de fissura no encunhamento com problemas de infiltração (dia de sol)

#### 4.4.1.4 Aparecimento de fissuras por falta de contraventamento da estrutura

O empreendimento N foi acompanhado por ter uma causa ao surgimento de fissura diferente dos demais casos. Tendo um estacionamento projetado a utilizar a área disponível até o limite do terreno vizinho, as fundações precisaram ser deslocadas para o interior da construção, dimensionando vigas em balanço nas extremidades da edificação. Na fase de elevação das paredes de pé-direito alto (cerca de seis metros) o revestimento na região do encunhamento começou a fissurar em quase todo o perímetro do estacionamento. Conforme anexo C, as paredes, nesta etapa da obra, apresentavam pouco contraventamento, permitindo movimentações da estrutura. A correção adotada foi o emprego de tela metálica e reparo do revestimento rompido na região do encunhamento.

#### 4.4.2 Descolamento de revestimento

Alguns casos pontuais de descolamento de revestimentos foram registrados. O temor de uma queda de revestimento com perdas pessoais motiva a adoção de cuidados especiais, principalmente, em áreas externas tais como fachadas das edificações.

#### 4.4.2.1 Princípio do descolamento de revestimentos

O princípio do descolamento de revestimentos está diretamente relacionado à perda de aderência, seja entre as interfaces de camadas, seja entre o revestimento e a base. Também, pode ser influenciada pelas deformações estruturais excessivas. Durante a execução do encunhamento a parede é imposta a uma determinada tensão. Com a possibilidade de estar sujeita a deformação por fluência da estrutura (deformações lentas) a parede pode receber mais um acréscimo de tensão, que atua em forma de compressão no encunhamento das paredes. De acordo com a flexibilidade, o encunhamento absorve parte das tensões e transfere outra parte para a alvenaria. Parte das tensões que é absorvida pode ser transformada em uma deformação transversal do encunhamento, de acordo com as flechas na figura 43. O revestimento sofre um esforço de tração e não havendo aderência entre os elementos de execução do revestimento há grande probabilidade de descolamento.

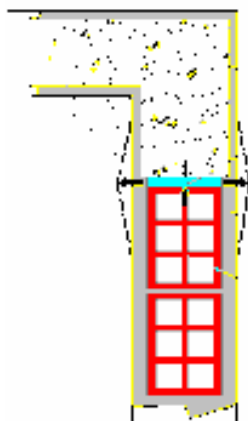


Figura 43: princípio do descolamento de revestimentos

#### 4.4.2.2 Descolamento de revestimentos internos e externos

Foi acompanhado no empreendimento O, um caso de descolamento de revestimento externo (figura 44) e interno (figura 45) no 4º pavimento da edificação. Os descolamentos de revestimentos ocorreram também outros pavimentos, na mesma fachada sul. Não sendo exposta a grande variabilidade térmica, a suspeita de alguma causa durante o processo de execução do chapisco parece ser uma explicação, porém não é descartada a hipótese de deformações lenta da estrutura, uma vez que o empreendimento já estava pronto e habitado. Não foi empregada a tela metálica para reforço do revestimento. Os descolamentos, de acordo

com o anexo D e as figuras abaixo, ocorreram no meio do vão entre pilares, seção da estrutura mais solicitada por esforços de flexão.



Figura 44: descolamento de revestimento na região de encunhamento em fachada (doada por construtora)



Figura 45: descolamento de revestimento na região do encunhamento em áreas internas (doada por construtora)

#### 4.4.3 Esmagamento de blocos

O caso de esmagamento de blocos (figura 46), foi o registro mais extremo. Também ocorrendo no empreendimento O, de acordo com o anexo D, o esmagamento de bloco retomou a contextualização deste trabalho parecendo ser as deformações excessivas da estrutura a causa principal para tal. Este caso pontual ocorreu em uma parede interna de um dormitório próximo à fachada sul no 8º pavimento, aproximadamente na metade da altura da edificação que tem o total de 19º pavimentos. O vão desta parede tinha cerca de 6 metros. O esmagamento foi intenso, rompendo os blocos cerâmicos da alvenaria. O diagnóstico imediato foi a retirada do encunhamento e dos blocos quebrados para reduzir a forte tensão que atuava sob aquela parede. O reparo foi executado com assentamento de blocos cerâmicos novos, encunhamento da parede e posterior revestimento.



Figura 46: esmagamento de bloco (doada por construtora)

## **5 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE ENCUNHAMENTO**

A caracterização dos diferentes tipos de argamassas utilizadas no encunhamento de paredes foi realizada de acordo com as recomendações da NBR13279 (Argamassa para assentamento e revestimentos de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e compressão) por meio de ensaios de ruptura à flexão e à compressão de corpos-de-prova de argamassa de encunhamento.

### **5.1 COLETA DA ARGAMASSA DE ENCUNHAMENTO**

A argamassa de encunhamento foi coletada diretamente de canteiros de obra, eliminando erros de reprodução de traço específico de argamassas. Fatores climáticos foram considerados nos dias de coleta por acumularem uma variabilidade de produção de argamassa de encunhamento, principalmente, com relação à quantidade de água misturada. Antes da coleta do material, a produção da argamassa e o início da execução do encunhamento foram acompanhados e registrados com fotos e vídeos. As amostras foram colocadas em sacos plásticos bem vedados e transportadas até o laboratório do NORIE/UFRGS em tempo máximo de 15 minutos.

### **5.2 MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA**

Garantindo a uniformidade de moldagem dos corpos-de-prova foram seguidas as recomendações da norma. Em primeiro lugar, foram realizados os testes de espalhamento da argamassa, onde a argamassa atingia certo diâmetro após trinta golpes em uma mesa de adensamento (figura 47). Ele foi a principal ferramenta para mapear as amostras de argamassa com maior quantidade de água, geralmente coletadas em dias de muito calor.





Figura 47: mesa de adensamento para teste de espalhamento da argamassa de encunhamento

Em seguida deu-se continuidade no processo de moldagem dos corpos-de-prova em moldes prismáticos (figura 48) de com dimensões de 40 mm (+- 0,4 mm) de base, 40 mm (+-0,4 mm) de altura e 160 mm (+-0,8 mm) de comprimento. O material das amostras foi moldado em duas camadas, cada uma delas recebendo um assentamento de trinta golpes, eliminando presença excessivas de bolhas de ar dentro dos corpos-de-prova. Seguindo o processo com o rasamento da argamassa excessiva, os corpos-de-prova foram devidamente identificados e levados até a câmara úmida.

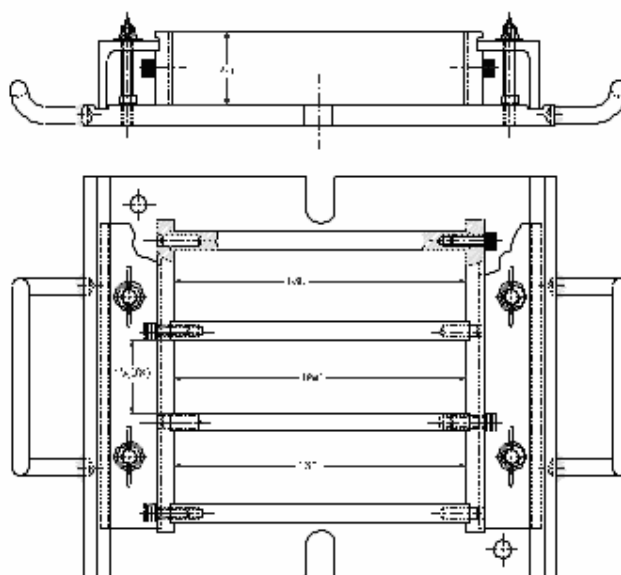


Figura 48: vista do equipamento para moldagem dos corpos-de-prova

### 5.3 CURA DOS CORPOS-DE-PROVA

Partindo da premissa que a NBR 13279 é destinada para ensaios com argamassa de revestimentos houve uma pequena incompatibilidade nesta etapa do trabalho. Tendo em vista que três amostras eram compostas por argamassas de cimento e areia com pasta de cal e/ou cola, foi necessário implementar um ajuste retirando os corpos-de-prova antes dos vinte e oito dias de cura da câmara úmida para a secagem da cola. Mesmo com este pequeno imprevisto, todos os corpos-de-prova foram curados com vinte e oito dias em condições semelhantes.

### 5.4 ENSAIOS DE FLEXÃO E COMPRESSÃO

Seguindo as recomendações da norma, os corpos-de-prova foram rompidos à flexão e à compressão aos vinte e oito dias de cura, utilizando a prensa disponível no LEME/UFRGS. Utilizando escalas de aplicação de carga compatíveis com a prensa, foram aplicados 200 N/s nos ensaios de flexão e 500 N/s nos ensaios de compressão.

#### 5.4.1 Ensaio à flexão

Os ensaios de flexão em três pontos foram realizados com a aplicação de carga no meio do corpo-de-prova que estava apoiado em dois pontos distantes a 100 mm de acordo com a figura 49.



Figura 49: ruptura de corpo-de-prova à flexão

### 5.4.2 Ensaio à compressão

Os ensaios de compressão foram realizados depois dos ensaios de flexão com a aplicação de carga em uma peça metálica de dimensões 40 mm x 40 mm de acordo com a figura 50. Tendo em vista a sobra de dois pedaços resultantes dos ensaios de flexão, foram realizadas duas rupturas por compressão por corpo-de-prova, uma em cada extremo das metades, sempre utilizando as faces laterais dos corpos-de-prova que apresentavam menores imperfeições restringidas pelas paredes metálicas dos moldes prismáticos.



Figura 50: ruptura de corpo-de-prova à compressão

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos está diretamente ligada aos resultados obtidos durante as rupturas dos corpos-de-prova. Não é um levantamento estatístico, por ter sido realizada com um volume relativamente pequeno de amostras, porém serve como uma base para análise comparativa dos materiais rompidos.

Os valores de ruptura dos corpos-de-prova foram tratados de acordo com a norma. Para a flexão e compressão foram utilizadas as fórmulas abaixo respectivamente:

$$R_f = \frac{1,5 F_f L}{V} \quad (1)$$

Onde:

$R_f$ :	resistência à flexão	[MPa]
$F_f$ :	carga de ruptura à flexão	[N]
L:	distância entre os apoios do corpo-de-prova	100 mm
V:	volume do cubo submetido à tração na flexão	$40^3$ mm

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (2)$$

Onde:

$R_c$ :	resistência à compressão	[MPa]
$F_c$ :	carga de ruptura à compressão	[N]
A:	área da seção de ruptura à compressão	1600 mm <sup>2</sup>

Para cada corpo-de-prova foi registrada uma resistência à flexão e duas resistências à compressão. A partir desses dados calculou-se a resistência média e seus respectivos desvios, descartando valores de ruptura que apresentassem valor superior a 0,3 MPa na flexão e 0,5 MPa na compressão conforme o estabelecido pela NBR 13279.

Os resultados finais de resistências médias à flexão e à compressão e consistências das amostras das argamassas ensaiadas são apresentados a seguir nas figuras 51, 52 e 53

respectivamente. De acordo com o quadro 6, os empreendimentos A a F utilizaram uma argamassa rígida de cimento e areia com aditivo expansor, G a I uma argamassa resiliente de cimento, areia, pasta de cal e/ou cola, e J e L uma argamassa industrializada.

## 6.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE FLEXÃO

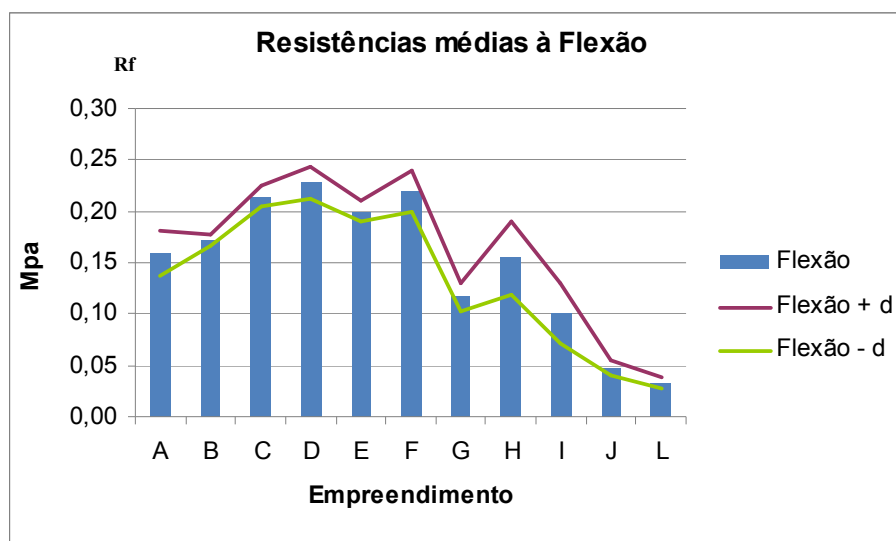


Figura 51: resistências médias à flexão das argamassas de encunhamento ensaiadas

O encunhamento rígido apresentou uma resistência média à flexão de 0,20 MPa, apresentando um desvio médio de ruptura equivalente a 7,0% deste valor.

O encunhamento resiliente apresentou uma resistência média à flexão de 0,12 MPa, apresentando um desvio médio de ruptura equivalente a 20,8% deste valor. Foi o maior desvio médio registrado. A justificativa para tal, pode ser a combinação dos baixos valores de resistência relacionada com a precisão da prensa utilizada nos ensaios.

O encunhamento industrializado apresentou uma resistência média à flexão de 0,04 MPa, apresentando um desvio médio de ruptura equivalente a 15,7% deste valor.

## 6.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO

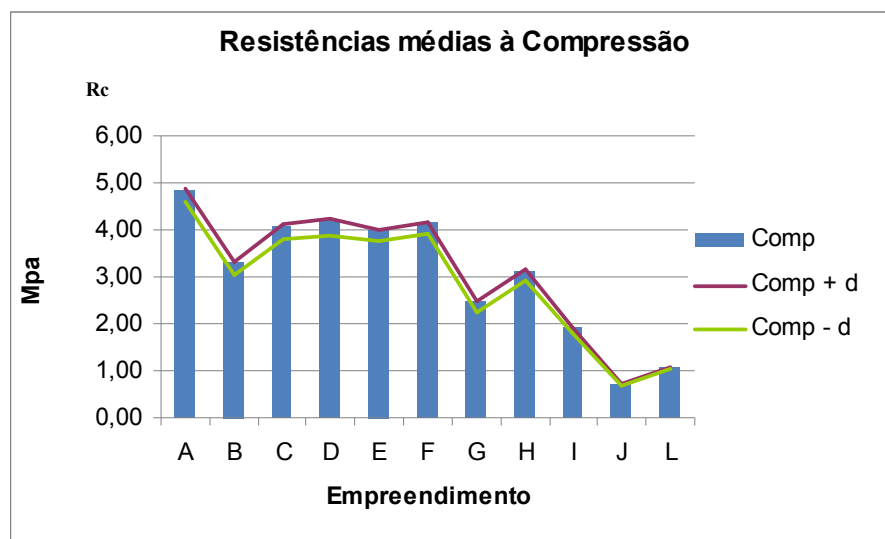


Figura 52: resistências médias à compressão das argamassas de encunhamento ensaiadas

O encunhamento rígido apresentou uma resistência média à compressão de 4,10 MPa, apresentando um desvio médio de ruptura equivalente a 6,6% deste valor.

O encunhamento resiliente apresentou uma resistência média à compressão de 2,50 MPa, apresentando um desvio médio de ruptura equivalente a 7,1% deste valor.

O encunhamento industrializado apresentou uma resistência média à compressão de 0,90 MPa, apresentando um desvio médio de ruptura equivalente a 6,7% deste valor.

## 6.3 RESULTADOS DOS TESTES DE ESPALHAMENTO

Em geral, as consistências registradas das argamassas, de acordo com o teste de espalhamento, foram parecidas, variando de 23 a 28 cm de diâmetro de espalhamento. Apenas a amostra coletada no empreendimento A apresentou uma consistência menor, por ter sido coletada no verão, época de temperaturas altas, da ordem de 35°C, e conseqüentemente maior adição de água. Nas demais amostras coletadas em dias de chuva, tal como as dos empreendimentos D, G, I, e J, apresentaram consistência maior, da ordem de 23 cm, enquanto

as amostras coletadas em dias de sol, tal como as dos empreendimentos B, C, E, F, H, e L apresentaram consistência média de 27 cm.

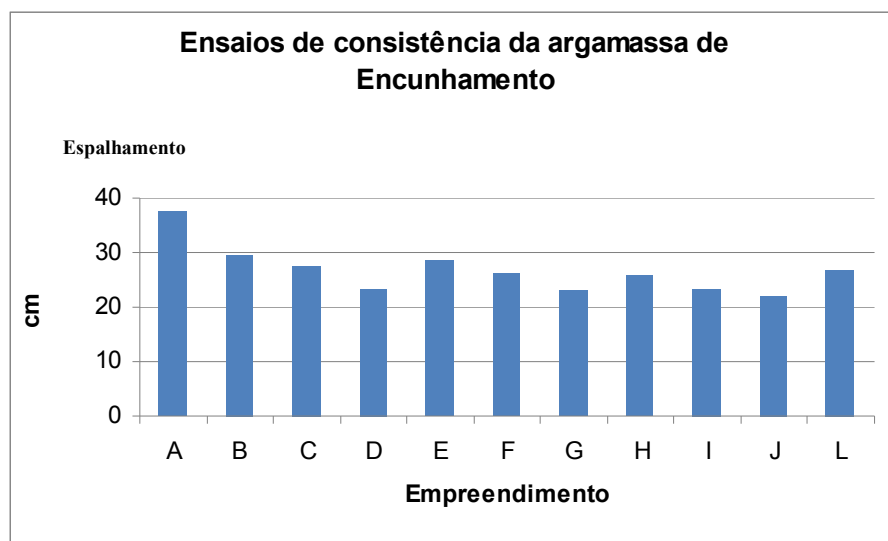


Figura 53: consistência das amostras de argamassa ensaiadas em laboratório

## 6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados permite concluir que nesta amostragem coletada de argamassas de encunhamento, as argamassas rígidas apresentaram maiores resistências tanto à flexão como à compressão. Observando os moldes prismáticos após os 28 dias de cura foi perceptível o aumento de volume dos corpos-de-prova (figura 54). Ou seja, o aditivo expensor, não só compensou as retrações da argamassa, como a expandiu.



Figura 54: aumento do volume dos corpos-de-prova moldados com argamassa expansiva

As argamassas resilientes de cimento, areia, pasta de cal e/ou cola apresentaram resistências menores que as argamassas rígidas, porém maiores que as industrializadas. É perceptível uma pequena variação dos resultados referente à variabilidade de produção, tanto no processo de mistura quanto na proporção de materiais adicionados a cada amostra. A argamassa utilizada nos empreendimentos G e H tiveram resistências maiores que a argamassa cimento, areia e cola do empreendimento I. Mesmo que o traço de argamassa do empreendimento I tenha apresentado um teor de cimento maior que dos empreendimentos G e H, as resistências de ruptura à flexão e compressão foram menores, porque, possivelmente, a maior quantidade de cola especificada no traço da amostragem demorou mais para adquirir resistência nas condições impostas pela câmara úmida. As argamassas com adição de pasta de cal e ou cola apresentam-se impermeáveis, fato que diminui a aderência.

As argamassas industrializadas apresentaram as menores resistências à flexão e compressão. Foi este o tipo de material que viabilizou a uniformização da produção da argamassa de encunhamento. Mesmo que as diferentes marcas tenham apresentado resultados um pouco distintos, os valores se enquadraram em uma mesma faixa de ordem de grandeza.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 7.1 CONCLUSÕES

#### 7.1.1 Conclusões diante do acompanhamento de obras

Diante das observações realizadas em campo, conclui-se que cada um dos empreendimentos analisados apresentou algum tipo peculiar de falha de execução de encunhamento. O aparecimento de manifestações patológicas na região do encunhamento parece ser influenciado por diversos fatores. Analisando casos mais críticos tais como descolamentos de revestimento e esmagamentos de blocos, as prováveis causas do aparecimento destas manifestações patológicas parecem apontar para dois pontos:

- a) deformações excessivas da estrutura;
- b) falhas construtivas na região do encunhamento das paredes.

É recomendado que empreendimentos com ritmo de execução de estrutura acelerado tenham maiores cuidados principalmente quanto à especificação da resistência à compressão do concreto, às taxas de armadura mínima, aos processos de cura e o controle de retirada de escora somente após os 28 dias de cura.

Alguns aspectos de produção de argamassas e execução de encunhamento de paredes podem ser implementados em forma de controle de qualidade. Soluções imediatas a serem implantadas como treinamento de mão-de-obra, controle de recebimento de materiais, e inspeções qualitativas de execução de atividades que antecedem a execução do encunhamento contribuem para a boa prática durante esta etapa construtiva. Retardar ao máximo tempo possível a execução do encunhamento após a execução da estrutura e encunhar as paredes de forma que o nível de carregamento seja aplicado gradualmente são fatores que contribuem para minimização do aparecimento de manifestações patológicas na zona de encunhamento.

Seguem mais algumas técnicas de execução de encunhamento de paredes recomendadas para possível minimização de manifestações patológicas na região de interação da alvenaria e estrutura:

- a) certificar-se sobre os prazos de carência para execução desta atividade: 15 dias após a elevação da alvenaria e 70 dias depois da concretagem da laje;
- b) verificar se a dimensão do espaço existente entre a última fiada da alvenaria e a estrutura é aproximadamente 2 a 3 cm;
- c) certificar-se que a superfície da região de encunhamento não apresenta partículas soltas, pó em excesso, óleos que prejudiquem a aderência;
- d) umedecer a superfície na região do encunhamento, mas não a ponto de saturação. Somente o suficiente para não que o bloco não sugue a água da argamassa para si;
- e) de preferência, aplicar a argamassa com bisnaga proporcionando uma camada uniforme e eliminando a presença de vazios. Para o caso de utilizar a colher-de-pedreiro, aplicar o material de forma a preencher por completo o espaço.
- f) rasar a camada de argamassa de encunhamento em prumo com a alvenaria e a estrutura;
- g) não utilizar a argamassa de encunhamento por um período superior a 90 minutos;
- h) curar a argamassa de encunhamento antes de executar o revestimento. Prazo de carência mínima de 7 dias;
- i) empregar tela metálica na ligação da alvenaria com a estrutura;
- j) em caso de revestimentos cerâmicos em fachadas, sempre compatibilizar juntas do revestimento na região de encunhamento de paredes, permitindo as livres movimentações diferenciais entre os elementos construtivos;

- l) não quebrar blocos cerâmicos para abertura de canaletas para embutir eletrodutos logo após o encunhamento de paredes com argamassa. Certificar-se do tempo mínimo de cura do mesmo;
- m) retirar as faixas de reescoramento somente após 28 dias da concretagem da estrutura, evitando deformações iniciais desnecessárias.

### **7.1.2 Conclusões diante da caracterização dos materiais**

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de resistência à flexão e à compressão, foi possível concluir alguns aspectos intuitivos. De fato, as argamassas rígidas, com aditivo expensor e maior teor de cimento em sua mistura, apresentaram as maiores resistências e foi o material mais utilizado nos empreendimentos acompanhados. O material rígido parece adequar-se aos prazos mais extensos de construção e entrega de empreendimentos, ao passo que as manifestações patológicas observadas têm caráter simples e de menor amplitude, tais como pequenas fissuras ainda na fase de construção, que podem ser controladas e solucionadas facilmente. O efeito de expansão da argamassa é uma característica necessária para que ocorra de fato a fixação da parede na estrutura.

Argamassas resilientes com pasta de cal e/ou cola tiveram comportamento de acordo com o esperado: material deformável, não rígido. Portanto, são mais indicadas para empreendimentos com ciclo de execução de estrutura acelerados que apresentam maiores deformações estruturais. Mesmo apresentando-se envolvidas com o aparecimento de manifestações patológicas à longo prazo, seu desempenho adequou-se ao tipo de empreendimento em que foram empregadas. Considerando a linha de pesquisa de Salvador (2007), as deformações ampliadas decorrentes do ciclo acelerado de produção da estrutura de concreto poderiam transmitir tensões de maneira mais significantes para alvenaria, havendo assim a necessidade de empregar um material mais deformável tal como as argamassas resilientes ensaiadas. Talvez o controle de produção das argamassas precise ser implementado com a finalidade de reduzir a variabilidade derivada da grande quantidade de materiais e proporções a serem misturadas.

## 7.2 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DE PESQUISA

Ao longo do acompanhamento de manifestações patológicas fortes, como o descolamento de revestimentos e esmagamento de blocos, muitos fatores pareceram apontar que apenas as falhas na execução do encunhamento das paredes não poderiam causar tais conseqüências, evidenciando, assim, a necessidade de analisar o comportamento estrutural à longo prazo. Tendo em vista que a maior parte das manifestações patológicas foram observadas em obras de ciclos intensos de construção, o presente trabalho sugere o aprofundamento dos estudos na linha de Salvador (2007), sobre a influência dos ciclos de execução nas deformações das estruturas de concreto armado de edifícios de andares múltiplos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7171**: bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e compressão. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**: projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2003.

BONIN, L. C.; ABITANTE, A. L.; ANDRADE, A.C.; CARNEIRO, A M.; UBER, L. L.; MOLIN, D. C.; RCCENA, F.; BOGGIO, A.; CREMONINI, R. A.; SELMO, S.; JOHN, V. M.; PETRUCCI, H. **Projeto Estabelecimento das bases para implementação de sistemas de qualidade para obras de edificação**. 1993. In: II Seminário Qualidade na Construção Civil, Gestão e Tecnologia. Manuais de Referência Técnica. NORIE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FIORITO, A. J. S. **Manual de Argamassa e Revestimentos. Estudos e Procedimentos de Execução**, São Paulo: Pini, 1994.

FRANCO, L. S. **O projeto de vedações verticais: características e importância para a racionalização do processo de produção**. 1998. In: Seminário tecnologia e gestão na produção de edifícios. Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. São Paulo. Disponível em: <[http://scholar.google.com.br/scholar?q=%22FRANCO%22+%22projeto+\\*+veda%22&hl=pt-BR&lr=&um=1&ie=UTF-8&oi=scholar](http://scholar.google.com.br/scholar?q=%22FRANCO%22+%22projeto+*+veda%22&hl=pt-BR&lr=&um=1&ie=UTF-8&oi=scholar)>. Acesso em: 17 ago. 2008.

\_\_\_\_\_. Ligação alvenaria-fundo de viga. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 13, n. 103, p. 18-19, out. 2005.

LOTURCO, B. Ligação de paredes com vigas e lajes. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 12, n. 86, p. 55-57, maio 2004.

MEDEIROS, H. Alerta! Deformações Excessivas. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 13, n. 97, p. 46-51, abr. 2005a.

\_\_\_\_\_. Construção crítica. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 13, n. 99, p. 24-29, jun. 2005b.

NAKAGUMA, R. Ligação alvenaria-estrutura. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 12, n° 88, p. 15, jul. 2004.

SALVADOR, P. F. **Influência dos ciclos de execução nas deformações das estruturas de concreto armado de edifícios de andares múltiplos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SABBATINI, F. H. **Fissuras em alvenaria decorrentes da interação estrutura-alvenaria**. 2002. Disponível em: <<http://tgp-mba.pcc.usp.br/TG-004/TG004-AULA7-Apresenta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2008

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini; EPUSP; IPT, 1989.

\_\_\_\_\_. Fissuras. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 7, n. 37, p.48-52, nov/dez. 1998.


VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

**ANEXO A – Controle de qualidade da execução do encunhamento de paredes**

<b>PSI - Procedimento Interno de Inspeção</b>		
<b>Serviço: Execução do encunhamento de paredes</b>		
Obra:	Local do Serviço:	
Quantidade verificada:		
Início:	Término:	
Mestre:		
Encarregado:		
Equipe:		

<i>Fotografia</i>	<i>Item de Verificação</i>	<i>Metodologia e critério de avaliação</i>
	PRODUÇÃO DA ARGAMASSA DE ENCUNHAMENTO DE PAREDES	Certificar se o traço de argamassa de encunhamento a ser produzido já está definido.
	PROPORÇÃO DOS MATERIAIS A SEREM MISTURADOS	Utilizar recipientes com volumes predeterminados para dosagem dos materiais.  Treinar o operário responsável pela produção da argamassa  Controlar a produção de argamassa observando a proporções que os materiais são adicionados.
	MISTURA DA ARGAMASSA DE ENCUNHAMENTO	A mistura dos componentes da argamassa deve ser homogênea.  Respeitar o tempo de mistura dos materiais por recomendado pelo fabricante.
	TRANSPORTE DA ARGAMASSA DE ENCUNHAMENTO	Transportar a argamassa de encunhamento com recipiente estanque e limpo. Ex: carinho-de-mão.
	PREPARAÇÃO DA BASE DE APLICAÇÃO	Certificar-se que a superfície da região de encunhamento não apresenta partículas soltas, pó em excesso, óleos que prejudiquem a aderência.  Umedecer a superfície base na região do encunhamento, mas não atingir a saturação.
	APLICAÇÃO DA ARGAMASSA DE ENCUNHAMENTO	De preferência, aplicar a argamassa com bispaga.  Preencher completamente a abertura destinada à iteração da estrutura com a alvenaria com camada de argamassa uniforme reduzindo a presença de vazios.  Não utilizar a argamassa de encunhamento por um período superior ao recomendado pelo fabricante, geralmente 90 min.  Rasar a camada de argamassa de encunhamento com auxílio de colher-de-pedreiro em conferindo o acabamento final  Curar a argamassa de encunhamento antes de executar o revestimento. Prazo de carência mínima de 15 dias.



<b>FVS - Ficha de Verificação dos Serviços</b>		
<b>Serviço: Execução do encunhamento de paredes</b>		
Obra:		Local do Serviço:
Quantidade verificada:		
Início:		Término:
Mestre:		
Encarregado:		
Equipe:		

<b>CONDICIONANTES À EXECUÇÃO DO ENCUNHAMENTO DE PAREDES</b>				
<b>1</b>	<b>Condições Iniciais</b>	<b>Aprovação</b>		<b>Observações</b>
		<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
1.1	Elevação de alvenaria concluída	x		
1.2	Instalações hidráulicas concluídas	x		
1.3	Instalações elétricas concluídas	x		
1.4	Utilização de bloco compensador na última fiada	x		Face superior sem furos
1.5	Dimensão da abertura do encunhamento	x		25 +/- 5 mm
1.6	Disponibilidade de Ferramentas e Equipamentos*		x	de acordo com a NR 18
1.7	Disponibilidade de Materiais**		x	de acordo com o traço definido
1.8	Disponibilidade de EPIs	x		de acordo com item 18.23 da NR 18
1.9	Verificar proteções coletivas elevadores, janelas e sacadas		x	de acordo com item 18.13 da NR 18
1.10	Verificar a escada ou bancada de apoio	x		de acordo com item 18.12 da NR 18
<b>2</b>	<b>Execução do Chapisco</b>			
2.1	Chapisco concluído na estrutura	x		Atentar falhas no chapisco
<b>3</b>	<b>Prazos de Carência antes do encunhamento</b>			Retardar o máximo tempo possível o encunhamento das paredes
3.1	da execução da estrutura		x	mínimo de 70 dias
3.2	da elevação da alvenaria	x		mínimo de 15 dias
3.3	da execução do chapisco		x	mínimo de 3 dias
<b>4</b>	<b>Ordem de execução do encunhamento</b>			Executar o encunhamento no sentido do topo para a base da
4.1	Encunhar na ordem de pav. superiores para o inferiores		x	
4.2	ter 3 a 4 pav. acima com elevação de alvenaria pronta		x	
4.3	Encunhamento em pavimentos alternados		x	ou em grupos de 3 a 4 pav., executado de cima para baixo

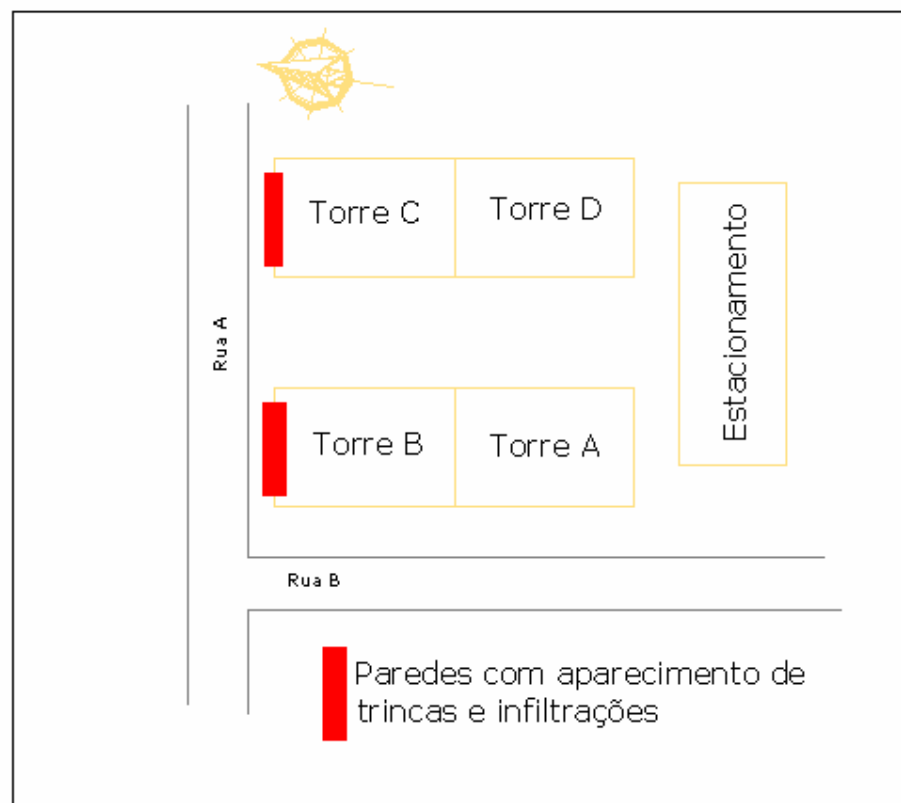
NÍVEL DE ACEPTAÇÃO	
4	3 exemplos de equipamentos de autoabastecimento
3	2 exemplos de autoabastecimento
2	1 exemplo de autoabastecimento
NÍVEL DE ACEPTAÇÃO	

DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS*		
Ferramentas e Equipamentos	Responsabilidade	
	Construtora	Fornecedor de Serviço
Betoneira		
Caixote de madeira		
Pá		
Colher-de-pedreiro		
Bisnaga		
Escada ou bancada de apoio		
Balde ou caixas de dosagem		
Trincha		
Carinhão-de-mão ou Girica		

DISPONIBILIDADE DE MATERIAIS**		
Materiais	Armazenamento	
	Bom	Ruim
Cimento		
Areia		
Cal		
Cola		
Aditivo Expansor		

## **ANEXO B – Planta de Localização do Empreendimento H**

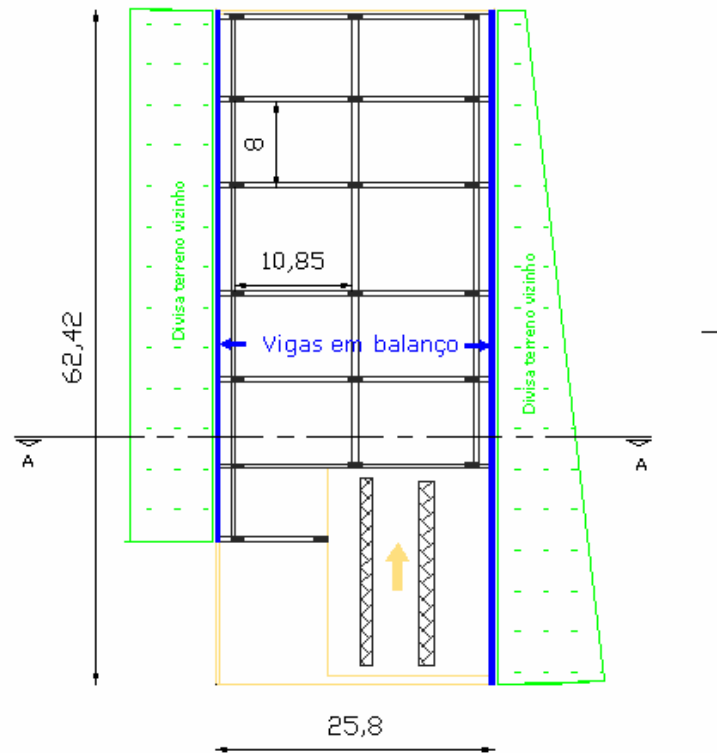
## Planta de Localização Empreendimento H



Anexo B – Planta de Localização do Empreendimento H

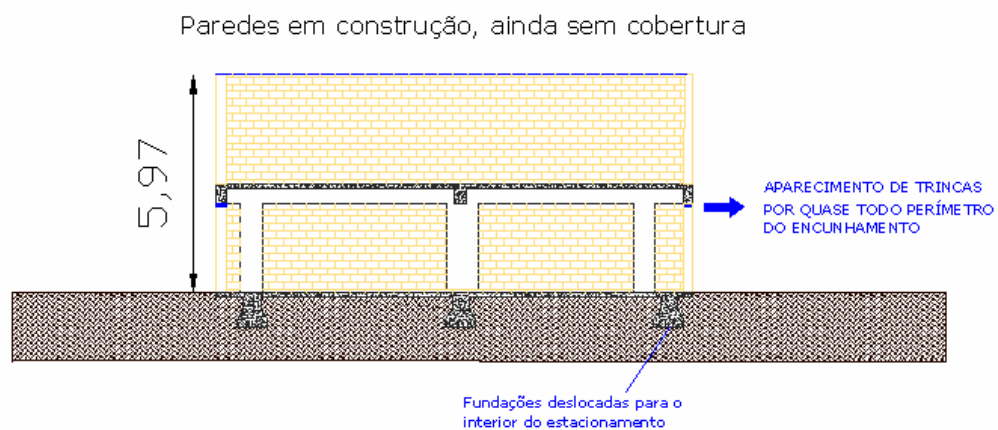
**ANEXO C – Croqui da Planta Baixa do Estacionamento do  
Empreendimento N e Corte A-A do Estacionamento do Empreendimento N**

### Croqui da Planta Baixa do Estacionamento do Empreendimento N



Anexo C – Croqui da Planta Baixa do Estacionamento do Empreendimento N

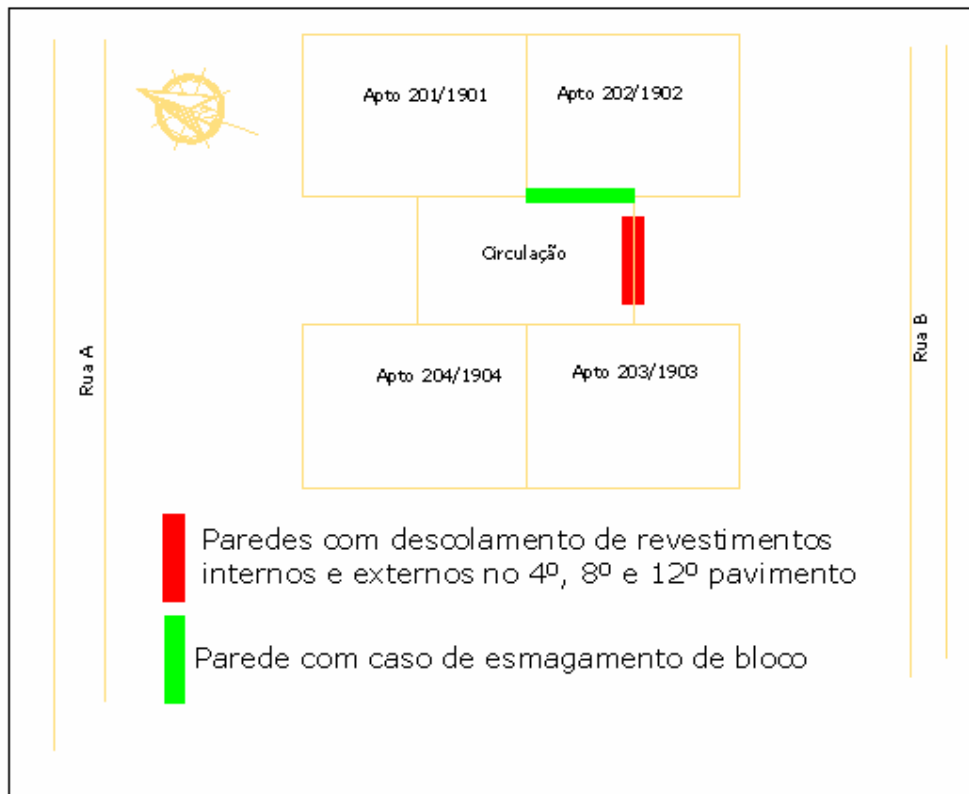
### Corte A-A Estacionamento Empreendimento N



Anexo C – Corte A-A Estacionamento Empreendimento N

## **ANEXO D – Planta de Localização do Empreendimento O**

## Planta de Localização Empreendimento O



Anexo D – Planta de Localização do Empreendimento O



