

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**INTERFACE ESQUADRIA/ALVENARIA E SEU ENTORNO:
ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS TÍPICAS E
PROPOSTAS DE SOLUÇÕES**

Tiago Moch

Porto Alegre
Agosto/2009

TIAGO MOCH

**INTERFACE ESQUADRIA/ALVENARIA E SEU ENTORNO:
ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS TÍPICAS E
PROPOSTAS DE SOLUÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia. Orientação: Prof^a. Dra. Ângela Borges Masuero.

Porto Alegre
Agosto/2009

M688i Moch, Tiago

Interface esquadria/alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e propostas de soluções / Tiago Moch. – 2009.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2009.

Orientação: Profª Drª Ângela Borges Masuero

1. Patologia - Construção civil. 2. Habitação popular. 3. Esquadrias. Masuero, Ângela Borges, orient. II. Título.

CDU – 69:658(043)

TIAGO MOCH

**INTERFACE ESQUADRIA/ALVENARIA: ANÁLISE DAS
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS TÍPICAS E PROPOSTAS DE
SOLUÇÕES**

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor
orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Agosto de 2009

Prof^ª. Ângela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Prof. Dr. Fernando Schnaid
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Acir Mércio Loredó Souza (UFRGS)
PhD pela University of Western Ontario, CANADÁ

Prof. Dr. Ana Luiza Raabe Abitante
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Fernanda Macedo Pereira
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Hélio Adão Greven (UFRGS)
Dr.-Ing. pela Universidade de Hannover, ALEMANHA

*À minha família,
em especial a meus pais, meu irmão
e meus avós.*

Agradeço à Prof^a. Ângela B. Masuero pela orientação à elaboração deste trabalho e também por todos os ensinamentos durante o curso de mestrado acadêmico e graduação em Engenharia Civil.

À Prof^a. Denise Dal Molin, Prof^a. Ana Luiza R. Abitante e ao Prof. Luis Carlos Bonin, pelas contribuições e orientações a esta dissertação, bem como aos ensinamentos durante o curso de mestrado acadêmico e graduação.

Ao Prof. Miguel Aloysio Sattler, que através de seus ensinamentos ligados à sustentabilidade, na graduação e durante o curso de mestrado acadêmico alterou positivamente meu projeto de vida.

A todos os colegas integrados ao NORIE pelo apoio e incentivo, em especial ao Cristiano Richter e José Alberto Azambuja pela grande e fundamental participação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos auxiliares de pesquisa, em especial ao João Paulo Walter e Eduardo Vitor Borges pelo apoio à pesquisa integrante ao Projeto Compohis que foi a base para que este trabalho fosse realizado.

Aos meus amigos pelo incentivo nos momentos de estudo e companhia nos momentos e descontração.

A toda a minha família, em especial aos meus avós, meu pai João Lauro Moch, minha mãe Maria Zélia Moch e meu irmão Elizandro Moch por sempre acreditarem e incentivarem as minhas decisões.

MOCH, T. **Interface esquadria/alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e propostas de soluções.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – PPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 2009.

A construção de edificações residenciais de interesse social tem alcançado destaque atualmente no Brasil, principalmente através de programas promovidos pela Caixa Econômica Federal, como o Programa de Arrendamento Familiar (PAR), no qual o processo construtivo em alvenaria modular é utilizado amplamente. Esse processo construtivo vem sendo estudado há vários anos, e novas tecnologias são incorporadas gradativamente, visando à otimização da produção e melhoria da qualidade. Entretanto, antigos e novos problemas ainda ocorrem. Este trabalho é parte do projeto de pesquisa para transferência de tecnologia de materiais ao desenvolvimento de novos produtos para a construção de habitação de interesse social (COMPOHIS), que iniciou em fevereiro de 2007. Tem por objetivo o estudo das manifestações patológicas típicas da região de interface esquadria/alvenaria e seu entorno, identificando suas causas, analisando-as e elaborando propostas de soluções para evitá-las. Na identificação e análise das manifestações patológicas foi adotado o método de análise sistemática por observação direta proposto por RICHTER (2007), o qual foi aplicado nos dados obtidos pelo grupo de pesquisa do projeto COMPOHIS, em empreendimentos do programa PAR; enquanto que na elaboração de propostas de soluções foi adotada uma metodologia projetual proposta por AZAMBUJA (2008). De forma geral, verificou-se que a incidência de manifestações patológicas nas faces externas foi aproximadamente 34,6% superior às faces internas. A região com a maior incidência de manifestações patológicas, nesse sistema construtivo, foi a de entorno às esquadrias, e a fissura ($CDU = 0,14$) foi o tipo de manifestação com a maior incidência, 45% superior à segunda manifestação patológica de maior incidência, a fissura isolada, seguida pela umidade generalizada e fissura mapeada (que não apresentaram diferença significativa).

Palavras-chave: esquadria/alvenaria; manifestações patológicas; soluções.

MOCH, T. **Interface between mitre/masonry and their around: typical pathological manifestations' analysis and solutions' proposals.** Dissertation (Master's degree in Engineering) - PPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 2009.

The residential buildings' construction of social interest has been reaching highlights nowadays in Brazil, mainly through programs promoted by Caixa Econômica Federal, as Programa de Arrendamento Familiar (PAR), in which the constructive process in modular masonry is thoroughly used. This constructive process has been studied for several years, and new technologies are being incorporated gradually, looking for the best utilization of the production and the quality improvement. However, old and new problems are still happening. This work is part of a research project - that has began in February, 2007 – which tries to find new material's technologies and transfer them to the design of new products for the construction of social interest houses (COMPOHIS). It has for objective the study of the typical pathological manifestations between mitre/masonry and their around, identifying their causes, analyzing them and elaborating proposes of solutions to avoid them. In the identification and in the analysis of these pathological manifestations the method of systematic analysis by direct observation proposed by RICHTER (2007) was adopted. This method was applied in the data obtained by COMPOHIS research group, in PAR's constructions. During the elaboration of solutions was adopted a project methodology proposed by AZAMBUJA (2008). In general, it was found that the incidence of pathological events in the external side was approximately 34,6% higher than the internal side. The area with the highest incidence of pathological events, in this constructive system, was the around frames area, and type of event with the highest incidence was the cleft ($CDU = 0.14$), which was 45% higher than the second highest incidence of pathological manifestations, the crack alone, followed by widespread humidity and cleft mapped (which didn't present significant difference).

Keywords: mitre/masonry; pathological manifestations; solutions.

LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE QUADROS.....	16
LISTA DE TABELAS.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	19
1.2 JUSTIFICATIVA.....	20
1.3 OBJETIVOS.....	21
1.3.1 Objetivo Principal.....	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
2 ALVENARIA ESTRUTURAL.....	23
2.1 CONCEITOS BÁSICOS E EVOLUÇÃO.....	23
2.1.1 Componentes e elementos da alvenaria.....	25
2.1.1.1 <i>Unidade</i>	25
2.1.1.2 <i>Argamassa</i>	26
2.1.1.3 <i>Graute</i>	27
2.2 MODULAÇÃO.....	28
2.3 RACIONALIZAÇÃO.....	29
2.4 PADRONIZAÇÃO.....	31
2.5 UTILIZAÇÃO DE COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS NA ALVENARIA.....	32
2.6 INTERFACE ESQUADRIA/ALVENARIA.....	35
3 FISSURAS EM ALVENARIA.....	37
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	37
3.2 FISSURAS CAUSADAS POR SOBRECARGA.....	39
3.3 FISSURAS CAUSADAS POR VARIAÇÕES DE TEMPERATURA.....	41
3.3.1 Casos típicos de fissuras causadas por variações de temperatura.....	43
3.4 FISSURAS CAUSADAS POR RETRAÇÃO.....	45
3.5 FISSURAS CAUSADAS POR ALTERAÇÕES QUÍMICAS DOS MATERIAIS.....	49
3.6 FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUE DE FUNDAÇÕES.....	51
4. MÉTODO DE PESQUISA.....	53
4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	53
4.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	54
4.2.1 Coleta de dados (fase 1).....	54
4.2.1.1 <i>Levantamento de manifestações patológicas em alvenaria estrutural modular</i>	54
4.2.1.1.1 <i>Caracterização dos empreendimentos</i>	55
4.2.1.1.2 <i>Ferramenta de coleta dos dados</i>	57

4.2.1.1.3 Aplicação da Ferramenta de coleta dos dados.....	62
4.2.1.1.4 Tabulação dos dados.....	63
4.2.2 Análise (fase 2).....	64
4.2.2.1 Identificação das manifestações patológicas incidentes na região de entorno as esquadrias e análise das possíveis causas.....	64
4.2.3 Resultados (fase 3).....	65
4.2.3.1 Recomendações técnicas de prevenção às manifestações patológicas detectadas.....	65
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA.....	66
5.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS INCIDENTES NOS EMPREENDIMENTOS ESTUDADOS.....	66
5.1.1 Manifestações patológicas incidentes nas faces internas à edificação.....	71
5.1.2 Manifestações patológicas incidentes nas faces externas à edificação.....	79
5.2 ANÁLISE DE CAUSAS DAS MANIFESTAÇÕES INCIDENTES NA REGIÃO DE ENTORNO ÀS ESQUADRIAS.....	87
5.2.1 Fissuras verticais nas extremidades superiores e inferiores das esquadrias.....	88
5.2.2 Fissuras inclinadas nos vértices superiores/inferiores do vão da esquadria e vertical sob o peitoril.....	89
5.2.3 Fissura horizontal nas extremidades superiores e inferiores das esquadrias.....	91
5.2.4 Fissura horizontal uma fiada acima ou abaixo da janela.....	93
5.2.5 Fissura horizontal sob o peitoril.....	95
5.2.6 Fissura na interface esquadria/alvenaria.....	98
5.2.7 Umidade.....	99
5.2.7.1 Infiltração nas interfaces do peitoril (janela/peitoril e extremidades do peitoril/alvenaria).....	100
5.2.7.2 Infiltração na interface janela/verga.....	102
5.2.8 Sujidade.....	103
5.2.8.1 Sujidade da região próxima às extremidades do peitoril.....	103
5.2.8.2 Sujidade da região sob a face inferior do peitoril.....	105
5.3 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS	107
5.4 COMPONENTE DE CONECTIVIDADE PARA A INTERFACE JANELA/ALVENARIA	113
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	118
6.1 CONCLUSÕES FINAIS.....	118
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
APÊNDICE 1 - PROPOSTA DE COMPONENTE DE CONECTIVIDADE PARA A INTERFACE JANELA/ALVENARIA.....	130
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	131
1.2 ANÁLISE DE SIMILARES.....	131
1.3 SELEÇÃO DE “MATERIAIS X DESIGN”.....	134
1.4 PROJETO DO COMPONENTE	135
1.4.1 Definição dos requisitos de desempenho.....	136

<i>1.4.1.1 Segurança estrutural.....</i>	<i>139</i>
<i>1.4.1.2 Segurança contra incêndio.....</i>	<i>143</i>
<i>1.4.1.3 Estanqueidade.....</i>	<i>144</i>
<i>1.4.1.4 Desempenho térmico.....</i>	<i>145</i>
<i>1.4.1.5 Desempenho acústico.....</i>	<i>147</i>
<i>1.4.1.6 Saúde, higiene e qualidade do ar.....</i>	<i>148</i>
<i>1.4.1.7 Conforto tátil.....</i>	<i>149</i>
<i>1.4.1.8 Durabilidade.....</i>	<i>149</i>
<i>1.4.1.9 Manutenibilidade.....</i>	<i>149</i>
<i>1.4.1.10 Impacto ambiental.....</i>	<i>150</i>
<i>1.4.1.11 Trabalhabilidade.....</i>	<i>150</i>
<i>1.4.1.12 Conectividade.....</i>	<i>152</i>
<i>1.4.1.13 Transportabilidade.....</i>	<i>154</i>
<i>1.4.1.14 Viabilidade econômica.....</i>	<i>155</i>
<i>1.4.2 Seleção do material</i>	<i>156</i>
<i>1.4.2.1 Matriz requisitos x características.....</i>	<i>157</i>
<i>1.4.2.2 Avaliação de materiais.....</i>	<i>160</i>
<i>1.4.2.3 Critérios de avaliação.....</i>	<i>160</i>
<i>1.4.2.4 Escolha do material.....</i>	<i>162</i>
<i>1.4.3 Seleção da geometria.....</i>	<i>163</i>
<i>1.4.3.1 Opções de solução.....</i>	<i>163</i>
<i>1.4.3.2 Propostas de componente.....</i>	<i>170</i>
<i>1.4.3.3 Avaliação das soluções.....</i>	<i>175</i>
<i>1.4.3.3.1 Viabilidade técnica.....</i>	<i>175</i>
<i>1.4.3.3.2 Viabilidade econômica.....</i>	<i>175</i>
<i>1.4.3.3.3 Análise teórica da efetividade das soluções.....</i>	<i>177</i>

Figura 01: (a) elementos constituintes da escada jacaré: degrau [1]; patamar [2] e viga denteada ou viga jacaré [3]; (b) Escada pré-moldada com peças de grandes dimensões; (c) Escada pré-moldada espiral.....	33
Figura 02: (a) contramarco pré-moldado; (b) pingadeira pré-moldada; (c) verga pré-moldada.....	33
Figura 03: (a) laje treliçada com tabelas de EPS, (b) laje treliçada com tabelas cerâmicas;(c) laje alveolar pré-moldada em concreto.....	34
Figura 04: (a) Viga baldrame pré-moldada em concreto; (b) Caixa suporte pré-moldada para aparelho de ar condicionado.....	34
Figura 05: (a) ruptura por sobrecarga vertical uniformemente distribuída em parede construída com blocos, tijolos maciços ou com furos na direção vertical	39
Figura 06: (a) fissuras típicas causadas por sobrecarga vertical uniformemente distribuída em paredes com aberturas; geralmente apresentando-se a partir dos vértices..	40
Figura 07: (a) fissura horizontal devido sobrecarga uniformemente distribuída causando esmagamento da argamassa de assentamento.....	40
Figura 08: (a) ruptura localizada da alvenaria devido à sobrecarga concentrada; (b) fissuras verticais em locais de sobrecarga concentrada.....	41
Figura 09- (a) movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura; (b) e (c) fissura típica presente no topo de parede na qual a laje de cobertura sofreu movimentação térmica e abaulamento.....	43
Figura 10: (a) e (b): Movimentação térmica da laje de cobertura com a formação de fissura na interface laje/alvenaria.....	44
Figura 11- (a) fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura; (b) dilatação da laje e a formação de fissura vertical na alvenaria, a partir da região na laje onde as tensões são nulas.....	44
Figura 12- Destacamento da alvenaria em relação à estrutura, provocado movimentações diferenciais entre ambas, por ação conjugada de dilatação térmica	45
Figura 13- (a) e (b) fissuras inclinadas no topo da parede (em ambas as extremidades) e destacamento da platibanda causados por movimentações térmicas da laje.....	45
Figura 14: Fissura na interface entre a base da parede e a laje de concreto devido a movimentação em sentidos opostos de ambos.....	47
Figura 15: Fissuras devido retração da laje de cobertura.....	48
Figura 16: (a) retração da argamassa utilizada no encunhamento; (b) ação conjugada da contração e dilatação térmica resultando o descolamento entre o painel de alvenaria e a estrutura reticulada de concreto.....	48
Figura 17: Fissuras mapeadas causadas por retração da argamassa de revestimento.....	49
Figura 18- Fissuras causadas pela expansão da argamassa de assentamento devido à hidratação retardada da cal.....	50
Figura 19- Fissuras causadas pelo ataque de sulfatos à argamassa de assentamento.....	51

Figura 20- (a) recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado; (b) fundações assentadas sobre seções de corte e aterro gerando fissuras de cisalhamento nas alvenarias.....	51
Figura 21- (a) recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior.....	52
Figura 22- Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático, neste caso devido ao corte do terreno à esquerda do edifício.....	52
Figura 23: delineamento da pesquisa.....	54
Figura 24: Dois dos empreendimentos residenciais em alvenaria estrutural modular do programa PAR nos quais se aplicou a ferramenta para levantamento de manifestações patológicas através do projeto Compohis em 2007.....	55
Figura 25: seções 1, 2 e 3 da ferramenta de coleta dos dados (identificação e caracterização da entrevista, identificação do estado atual da UH e localização da UH e percepção do usuário, respectivamente).....	58
Figura 26: seções 4 e 5 da ferramenta de coleta dos dados (esboço das manifestações patológicas das faces internas das paredes e codificação das manifestações patológicas das faces internas das paredes).....	59
Figura 27: seções 6 e 7 da ferramenta de coleta dos dados (esboço das manifestações patológicas das faces externas das paredes e codificação das manifestações patológicas das faces externas das paredes).....	60
Figura 28: seções 8 e 9 da ferramenta de coleta dos dados (esboço das manifestações patológicas das faces das lajes e codificação das manifestações patológicas das faces das lajes).....	61
Figura 29: Visão global de apresentação dos resultados.....	66
Figura 30: Coeficientes CDU para cada tipo de manifestação patológica e local de incidência.....	70
Figura 31: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ para cada forma de manifestação, incluindo todos os empreendimentos estudados (faces internas).....	74
Figura 32: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ dos empreendimentos estudados (faces internas).....	75
Figura 33: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ (faces internas) para cada forma de manifestação.....	77
Figura 34: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ para cada forma de manifestação, incluindo todos os empreendimentos estudados (faces externas).....	82
Figura 35: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ dos empreendimentos estudados (faces externas).....	83
Figura 36: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ (faces externas) para cada forma de manifestação.....	86
Figura 37: Configuração típica: (a) fissura vertical nas extremidades superiores da esquadria; (b) fissuras verticais nas extremidades inferiores; (c) caso de fissura vertical na extremidade superior da esquadria.....	88
Figura 38: (a) configuração típica de fissuras inclinadas nos vértices do vão da esquadria; (b) caso de fissura inclinada no vértice inferior do vão da esquadria; (c) configuração típica de fissura vertical sob o peitoril.....	90
Figura 39: (a) configuração típica de fissura horizontal na extremidade superior do vão da esquadria.....	92
Figura 40: (a) configuração típica de fissura horizontal a meia altura do vão da esquadria; (b) caso de fissura horizontal a meia altura do vão da esquadria.....	93

Figura 41: (a) Configuração típica de fissura horizontal uma fiada acima da janela; (b) caso de fissura horizontal uma fiada acima da janela.....	94
Figura 42: (a) Configuração típica de fissura horizontal na interface peitoril/alvenaria; (b) caso de fissura horizontal sob o peitoril.....	96
Figura 43: (a) fissura horizontal sob o peitoril (face interna); (b) fissura horizontal sob o peitoril (face externa, exatamente na interface peitoril/revestimento).....	97
Figura 44: (a) e (b) fissura contornando as extremidades do peitoril, causada pela retração da argamassa de preenchimento do vão entre a extremidade do peitoril e o bloco.....	98
Figura 45: (a) Configuração típica de fissura na interface esquadria/alvenaria. (b) caso de fissura na interface esquadria/alvenaria na face interna; e (c) na face externa.....	99
Figura 46: (a) Configuração típica de mancha característica de umidade na região próxima ao peitoril.....	100
Figura 47: Esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de infiltração pela interface janela/peitoril devido ausência de barreira física, bem como declividade insuficiente.....	100
Figura 48: (a) Infiltração pela interface janela/peitoril, mais precisamente ao longo de sua extensão longitudinal devido ausência de barreira física bem como declividade insuficiente.....	101
Figura 49: (a) Configuração típica de mancha característica de umidade na região próxima a verga; (b) caso de mancha de umidade devido infiltração próximo à verga.....	102
Figura 50: (a) esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de infiltração pela interface janela/verga.....	103
Figura 51: (a) configuração típica encontrada: sujidade do revestimento externo próximo às extremidades do peitoril devido ao seu insuficiente prolongamento.....	104
Figura 52: Esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de sujidade da região próxima à extremidade do peitoril.....	104
Figura 53: (a) Configuração típica: sujidade do revestimento na região sob a face inferior ao peitoril.....	105
Figura 54: (a) esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de corte do fluxo da água pelo lacrimal presente em peitoril.....	106
Figura 55: (a) Peitoril em concreto; (b) peitoril pétreo.....	111
Figura 56: (a) Peitoril em concreto com a presença de barreira física na interface janela/peitoril, extremidade do peitoril/alvenaria.....	111
Figura 57: (a) Caso de peitoril com prolongamento longitudinal insuficiente em relação a aresta lateral da janela, estando sujeito à infiltrações na sua extremidade; (b) Ampliação de (a).....	112
Figura 58: Proposta de componente para a interface janela/alvenaria - vista 3d da face interna (a) e da face externa (b).....	114
Figura 59: Proposta de componente para a interface janela/alvenaria (vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior).....	116
Figura 60: Vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior (rotacionados).....	117
Figura 61: (a) contramarco de alumínio; (c) esquema mostrando o posicionamento do contramarco e da pingadeira.....	132
Figura 62: (a) e (b): contramarco pré-moldado - elevação da alvenaria.....	132
Figura 63: (a), (b), (c): contramarco pré-moldado – transporte.....	133

Figura 64: (a), (b), (c) e (d): Molduras em EPS revestido com tela de poliéster e argamassa.....	133
Figura 65: Critérios que estão ligados à seleção do material.....	134
Figura 66: Diagrama de influências identificando as relações entre os aspectos envolvidos, proposto por Azambuja (2008).....	135
Figura 67: Fluxograma do processo de projeto do componente proposto por Azambuja (2008).....	136
Figura 68: Tensões σ_y para J120x120x100 (kN/cm ²).....	140
Figura 69: Tensões τ_{xy} para J120x120x100 (kN/cm ²).....	141
Figura 70 - Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento; “V ₀ ” em m/s no Brasil (NBR 10821, 2000).....	144
Figura 71: Projeto 01, vista 3d da face interna (a) e externa (b).....	170
Figura 72: Projeto 02, vista 3d da face interna (a) e vista 3d da face externa (b).....	170
Figura 73: Vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior do projeto 01 (a) com massa prevista de 109 Kg e do projeto 02 (b), com 86 Kg.....	171
Figura 74: Projeto 03, vista 3d da face interna (a) e vista 3d da face externa (b).....	172
Figura 75: Projeto 04, vista 3d da face interna (a) e vista 3d da face externa (b).....	172
Figura 76: Projeto 04, vista 3d da face externa.....	173
Figura 77: Projeto 04, detalhe da barreira física de vedação na junção entre o componente inferior (a) e o superior (b).....	173
Figura 78: Vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior do projeto 03 (a) com massa prevista de 110,8 Kg e do projeto 04 (b), com 114 Kg.....	174

Quadro 01: Coeficientes CDU por forma de manifestação patológica (faces internas).....	72
Quadro 02: Coeficientes CDU (adaptação ao método) por forma de manifestação patológica (faces internas).....	76
Quadro 03: Coeficientes CDU por forma de manifestação patológica (faces externas).....	80
Quadro 04: Coeficientes CDU (adaptação ao método) por forma de manifestação patológica (faces externas).....	84
Quadro 05: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras verticais na alvenaria próxima às extremidades superiores ou inferiores das esquadrias.....	89
Quadro 06: Possíveis falhas e causas: fissuras verticais sob o peitoril.....	91
Quadro 07: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras horizontais próximas às extremidades das esquadrias.....	93
Quadro 08: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras horizontais acima da verga ou abaixo da contra-verga.....	95
Quadro 09: Possíveis falhas e causas: fissuras horizontais sob o peitoril.....	98
Quadro 10: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras na interface esquadria/revestimento.....	99
Quadro 11: Possíveis falhas e causas: infiltração de água próximo ao peitoril.....	102
Quadro 12: Possíveis falhas e causas responsáveis pela infiltração próximo à verga.....	103
Quadro 13: Possíveis falhas e causas responsáveis pela sujidade próxima ao peitoril.....	107
Quadro 14: Recomendações técnicas referentes ao projeto ou execução com relação a cada manifestação patológica incidente na região de entorno às esquadrias.....	108
Quadro 15: Lista geral de exigências dos usuários e requisitos de desempenho.....	139
Quadro 16: Lista de requisitos específicos atribuídos ao componente.....	139
Quadro 17: Vãos modulares e dimensões preferidas de esquadrias.....	152
Quadro 18: Propriedades desejáveis ao material em relação a cada requisito.....	156
Quadro 19: matriz de influência das propriedades nos requisitos.....	158
Quadro 20: matriz de desempenho dos materiais em relação a cada propriedade.....	161
Quadro 21: matriz de desempenho dos materiais em relação a cada propriedade.....	162
Quadro 22: Opções de solução para o componente.....	163
Quadro 23: Opções de geometria para o componente.....	166
Quadro 24: Nível de relevância de cada requisito em relação ao desempenho.....	169
Quadro 25: Comparativo de custo do sistema construtivo (4 propostas de componente)	176
Quadro 26: Análise teórica da efetividade das soluções	177

Tabela 1: Variação dimensional devido à umidade e coeficiente de dilatação térmica de materiais de construção.....	42
Tabela 2: Adequação do método de pesquisa aos instrumentos de coleta de dados (Bryman, 1989, apud Berto e Nakano, 1998).....	53
Tabela 3: Empreendimentos estudados pelo projeto de pesquisa COMPOHIS, sendo parte dos dados utilizados neste trabalho.....	56
Tabela 04: Coeficientes CDU por face e médio para os empreendimentos estudados.....	67
Tabela 05: Análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidade habitacional por empreendimento e por face.....	67
Tabela 06: Comparativo do percentual de ocorrências de manifestações patológicas na região de entorno às esquadrias nos empreendimentos estudados.....	69
Tabela 07: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces internas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.....	73
Tabela 08: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces internas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.....	77
Tabela 09: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces externas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.....	81
Tabela 10: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces externas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.....	85
Tabela 11: Condições de ensaio de estanqueidade de sistemas de vedações verticais	144
Tabela 12: Níveis de desempenho para estanqueidade à água de vedações externas (fachadas) e esquadrias.....	145
Tabela 13: Limites máximos de Transmitância Térmica.....	146
Tabela 14: Limites mínimos de Capacidade Térmica.....	146
Tabela 15: Índice recomendado de redução sonora ponderado da fachada, R_w , para ensaio de laboratório.....	147
Tabela 16: Vida útil de projeto (VUP).....	149
Tabela 17: Vãos modulares e de vedação em aberturas (plano horizontal); em negrito os vãos compatíveis aos blocos cerâmicos e de concreto.....	152
Tabela 18 : Relação dimensional de vãos e esquadrias com suas juntas nominais.....	153
Tabela 19 - Propriedades típicas de compósitos GRC aos 28 dias (adaptado, PCI, 1994)....	162

INTRODUÇÃO

Frente à demanda por habitação, cabe à indústria da construção civil focar-se na maximização da construtibilidade e minimização do tempo e do custo de execução, sem deixar de garantir o desempenho desejável à edificação. Esse esperado crescimento de eficiência dos processos de produção tem sido impulsionado, também, pelas novas tendências do mercado, como o aumento da competitividade e a maior exigência dos consumidores. Uma importante consequência deste conjunto de fatores é o aumento da preocupação com a qualidade da habitação por parte dos clientes desse setor (ZECHMEISTER, 2005).

Segundo Martins (2004), há crescente interesse nas empresas do setor da construção pela inovação tecnológica, pois a inovação pode representar uma vantagem competitiva e conduzir as empresas a uma posição de destaque frente a seus concorrentes, seja através da redução de custos de produção, aumento da qualidade dos produtos ou serviços ou mesmo através da indução de novos mercados através da oferta de produtos diferenciados.

Esta pesquisa é parte do projeto de pesquisa (financiado pela FINEP) para transferência de tecnologia de materiais à produção de novos produtos para a construção de habitação de baixa renda (COMPOHIS) cujo início data de fevereiro de 2007 e término em 2009.

Um dos objetivos do projeto COMPOHIS é propor o desenvolvimento de componentes de conectividade para sistemas construtivos de alvenaria modular de forma a ampliar a coordenação modular na construção de habitações de baixa renda, reduzindo custos e melhorando a qualidade. Está dividido em duas etapas. A primeira delas contempla um levantamento dos sistemas construtivos e mapeamento das principais manifestações patológicas em alvenaria modular, com a identificação das principais falhas, tanto do produto como do processo de produção do mesmo. A partir da identificação dessas falhas, a segunda etapa contempla o desenvolvimento de alternativas para a melhoria de sistemas construtivos abertos de alvenaria modular através do projeto e da produção de componentes de conectividade.

Acreditando na tendência do processo de produção, foi escolhido como tema desta dissertação além do estudo de manifestações patológicas especificamente da região de entorno às

esquadrias, o desenvolvimento de uma proposta de componente, visando diminuir os problemas no entorno às janelas em construções que utilizam a alvenaria modular, tentando viabilizar seu uso em habitações de interesse social, embora possa ser utilizado em outras tipologias de habitações.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Visando reduzir o déficit habitacional, o governo federal brasileiro lançou programas habitacionais como o Programa de Arrendamento Residencial (PAR)¹ e o Imóvel na Planta (IP)², ambos promovidos pela CAIXA (Caixa Econômica Federal).

O sistema construtivo em alvenaria estrutural foi adotado neste segmento como uma alternativa para reduzir os custos e garantir o desempenho mínimo desejado às habitações, sendo que, atualmente, este sistema tem sido utilizado amplamente no Brasil (RICHTER, 2007). Segundo Duarte (1999), a alvenaria estrutural em substituição a estruturas de concreto armado, pode proporcionar uma economia de até 30% dos custos da obra, para a grande maioria dos tipos de edificações.

Segundo Oliveira (2001), mesmo com as evoluções técnicas de projeto e de execução de obras em alvenaria estrutural, as manifestações patológicas nas edificações persistem. Richter (2007) confirmou este fato num estudo abordando manifestações patológicas em empreendimentos dos programas PAR e IP, executados em alvenaria estrutural no estado do Rio Grande do Sul, verificando que fissura e umidade são os principais problemas neste tipo de edificação.

¹ Programa de Arrendamento Residencial (**PAR**): se destina ao atendimento das necessidades de moradia da população de baixa renda, prioritariamente concentradas nos grandes centros urbanos, com renda familiar mensal de até seis salários mínimos e tem como objetivo a aquisição de imóveis a serem construídos com pagamento parcelado para arrendamento residencial com opção de compra ao final do período do contrato (CAIXA, 2006, *apud* RICHTER, 2007).

² Programa Imóvel na Planta (**IP**): é um programa oferecido pela CAIXA para obtenção de financiamento para a construção de moradias a pessoas jurídicas (cooperativas habitacionais) com renda mensal de até 20 salários mínimos. Esse programa também oferece a possibilidade de construção de habitação para o consumidor de baixa renda na sua faixa de preço inferior e por isso, foi selecionado como um modo de provisão para habitação de baixa renda (CAIXA, 2006, *apud* RICHTER, 2007).

A interface esquadria/alvenaria e seu entorno é uma região propícia à incidência de fissuras e umidade. Nesta interface, materiais com diferentes propriedades são solicitados de forma distinta, propiciando o aparecimento de fissuras e conseqüentemente outras manifestações patológicas como umidade e bolor. Detalhes construtivos, principalmente relativos ao peitoril, verga e contra-verga também originam fissuras, umidade, sujidade e bolor. As causas destas falhas muitas vezes estão relacionadas tanto ao projeto quanto à execução, logo, a melhoria da qualidade necessita de intervenções em ambas as fases.

A etapa de colocação das janelas, peitoril e execução do revestimento no entorno das esquadrias ainda está sendo conflitante e carente de racionalização. Entretanto, propostas de soluções podem resultar em aumento dos custos. As edificações destinadas a programas de interesse social, atualmente são construídas com reduzido percentual de BDI (Benefício e Despesas Indiretas), portanto, a introdução de novos componentes ao processo construtivo deste tipo de edificação enfrenta dificuldades em relação à viabilidade econômica.

Assim, sugere-se duas opções para a redução dos problemas deste processo construtivo: a melhoria da qualidade através da inserção de soluções inovadoras, como a introdução de novos componentes, ou então a correção das falhas do processo atual através de técnicas tradicionais.

1.2 JUSTIFICATIVA

A racionalização da construção é ponto fundamental para a diminuição de perdas, melhor aproveitamento dos recursos, aumento da velocidade de execução e redução de custos.

Uma ferramenta importante para a racionalização é, segundo Zechmeister (2005), a coordenação modular aliada ao emprego de componentes industrializados, com a transformação da construção num processo de montagem das partes da edificação, de forma a dispensar a atividade de preparação dos componentes.

Segundo Mamede (2001), a grande competitividade do mercado atual, no entanto, demanda soluções que, associadas ao processo construtivo em alvenaria estrutural, melhorem a eficiência do processo, eliminando etapas construtivas, minimizando interferências entre os subsistemas e elevando a qualidade do produto final. Adotar soluções voltadas à industrialização, principalmente com a pré-moldagem, pode ser um caminho para melhorar a eficiência do processo.

A introdução de um elemento de conectividade na interface janela/alvenaria é uma forma de reduzir as manifestações patológicas e contribuir à racionalização. Existem no mercado, componentes para esta interface, entretanto, percebem-se algumas deficiências que podem ser corrigidas através de um estudo específico a cerca deste assunto, gerando diretrizes a novos projetos de componentes de modo a aumentar sua eficácia.

Alternativamente ao desenvolvimento de um novo componente, pode-se analisar as falhas existentes atualmente no sistema construtivo em alvenaria modular, especificamente na região de entorno às esquadrias, identificar suas causas e propor recomendações técnicas que possam reduzir ou eliminar estes problemas.

As manifestações patológicas, principalmente as fissuras, causam preocupações aos usuários e descrédito à empresa construtora. Os usuários, por serem leigos, muitas vezes temem pela própria segurança e pela estabilidade da edificação (DUARTE, 1998). Portanto, é fundamental que sejam desenvolvidas medidas visando a minimização destas manifestações e melhoria da qualidade da construção civil.

Alexandre (2008) desenvolveu um estudo das relações de causa e efeito das manifestações patológicas em empreendimentos executados em alvenaria estrutural, através de uma abordagem multicausal, adotando ferramentas de melhoria da qualidade, muito utilizadas em outras indústrias. Este estudo trouxe globalmente uma importante contribuição ao assunto, entretanto sabendo-se da problemática relacionada à região de entorno às esquadrias, propõe-se, neste trabalho, a abordagem específica desta área.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo principal

O presente trabalho tem como objetivo estudar a região de interface esquadria/alvenaria de sistemas construtivos em alvenaria modular no estado do rio Grande do Sul, identificando as manifestações patológicas incidentes, analisando suas causas e listando recomendações técnicas de forma a melhorar a qualidade das habitações, minimizando o aparecimento das manifestações patológicas.

1.3.2 Objetivos específicos:

Como objetivos específicos têm-se:

- Identificação das manifestações patológicas típicas da região do entorno às esquadrias em edificações do Programa PAR, em alvenaria estrutural modular, analisando as possíveis causas de cada uma delas;
- elaboração de recomendações técnicas capazes de prevenir ou eliminar as manifestações patológicas identificadas na região de entorno às esquadrias,
- elaboração de um projeto básico de componente de conectividade para a interface janela/alvenaria, aplicando uma metodologia proposta por Azambuja (2008).

ALVENARIA ESTRUTURAL

Este capítulo apresenta alguns conceitos e um breve histórico do sistema construtivo em alvenaria estrutural, seguido de uma abordagem à modulação, racionalização, padronização, componentes pré-moldados e interface janela/alvenaria.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS E EVOLUÇÃO

“Arte ou ofício do pedreiro”, “alvenel” ou ainda “obra composta de pedras naturais ou artificiais, de forma irregular, ligadas ou não por argamassa”, são definições para alvenaria encontradas em dicionários da língua portuguesa. Segundo Sabbatini (1987), esta concepção para alvenaria se origina do termo alvenel ou alvener, que significa em Portugal, o produto resultante do trabalho do artesão. Da mesma forma ocorre em outros idiomas, como no inglês, onde masonry significa trabalho do mason, pedreiro.

Alvenaria estrutural é um processo construtivo caracterizado pelo emprego de paredes formadas por tijolos ou blocos unidos por argamassa, as quais constituem simultaneamente os subsistemas estrutura e vedação, e por lajes enrijecedoras, como principal estrutura suporte dos edifícios (ABCI,1990, SABBATINI, 1984). São dimensionadas baseadas em métodos de cálculo racionais e de confiabilidade determinável, ao contrário da alvenaria resistente, dimensionada empiricamente (ABCI,1990, SABBATINI, 1984).

De acordo com a NBR 10837 (1989), a alvenaria estrutural pode ser classificada, dependendo de como é dimensionada e construída, em:

- Alvenaria não-armada: componentes assentados com argamassa, contendo armaduras com finalidade apenas construtiva e de amarração, portanto não sendo consideradas na absorção de esforços calculados.
- Alvenaria armada: componentes assentados com argamassa, sendo que certas cavidades dos componentes são preenchidas com graute contendo armadura com taxa suficiente a absorver esforços calculados, além de conter armadura com finalidade construtiva e amarração.

- Alvenaria parcialmente armada: componentes assentados com argamassa, sendo parte da estrutura contendo paredes com armadura suficiente para resistir aos esforços calculados, além das armaduras com finalidades construtivas e amarração, sendo as demais paredes consideradas não armadas.

A existência de apenas um elemento, a parede de alvenaria, desempenhando múltiplas funções de ambos os subsistemas é bastante vantajoso, tanto relacionado à construtibilidade, quanto à redução de problemas relacionados às interfaces. O incremento na construtibilidade deve-se a técnicas de execução simplificadas, menor diversidade de materiais empregados, redução no número de especialização de mão-de-obra e eliminação de interferências no cronograma executivo entre os subsistemas (MACHADO, 1999).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), o sistema construtivo em alvenaria iniciou com o simples empilhamento de unidades, tijolos ou blocos, com a utilização de peças auxiliares para a execução dos vãos: madeira ou pedra. Com a evolução do sistema surgiram os arcos, propiciando maiores vãos.

A partir dos anos 60, a alvenaria estrutural foi introduzida no Brasil, entretanto restrita à alvenaria estrutural armada, principalmente para a construção de edifícios de quatro pavimentos, destinados à habitação popular. Mais tarde, após incentivos no setor, a alvenaria estrutural foi utilizada na construção de grandes conjuntos habitacionais (RAUBER, 2005).

A alvenaria estrutural não-armada foi utilizada no Brasil somente nos anos 70, inicialmente em São Paulo (com blocos sílico-calcários). No início da década de 80 houve a introdução dos blocos cerâmicos na alvenaria estrutural (FRANCO, 1992; ROSSO, 1994 e RAUBER, 2005).

Segundo Rosso (1994), foi criado um preconceito de que a alvenaria estrutural é uma solução exclusiva para habitações populares e de poucos pavimentos. Também, à incidência de manifestações patológicas, resultado de falta de embasamento científico a cerca do tema, contribuiu para prejudicar a confiança neste sistema construtivo (FRANCO, 1992).

Com isso, o mercado sofreu certa retração na utilização da alvenaria estrutural. Entretanto, no final da década de 80 e início da década de 90, com o desenvolvimento de pesquisas em diversas universidades, aliada à utilização em larga escala do sistema por construtoras como a ENCOL, o sistema ganhou maior credibilidade (RAUBER, 2005).

Segundo Richter (2007), empreendimentos habitacionais de baixa renda, que estão sendo construídos em larga escala atualmente no Brasil são um exemplo de aplicação intensa da alvenaria estrutural. No Rio Grande do Sul, segundo um levantamento de um técnico da

Gerência de Desenvolvimento Urbano (GIDUR) da CAIXA/RS, o processo construtivo de alvenaria estrutural foi utilizado em 76% destes empreendimentos concluídos no Estado (Programa PAR e IP).

O sistema construtivo em alvenaria estrutural destaca-se pela redução de custos de construção e a facilidade de execução. Há uma redução de tipos de componentes envolvidos na construção, uma vez que a alvenaria engloba a dupla função: estrutural e vedação. A facilidade com que é implantada a coordenação modular nos edifícios em alvenaria estrutural é um dos principais motivos que tornam o processo favorável à implantação de medidas de racionalização (FRANCO, 1992, ROMAN, 1999).

2.1.1 Componentes e elementos da alvenaria

Componentes são produtos que compõem os elementos da obra, sendo constituídos por materiais naturais ou de fabricação industrial. Já os elementos são partes da construção formados pela união de componentes (NBR 10837, 1989).

Ramalho e Corrêa (2003) apresentam as seguintes definições para componente e elemento da alvenaria:

Entende-se por um *componente* da alvenaria uma entidade básica, ou seja, algo que compõe os elementos que, por sua vez, compõem a estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são: blocos, ou unidades; argamassa; graute e armadura.

Já os *elementos* são uma parte suficientemente elaborada da estrutura, sendo formados por, pelo menos, dois dos componentes anteriormente citados. Como exemplo de elementos podem ser citados: paredes, pilares, cintas, vergas, etc.

2.1.1.1 Unidade

As unidades são as principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura. Quanto ao material, as unidades mais utilizadas são: concreto, cerâmica e sílico-calcárea. Quanto à forma, classificam-se em maciças (tijolos) ou vazadas (blocos). Quanto à aplicação, classificam-se em estruturais e de vedação (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

O tijolo de barro cozido, ainda não industrializado, possuía a largura média da mão humana, 15cm. Surgindo assim a relação ideal para o comprimento, que deveria ser duas vezes a largura, e a espessura sendo a metade da largura. Desta forma garantindo que nas amarrações não resultassem sobras e permitindo o alinhamento adequado (ABCI, 1990).

Segundo a NBR 6136 (2006), a resistência característica à compressão mínima dos blocos de concreto deve ser de 3,0 MPa para blocos *estruturais* e 2,0 MPa para blocos de *vedação*.

Para os blocos *cerâmicos de vedação* a NBR 15270-1 (2005) define como resistência mínima à compressão, calculada na área bruta, os valores de 1,5 MPa para os blocos utilizados com furos na horizontal e 3,0 MPa para os blocos utilizados com furos na vertical. Já para os blocos *cerâmicos estruturais* a NBR 15270-2 (2005) define como resistência característica à compressão mínima o valor de 3,0 MPa, referida à área bruta.

2.1.1.2 Argamassa

A NBR 13281 (2001) apresenta a seguinte definição para argamassa:

Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

A NBR 13530 (1995) cita uma extensa lista de classificação para as argamassas, adotando os seguintes critérios de classificação: natureza, tipo e número de aglomerantes; propriedades especiais; função no revestimento; e forma de preparo ou fornecimento.

O tipo de argamassa a ser utilizado depende principalmente da função que a parede exercerá, das condições de exposição da parede e do tipo de bloco empregado. As argamassas mistas (constituídas de cimento, cal e areia) são as mais adequadas ao uso em alvenaria estrutural. (RAUBER, 2005).

Segundo Sabbatini (1987), as principais funções da argamassa de assentamento numa parede de alvenaria são:

- Unir solidariamente as unidades de alvenaria de forma a resistir aos esforços laterais;
- distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos;
- absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita;

- selar as juntas contra a penetração de água de chuva.

Para desempenhar estas funções, este mesmo autor afirma que as argamassas devem possuir as seguintes propriedades:

- Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e coesão) adequada;
- capacidade de retenção de água apropriada;
- adquirir rapidamente certa resistência;
- aderir às unidades de forma a prover a alvenaria de suficiente capacidade resistente frente à ação de esforços cisalhantes e de tração;
- durabilidade e não devem afetar a durabilidade de outros materiais constituintes da estrutura;
- suficiente capacidade de acomodar as deformações intrínsecas e as decorrentes de movimentos estruturais de pequena amplitude sem fissurar.

A NBR 10837 (1989) especifica diferentes valores de tensão admissível à tração e ao cisalhamento para a alvenaria em função da resistência média à compressão da argamassa, por isso sendo necessário o conhecimento desta propriedade por parte do projetista. Entretanto, a resistência à compressão da argamassa não é tão significativa para a resistência à compressão das paredes (RAMALHO E CORRÊA, 2003). Estes autores comentam que a plasticidade é mais relevante do que a característica de resistência à compressão, devido à capacidade de transferir as tensões de modo uniforme de uma unidade à outra.

2.1.1.3 Graute

Graute é definido como um concreto com agregados de pequena dimensão e com fluidez tal que permitam o preenchimento dos vazios dos blocos. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), seu objetivo é aumentar a área da seção transversal das unidades bem como solidarizá-las com as armaduras posicionadas nos seus vazios. Assim aumentando a capacidade portante da alvenaria à compressão e permitindo que as armaduras absorvam as tensões de tração que a alvenaria sem estes componentes não suportaria.

A NBR 10837 (1989) estabelece que a resistência característica mínima do graute deve ser maior ou igual a duas vezes a resistência característica do bloco, ou seja, deve ser igual a resistência do bloco em relação a sua área líquida.

2.2 MODULAÇÃO

Modular um arranjo arquitetônico é acertar suas dimensões em planta e também o pé-direito da edificação em função das dimensões das unidades, de modo a dispensar, ou reduzir cortes ou ajustes necessários à execução das paredes (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

Segundo Duarte (1999), aspectos de coordenação modular devem reger qualquer projeto, tanto para ordenar os elementos de uma forma coerente quanto para garantir proporções espaciais harmoniosas. O mesmo autor ainda comenta que as edificações em alvenaria estrutural não possuem a flexibilidade do concreto armado, sendo a modulação uma prerrogativa do projeto; havendo uma limitação nas decisões do projetista sob coordenadas previamente definidas em função das dimensões do bloco escolhido.

A unidade, que é o componente básico da alvenaria, define-se em três dimensões principais: comprimento, largura e altura. Segundo Machado (1999), Ramalho e Corrêa *et al.* (2003), para que haja um único módulo em planta é interessante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, assim facilitando a amarração das paredes e contribuindo à racionalização do sistema construtivo.

Baseado nas dimensões modulares dos componentes da alvenaria cria-se um sistema de coordenação dimensional que parte do projeto arquitetônico. Assim, as dimensões são definidas em múltiplos dos módulos horizontais e verticais, tornando todas as medidas coordenadas plani e altimetricamente (MACHADO, 1999).

A coordenação modular interfere em praticamente todas as fases de obras em alvenaria estrutural; introduzindo procedimentos padronizados na execução e aumentando a precisão com que se produz, facilitando a introdução de técnicas que exigem maior precisão. Também beneficiando a execução do projeto, pois possibilita a criação de métodos de execução e a padronização de detalhes (FRANCO, 1992).

Machado (1999) comenta que a modulação leva a necessidade de se trabalhar com uma precisão acima da comumente utilizada nos edifícios convencionais. Num primeiro momento, parece desvantagem, entretanto os custos e esforços adicionais decorrentes deste aumento da precisão são compensados pela diminuição dos desperdícios causados pelas improvisações.

2.3 RACIONALIZAÇÃO

Racionalização recebe definições por diversos pesquisadores, que afirmam ser um instrumento que visa incremento de qualidade, produtividade e redução de custos.

Segundo Sabbatini (1984), a racionalização da construção é:

O processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade sócio-econômica própria.

Segundo Farah (1992) *apud* Machado (1999) a idéia de racionalização originou-se do “taylorismo” que se constitui historicamente na primeira proposta sistemática de aumento da produtividade. Para a autora, a busca da racionalização por parte de empresas do setor, passa pela produção de materiais e componentes em centrais de produção ou fora do canteiro, pelo planejamento detalhado das atividades visando a redução de variabilidade e imprevistos, e o domínio do processo de trabalho.

Lucini (2001) afirma que a racionalização construtiva vinculada à coordenação modular possibilita a resposta a um conjunto de necessidades na produção de edificações:

- De repetição de técnicas e processos;
- de redução da variedade de tipos e dimensões de componentes;
- de compatibilidade dimensional e tecnológica entre componentes;
- de intercambialidade de componentes;
- de produção seriada de componentes e de montagem tipificada;
- de autonomia de etapas de execução e da montagem de componentes;
- de detalhamento e especificação técnica sistematizada;
- de controle eficiente de custos e de produção;
- de aumento da produtividade na fabricação e montagem, etc.

Segundo Franco (1992), devido às vantagens e simplicidade do sistema construtivo em alvenaria estrutural, há potencial para aumento da racionalização, industrialização,

produtividade e qualidade. O autor cita as seguintes características como justificativa à esta tendência:

- Maior precisão geral na execução da obra;
- maior potencial para a implantação da coordenação modular;
- maior simplicidade do processo, eliminando vários problemas de interface entre os subsistemas;
- melhor definição da seqüência de técnicas para a execução dos subsistemas e diminuição da incerteza quanto ao planejamento de cada atividade;
- melhor controle das atividades executadas, pois com uma maior definição na etapa de concepção, passa a ser possível ou mais efetiva a existência de um controle de execução.

O desenvolvimento do projeto é, segundo Mamede (2001), um momento importante para a implantação de soluções voltadas à racionalização, pois as decisões têm influência direta nos custos, na velocidade e na qualidade dos empreendimentos.

O mesmo autor afirma que a fase de execução da obra também deve incorporar soluções racionalizadas com a organização da produção que engloba a organização do canteiro de obra, a padronização das técnicas e dos métodos produtivos, o gerenciamento da produção (planejamento e programação), o treinamento e a motivação da mão-de-obra, o uso racional de ferramentas e equipamentos e a aplicação de controle da qualidade na produção.

Em suma, tende-se ao aumento da racionalização quando o processo volta-se a operações de associações e montagens, ao mesmo tempo em que a incidência de operações de ajuste e transporte vão sendo excluídas dele.

2.4 PADRONIZAÇÃO

Segundo Rosso (1966) padronização é:

A aplicação de normas a um ciclo de produção ou a um setor industrial completo com objetivo de estabilizar o produto ou o processo de produção.

A padronização dos componentes contribui diretamente na racionalização. Estudos como o de Zechmeister (2005), que propõe a padronização das dimensões das unidades da alvenaria estrutural através do uso da coordenação modular é um exemplo.

As normas de coordenação modular são documentos voltados à padronização dos componentes no Brasil, entretanto encontram-se desatualizadas. As conseqüências disso são tragicamente percebidas pela incompatibilidade entre as dimensões dos diversos componentes da construção, originando quebras e conseqüentemente perdas (MAMEDE, 2001, ZECHMEISTER *et al.*, 2005).

Segundo Zechmeister (2005), no Brasil, atualmente, não existe uma norma geral para padronizar as dimensões das unidades de alvenaria. As normas que existem são específicas para cada material, e, na maioria dos casos, permitem que cada fabricante produza as unidades na dimensão que lhe convém. Assim, torna-se difícil, por exemplo, a troca do fornecedor no decorrer de uma obra.

Zechmeister (2005) faz uma importante afirmação:

O primeiro passo para a coordenação das dimensões consiste no emprego de componentes industrializados e na transformação da construção num processo de montagem das partes da edificação tal, que dispense a atividade de preparação dos componentes. Mas, para essa componentização, é necessário que as partes da construção estejam corretamente dimensionadas e padronizadas de modo a haver uma compatibilização das medidas de todos os componentes com as medidas do projeto.

2.5 UTILIZAÇÃO DE COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS NA ALVENARIA

Elemento executado fora do local de utilização definitivo da estrutura, com controle de qualidade especificado por norma. Esta é a definição de elemento pré-moldado formulado pela NBR 9062 (ABNT, 1985).

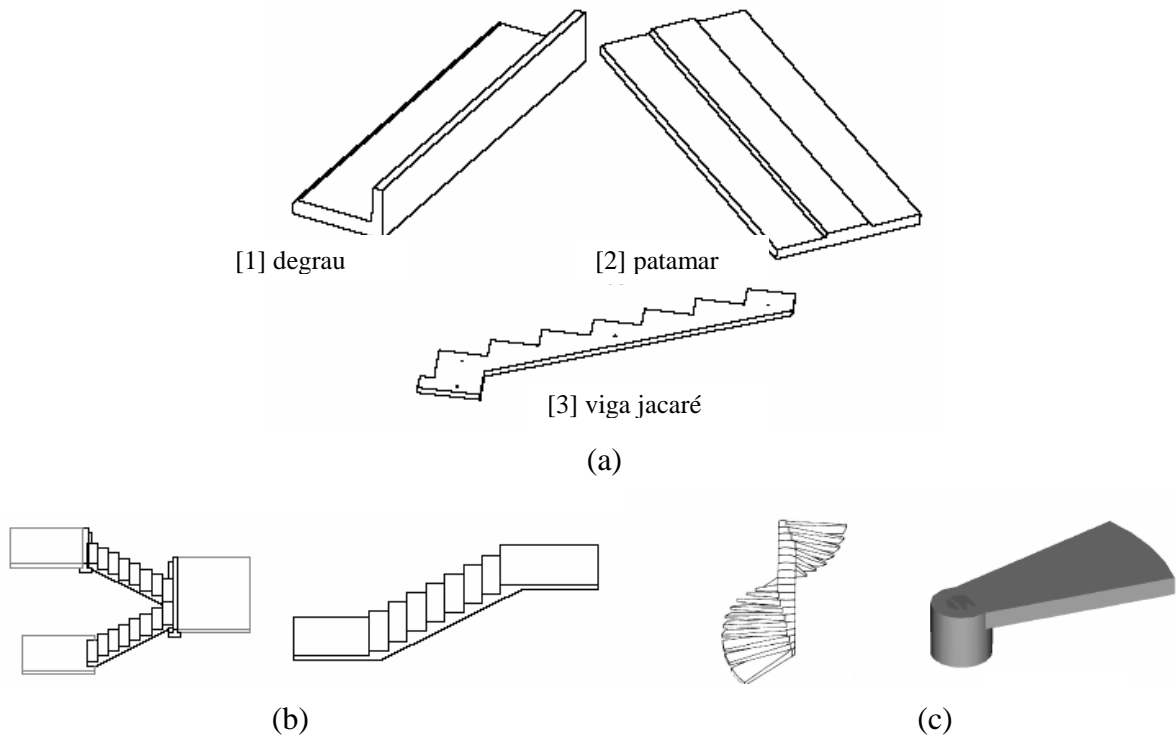
Segundo Medeiros e Sabbatini (1994), a adoção de alguns pré-moldados em obras de alvenaria estrutural tem aumento em aproximadamente 30% a produtividade de execução das paredes. Os autores afirmam que os pré-moldados apresentam diversas vantagens técnico-econômicas que permitem otimizar tanto a execução da obra, como a qualidade do produto final, principalmente com a diminuição de desperdício de material na execução de detalhes de obra, anteriormente resolvidos de modo artesanal.

Componentes importantes para a alvenaria estrutural e que estão sendo utilizados em larga escala na construção de conjuntos habitacionais, principalmente por não necessitar de equipamentos especiais de içamento são os pré-moldados leves, que segundo Rodrigues (1989), são definidos como:

Aqueles que podem ser manuseados com facilidade, não necessitando de equipamento mecânico para a sua movimentação, como, por exemplo, os blocos de alvenaria, placas de vedação, lajes mistas, pingadeiras e outros.

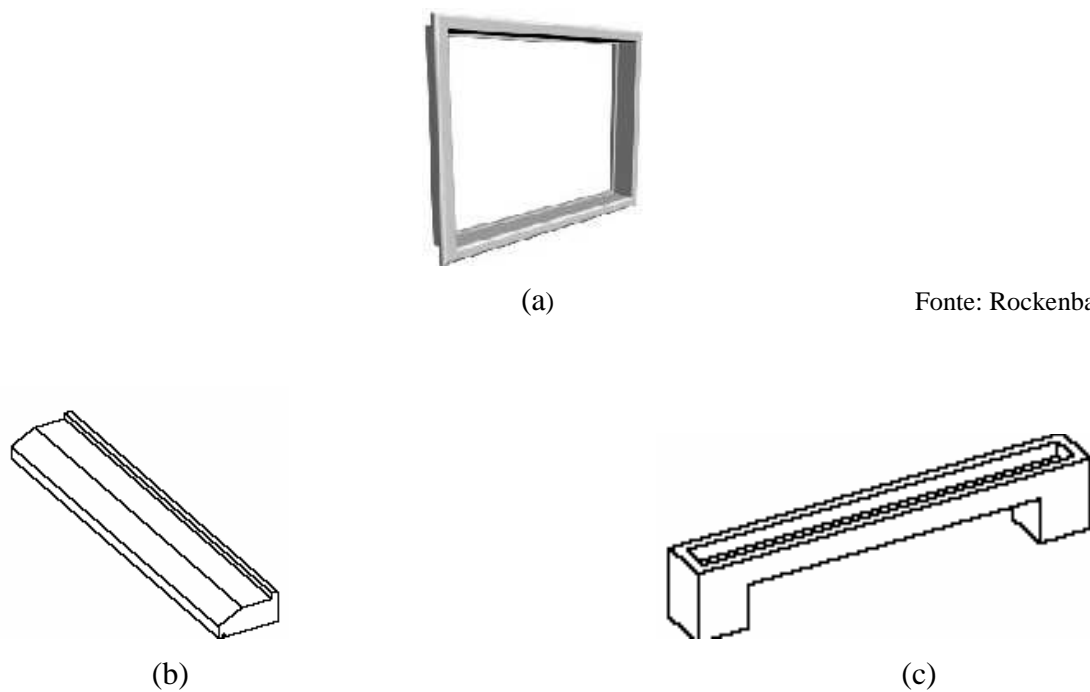
Estudos sobre aumento de produtividade concluem que o efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração elevam consideravelmente a produtividade da mão-de-obra de um serviço. Estes efeitos partem do princípio de que um trabalho executado repetidas vezes, sem interrupções e em grandes quantidades resulta na experiência da mão-de-obra e conseqüentemente na melhoria do seu desempenho (MAMEDE, 2001).

Os pré-moldados contribuem positivamente para os efeitos citados por este autor, nota-se a importância de sua utilização no sistema construtivo em alvenaria estrutural. As figuras 1 a 4 destacam alguns exemplos de componentes pré-moldados utilizados neste sistema construtivo.



Fonte: Mamede (2001).

Figura 01: (a) elementos constituintes da escada jacaré: degrau [1]; patamar [2] e viga denteada ou viga jacaré [3]; (b) Escada pré-moldada com peças de grandes dimensões; (c) Escada pré-moldada espiral.



Fonte: Rockenbach³

Fonte : Mamede (2001).

Figura 02: (a) contramarco pré-moldado; (b) pingadeira pré-moldada; (c) verga pré-moldada.

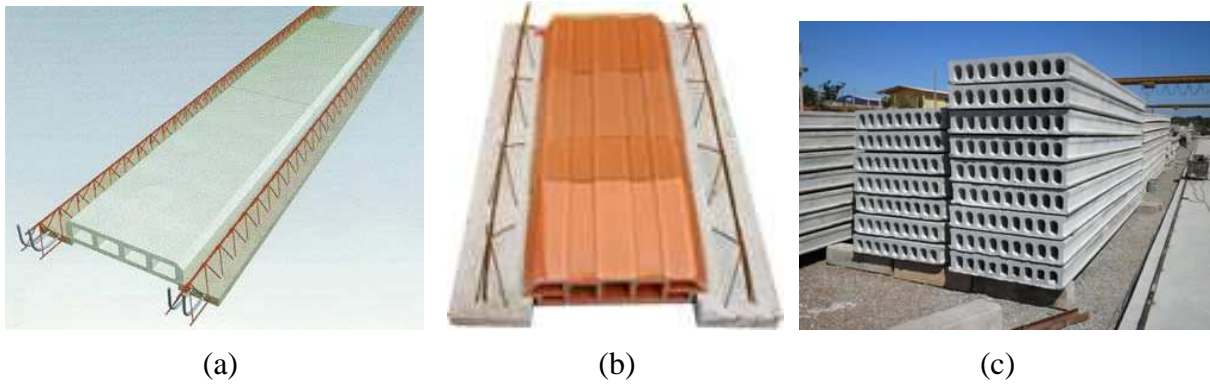
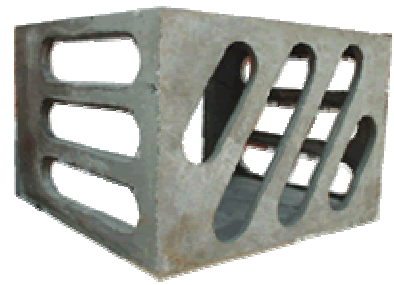


Figura 03: (a) laje treliçada com tabelas de EPS, (b) laje treliçada com tabelas cerâmicas; (c) laje alveolar pré-moldada em concreto.



(a)



(b)

Fonte: Lajes Pontual⁴.

Figura 04: (a) Viga baldrame pré-moldada em concreto; (b) Caixa suporte pré-moldada para aparelho de ar condicionado.

³ Rockenbach: Empresa fornecedora de componentes pré-fabricados: escadas, molduras, contramarcos, pingadeiras e outros. Disponível em: WWW.rockenbach.com.br.

⁴ Lajes Pontual: Empresa fornecedora de componentes pré-fabricados. Disponível em: www.lajespontual.com.br

2.6 INTERFACE ESQUADRIA/ALVENARIA

As aberturas são lacunas na elevação da alvenaria onde estão localizadas as janelas, portas, condicionadores de ar e outros. Esta interrupção da elevação das paredes prejudica a velocidade de execução da obra, não obstante, é local propício ao surgimento de manifestações patológicas, principalmente em função de concentração de tensões devido à transferência das cargas às paredes adjacentes.

É comum, em obras que utilizam alvenaria, a incidência de incompatibilidade entre as dimensões dos componentes e as aberturas onde serão inseridos, ocorrendo quebra das unidades (tijolos ou blocos) ou preenchimento com espessas camadas de argamassa, tornando-se pontos propícios ao desenvolvimento de manifestações patológicas, além de prejudicar a racionalização do processo e qualidade das construções.

Há um esforço, atualmente, de se reduzir estes conflitos, principalmente em obras de grande porte onde há repetições de serviços e projetos. As ações geralmente estão voltadas à racionalização do sistema construtivo.

A compatibilização das dimensões padronizadas das esquadrias em relação à modulação da alvenaria é um procedimento voltado aos princípios da racionalização, entretanto de difícil implementação. É interessante a adoção de esquadrias padronizadas, pois, sendo produzidas em série, com controle de qualidade, resultam preços mais competitivos.

Segundo Lucini (2001), tanto o ajuste desnecessário dos vãos como a produção de esquadrias “sob medida” eliminam a possibilidade de racionalização do projeto e da execução do edifício, aumentando custos e perdas importantes no sistema de fechamentos.

Em construções de conjuntos habitacionais, direcionados à população de menor poder aquisitivo, em que as unidades são produzidas em larga escala, a utilização de componentes padronizados, com otimização de mão-de-obra e materiais é muito relevante.

Apesar de normas como a NBR 5722 (1982) e NBR 5728 (1982) recomendarem que as portas e as janelas, com suas guarnições, devam ter largura e altura modulares e que os detalhes modulares devem ser projetados para absorver os problemas com erros de execução na obra, como montagem, encaixe ou sobreposições; elas não são seguidas pelos fabricantes de componentes de vedação (MAMEDE, 2001).

Lucini (2001) contribui significativamente neste tema através de um estudo em que desenvolve um processo de modulação de vãos de esquadrias baseado simultaneamente na

modulação de vãos construtivos nas edificações e na definição de dimensões preferenciais para ao desenvolvimento de sistemas de esquadrias.

Alexandre (2008) constatou ainda que, em 47% dos empreendimentos, a concretagem das contra-vergas era feita após a elevação da alvenaria podendo fazer com que o transpasse para o interior da parede no ato de concretagem fosse insuficiente, a armadura da mesma fosse colocada em tamanho inferior e que a qualidade da concretagem das canaletas fosse influenciada pelos restos de materiais como a argamassa de assentamento dos blocos presentes no seu interior. Esses modos de falhas levam à perda da função requerida desses elementos, favorecendo o aparecimento de fissuras nas paredes (ALEXANDRE, 2008).

Neste mesmo estudo, nos casos de empreendimentos nos quais foram utilizadas vergas e contra-vergas pré-moldadas foi constatada também a colocação destas após a elevação da alvenaria. Esse tipo de falha ocorreu em 11% dos empreendimentos monitorados (ALEXANDRE, 2008).

Portanto, não obstante as questões relacionadas à modulação, é relevante a incidência de falhas na região de entorno às aberturas. Esta situação é agravada em edificações mais esbeltas, em que há maiores tensões e deformações, estando mais propícias ao desencadeamento de manifestações patológicas, principalmente fissuras.

FISSURAS EM ALVENARIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As manifestações patológicas mais comuns nas alvenarias são fissuras, eflorescências, umidade, descolamento do revestimento e algumas alterações químicas dos materiais de construção. Dentre estas, as fissuras tem ocorrido com maior incidência nas alvenarias, conforme levantamentos realizados por Bernardes (1998) e Richter *et al.* (2007).

Segundo Eldridge (1982), os defeitos nos edifícios surgem de uma variedade de razões. A diversidade de materiais, técnicas construtivas, uso da edificação, bem como as condições a que estará sujeita.

Embora se tenha ampliado o conhecimento com relação ao estudo de manifestações patológicas em edificações, bem como ferramentas de avaliações e coleta de dados, ainda há muito a ser feito na área de avaliação de desempenho de materiais de construção (AZZALIN, 2005).

Lourenço (2004) afirma que em Portugal as maiores incidências de manifestações patológicas em alvenaria (paredes externas) são infiltrações (umidade) e fissuras. Juntas elas representam aproximadamente 85% das manifestações.

Segundo Padaratz (1991) e Duarte *et al.* (1998), as fissuras podem ser causadas por vários fatores, tais como: excessivo carregamento sobre paredes, variações de temperatura, retração de blocos ou outros elementos de concreto, deformação de elementos da estrutura atuando nas paredes, recalques de fundações e reações químicas ocorridas após a construção das paredes caracterizadas por expansão volumétrica. Duarte (1998) afirma que as alvenarias apresentam bom desempenho quanto à compressão, o que não ocorre em relação às solicitações de tração, flexão e cisalhamento.

As tensões de tração e cisalhamento são responsáveis por grande parte dos casos de fissuração das alvenarias, sejam estruturais ou não. A heterogeneidade dos materiais empregados na alvenaria é também outro fator de importante influência na fissuração (ABCI, 1990). Segundo

Grimm e Klingner (2004), as fissuras em alvenaria são basicamente causadas por forças de tração.

Um estudo realizado por Magalhães (2004) em edificações de alvenaria no estado do Rio Grande do Sul mostrou que 31,84% das fissuras eram decorrentes de variações de temperatura, seguida das causadas por recalque de fundações (27,80%), detalhes construtivos (14,35%), deformações (11,6%), retração-expansão (10,31%), sobrecargas (2,24%) e reações químicas (1,8%).

Alvenarias de construções antigas possuíam paredes espessas de tijolos maciços assentados com argamassa de traço misto com baixo módulo de deformação. Estas características asseguravam baixos níveis de tensões de serviço e grande massa e inércia, fazendo com que deformações e deslocamentos nos materiais devidos a contrações e dilatações de origem térmica e hidráulica gerassem tensões de compressão, tração e cisalhamento inferiores às que os materiais estavam aptos a resistir. Devido ao baixo teor de cimento e conseqüente baixo módulo, as juntas absorviam as micro fissuras, tornando dispensáveis juntas construtivas. O emprego de juntas construtivas era limitado ou inexistente, uma vez que o próprio peso do material empregado na construção restringia sua movimentação. Por estas razões, as fissuras mais freqüentes nestas construções são as devidas à ocorrência de recalques nas fundações (DUARTE, 1998).

As construções atualmente são construídas com paredes de menor espessura se comparada às anteriormente citadas, visando redução de custos. Assim, a estrutura é mais solicitada, estando desta forma, também mais suscetível a movimentações causadas por variações de temperatura e umidade. Projetos de alvenarias devem prever estas movimentações, principalmente através de juntas construtivas de forma a impedir o surgimento de tensões de tração superiores à resistência a tração da alvenaria, que seria a formação de fissuras (DUARTE, 1998).

Encontram-se na bibliografia diferentes critérios para a classificação das fissuras, como: forma, causa, direção, tensões envolvidas, abertura, atividade e outras. Bidwell (1977), Rainer (1983) e Kaminetzky (1985), por exemplo, as classificam segundo suas aberturas. Já Thomaz (1989) e Duarte (1998) as classificam segundo suas causas. Esta classificação foi a escolhida para abordagem neste estudo, pois está relacionada à origem das manifestações patológicas, que é tema importante nesta pesquisa.

Neste estudo, será dada ênfase às fissuras em alvenaria. A seguir, serão abordadas as configurações típicas de fissuras deste sistema construtivo e suas causas.

3.2 FISSURAS CAUSADAS POR SOBRECARGA

As forças responsáveis pela sobrecarga podem ser externas, como a ação do vento, internas como provenientes do uso, ou ainda relacionadas à própria construção (ELDRIDGE, 1982).

Segundo Duarte (1998) o mecanismo de ruptura de paredes de alvenaria solicitadas por carregamentos verticais de compressão consiste no surgimento de fissuras verticais (figura 5.a), decorrentes de esforços transversais de tração transferidos aos tijolos pelo atrito da superfície da junta de argamassa com a face maior dos tijolos. A argamassa, ao ser comprimida, deforma-se mais do que o tijolo, tendendo a expandir lateralmente e transmitindo tração lateral a ele (DUARTE, 1998). Este mesmo autor complementa afirmando que a utilização incorreta de tijolos ou blocos com furos na direção horizontal em paredes portantes acaba causando fissuras horizontais, localizadas nos septos longitudinais dos tijolos ou blocos (figura 5.b). Cargas axiais uniformemente distribuídas, em função principalmente da deformação transversal da argamassa de assentamento e da eventual fissuração de blocos ou tijolos por flexão local, as paredes, em trechos contínuos, apresentarão fissuras tipicamente verticais (ABCI, 1990), conforme figura 5.c.

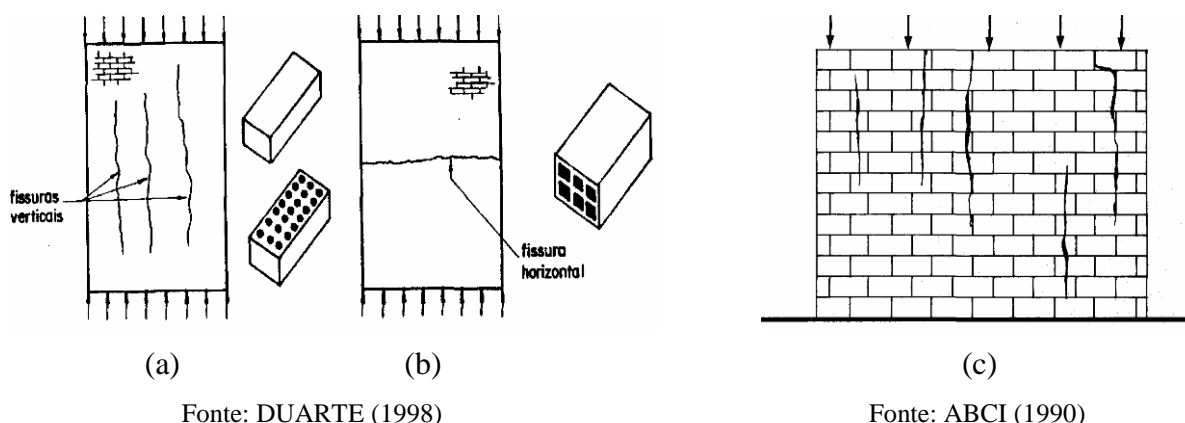
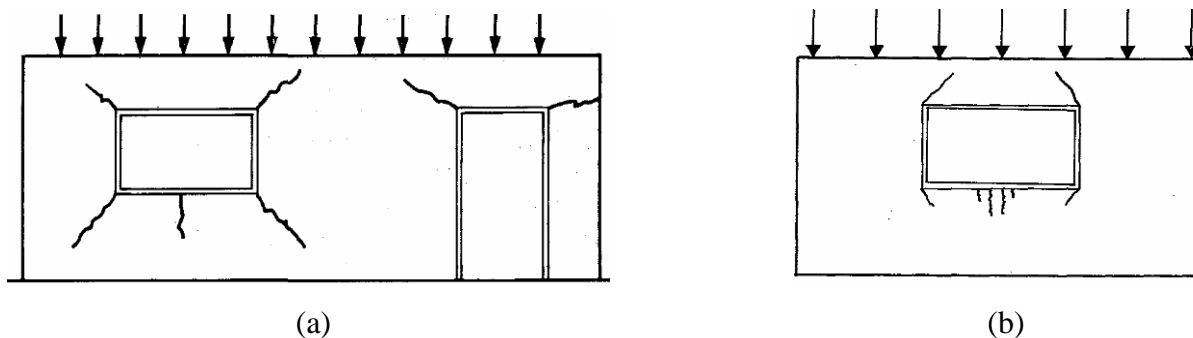


Figura 05: (a) ruptura por sobrecarga vertical uniformemente distribuída em parede construída com blocos, tijolos maciços ou com furos na direção vertical; (b) ruptura por sobrecarga vertical uniformemente distribuída em parede construída em tijolos com furos na direção horizontal; (c) configuração típica, segundo ABCI (1990), de sobrecarga vertical uniformemente distribuída em parede de alvenaria, causando fissuras verticais.

Em paredes com aberturas, sobrecargas verticais uniformemente distribuídas, segundo ABCI (1990), geram fissuras conforme figura 6.a. THOMAZ (1989) complementa afirmando que sobrecargas verticais uniformemente distribuídas podem também causar fissuras com configuração apresentada na figura 6.b.



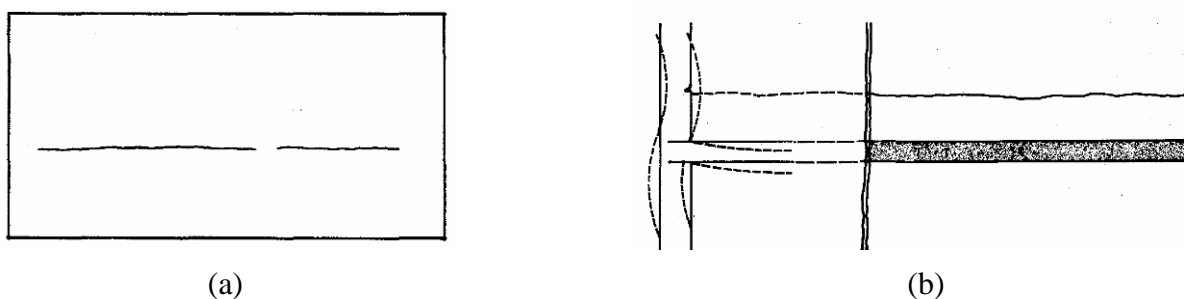
(a) Fonte: ABCI (1990)

(b) Fonte: THOMAZ (1989)

Figura 06: (a) fissuras típicas causadas por sobrecarga vertical uniformemente distribuída em paredes com aberturas; geralmente apresentando-se a partir dos vértices e na região central abaixo do peitoril; (b) fissuras típicas em paredes com aberturas, causadas por sobrecarga vertical uniformemente distribuída.

Existe a possibilidade de surgimento de fissuras horizontais causadas por sobrecarga, entretanto não sendo freqüentes. Este fenômeno (figura 7.a) ocorre devido ao esmagamento da argamassa das juntas de assentamento ou pela ruptura por compressão dos componentes de alvenaria, ou ainda devido a solicitações de flexocompressão da parede (THOMAZ, 1989).

Outro caso de fissuras horizontais na alvenaria causadas por sobrecargas é apresentado na figura 7.b, em que há sobrecarga da laje solicitando a alvenaria a flexo-compressão (ABCI, 1990).

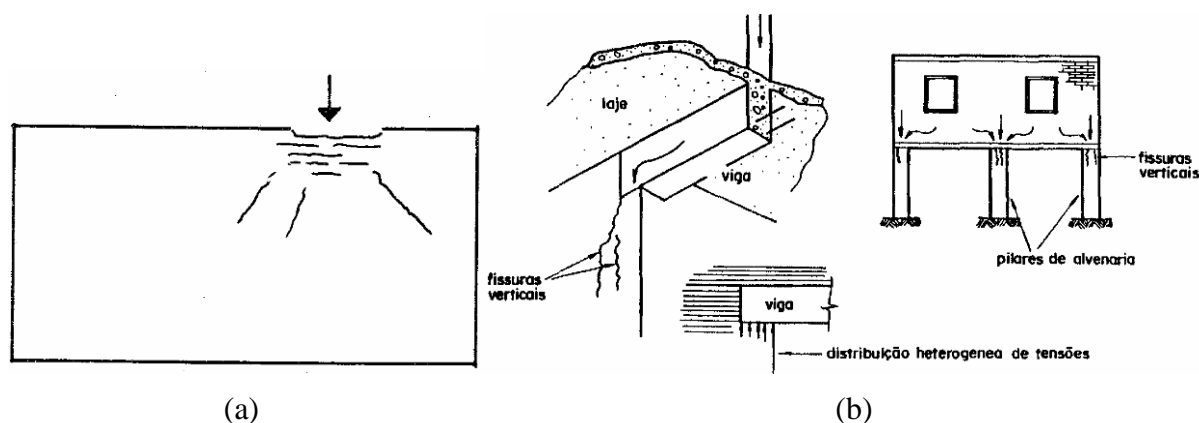


(a) Fonte: THOMAZ (1989)

(b) Fonte: ABCI (1990)

Figura 07: (a) fissura horizontal devido sobrecarga uniformemente distribuída causando esmagamento da argamassa de assentamento; (b) fissura horizontal na base da alvenaria: deformação da laje, solicitando a alvenaria à flexo-compressão.

Sobrecargas concentradas causam o rompimento dos componentes da alvenaria no local de aplicação da carga, bem como o surgimento de fissuras a partir do ponto de aplicação. Geralmente é causado por ineficácia ou inexistência de coxins ou pilares de alvenaria subdimensionados (THOMAZ, 1989, DUARTE, 1998), (figura 8).



Fonte: THOMAZ (1989)

Fonte: DUARTE (1998)

Figura 08: (a) ruptura localizada da alvenaria devido à sobrecarga concentrada; (b) fissuras verticais em locais de sobrecarga concentrada (viga apoiada em paredes e pilares de alvenaria sub-dimensionados).

3.3 FISSURAS CAUSADAS POR VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

Variações de temperatura causam nos elementos da edificação, variações dimensionais, tanto dilatação quanto contração. Estes movimentos são restringidos pelos vínculos entre elementos e componentes, entretanto provocando tensões nos materiais. As variações dimensionais dos materiais estão relacionadas, segundo Thomaz (1989), com as propriedades físicas e com a variação da temperatura, sendo que a magnitude das tensões está diretamente relacionada com a intensidade da variação dimensional, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta variação e das propriedades elásticas do material.

Thomaz (1989) afirma que as trincas de origem térmica podem também surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material, sendo as principais movimentações diferenciadas ocorrendo quando:

- Os elementos estão sujeitos a diferentes solicitações térmicas, como por exemplo, laje de cobertura em relação a paredes;
- materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, expostos às mesmas variações de temperatura são unidos. Como por exemplo, movimentações diferenciadas entre argamassa de assentamento e componentes de alvenaria;
- há gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente como, por exemplo, gradiente entre a face exposta e a face protegida de uma laje de cobertura.

A absorvência da superfície dos materiais é fator de grande influência nas movimentações térmicas. Esta propriedade resume-se na capacidade do material em absorver radiação solar e depende basicamente da cor da superfície. Cores escuras têm maior capacidade de absorção em relação a cores claras (DUARTE, 1998, THOMAZ et al., 1989). A amplitude e a taxa de variação de temperatura de um material exposto à radiação solar dependem também de outros fatores, como: intensidade da radiação solar, emitância da superfície do elemento, condutância térmica superficial, calor específico, massa específica aparente, e coeficiente de condutibilidade térmica.

A variação dimensional de um componente pode ser calculada através da seguinte equação:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t, \text{ onde:}$$

ΔL = variação dimensional;

L = comprimento inicial;

α = coeficiente de dilatação térmica;

Δt = variação de temperatura.

A tabela 1 apresenta valores de coeficientes de dilatação térmica (α) para alguns materiais de construção, bem como suas variações dimensionais.

Tabela 1- Variação dimensional devido à umidade e coeficiente de dilatação térmica de materiais de construção.

	Movimentos reversíveis devido a variação de umidade (%)	Movimentos irreversíveis devido a variação de umidade (%)	Coeficiente de dilatação térmica $^{\circ}\text{C} \times 10^{-6}$
Madeira	+/- (0,5 - 2,5)		4 - 70*
Aço			10 - 18
Concreto	+/- (0,02 - 0,10)	- (0,03 - 0,08)	7 - 14
Alvenaria			
Blocos de concreto	+/- (0,02 - 0,04)	- (0,02 - 0,06)	6 - 12
Blocos de concreto com agregados leves	+/- (0,03 - 0,06)	- (0,02 - 0,06)	8 - 12
Blocos de concreto autoclavado	+/- (0,02 - 0,03)	- (0,05 - 0,09)	8
Tijolos sílico-calcáreo	+/- (0,01 - 0,05)	- (0,01 - 0,04)	8 - 14
Tijolos cerâmicos	+/- (0,02)	+ (0,02 - 0,07)	5 - 8

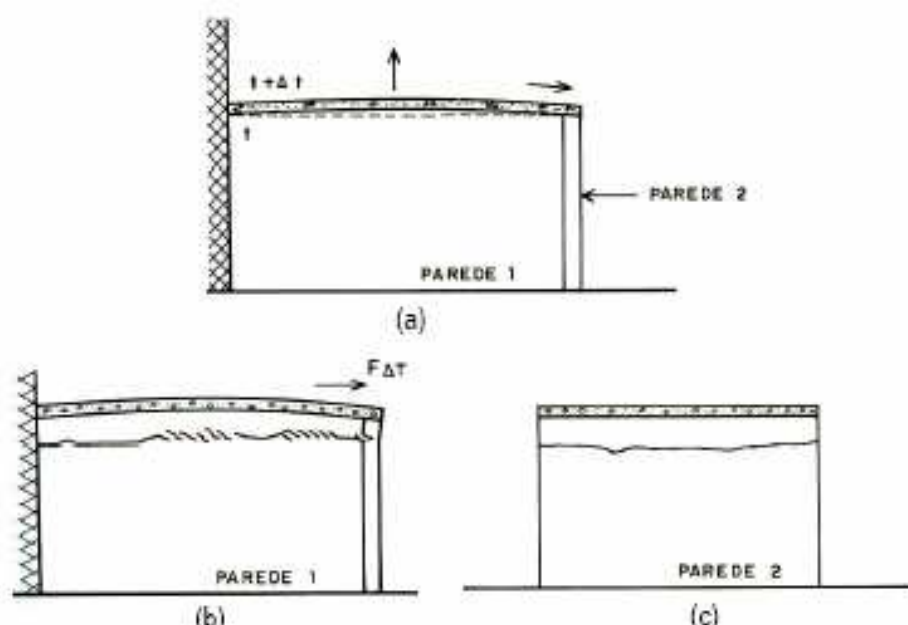
Observações: + expansão; - retração; *depende da direção das fibras.

Fonte: DUARTE (1998)

A incidência de movimentações térmicas em edifícios é maior em locais onde há mais insolação, como em lajes de cobertura e paredes externas. Ressalta-se também que mesmo em locais sombreados como lajes cobertas, ocorrem movimentações, devido à reirradiação do calor absorvido pelas telhas para a laje, bem como sua transmissão também através de convecção (THOMAZ, 1989).

3.3.1 Casos típicos de fissuras causadas por variações de temperatura

O coeficiente de dilatação térmica linear do concreto é aproximadamente duas vezes maior que o das alvenarias. A incidência solar em superfícies horizontais é maior em relação a verticais, assim, lajes de cobertura, por exemplo, são casos típicos de movimentação térmica e conseqüente formação de fissuras. Segundo Thomaz (1989), as tensões de origem térmica são nulas nos pontos centrais das lajes, e máximas nas bordas. Boa solução de projeto é desvincular a laje da parede, ou seja, inserir dispositivo que visa diminuir o atrito na interface laje/parede, entretanto quando este dispositivo não é eficaz, há a formação de fissura horizontal, seguindo o alinhamento da extremidade inferior da laje. O mesmo geralmente não ocorre quando a laje é engastada à alvenaria, situação na qual a fissura forma-se pouco mais abaixo da extremidade inferior à laje, como mostra a figura 9.



Fonte: THOMAZ (1989)

Figura 09- (a) movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura; (b) e (c) fissura típica presente no topo de parede na qual a laje de cobertura sofreu movimentação térmica e abaulamento, gerando tensões de tração e cisalhamento na parede.

Na figura 10 (a e b) são mostrados exemplos de fissuras decorrentes de casos de movimentações térmicas da laje de cobertura.



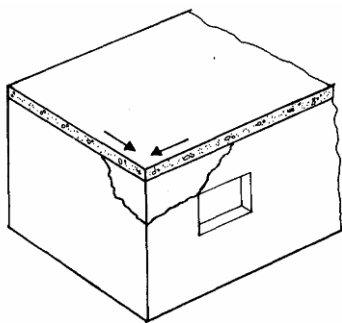
(a)



(b)

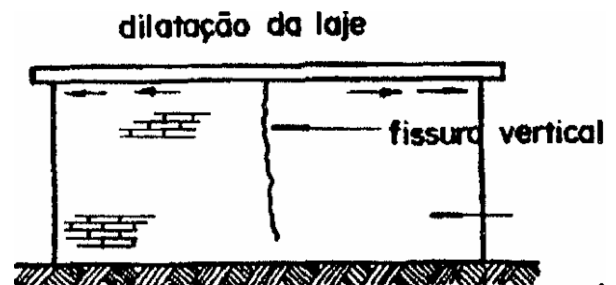
Figura 10: (a) e (b): Movimentação térmica da laje de cobertura com a formação de fissura na interface laje/alvenaria.

Nos cantos superiores de edificações cobertas por lajes pode ocorrer a formação de fissuras inclinadas, como ilustrado na figura 11.a, causadas pela dilatação da laje, que provoca cisalhamento da parede (THOMAZ, 1989). Segundo Duarte (1998) podem também ocorrer fissuras verticais em paredes com laje de cobertura quando submetida a esforços de tração devido a dilatações térmicas, conforme figura 11.b.



(a)

Fonte: THOMAZ (1989)

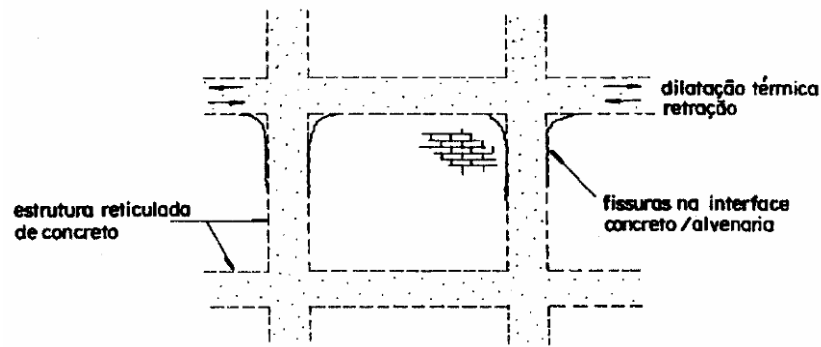


(b)

Fonte: DUARTE (1998)

Figura 11- (a) fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura; (b) dilatação da laje e a formação de fissura vertical na alvenaria, a partir da região na laje onde as tensões são nulas.

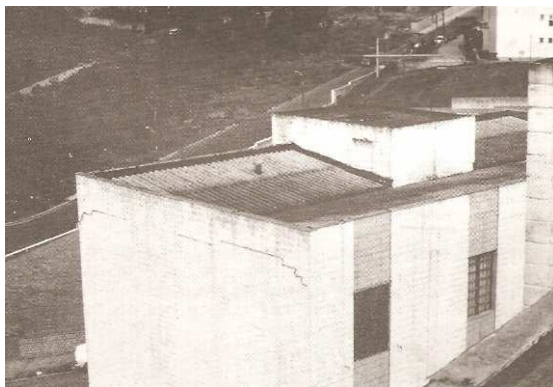
Movimentação térmica diferenciada entre estrutura de concreto e a alvenaria geralmente causa destacamento em sua interface, como ilustrado na figura 12 (DUARTE, 1998).



Fonte: DUARTE (1998)

Figura 12- Destacamento da alvenaria em relação à estrutura, provocado movimentações diferenciais entre ambas, por ação conjugada de dilatação térmica e retração.

Em platibandas, são características as fissuras horizontais na região central e inclinadas nas extremidades (figura 13), devido à movimentação diferenciada entre a platibanda e o restante da edificação (THOMAZ, 1989, GRIMM e KLINGNER, 2004).



(a)

Fonte: THOMAZ (1989)



(b)

Fonte: GRIMM e KLINGNER (2004)

Figura 13- (a) e (b) fissuras inclinadas no topo da parede (em ambas as extremidades) e destacamento da platibanda causados por movimentações térmicas da laje de cobertura.

3.4 FISSURAS CAUSADAS POR RETRAÇÃO

O efeito físico da retração está associado a uma deformação na estrutura da pasta hidratada, ocasionada por um conjunto de fenômenos que provocam a deformação total externa do componente à base de cimento. Uma parte da retração ocorre nas primeiras idades e está ligada às reações internas da pasta de cimento. Essa retração é irreversível e não ocorre em idades avançadas. Outra parte da retração é reversível e está associada, principalmente, à variação de umidade (BARBOSA, 2005). A perda de água da pasta de cimento é a principal causa da retração (BARBOSA, 2005; DUARTE, 1998).

Scartezini (2002) define a retração da argamassa como um fenômeno físico que ocorre com os materiais de base cimentícia, no qual o volume inicialmente ocupado pelo material no estado plástico diminui de acordo com as condições de umidade do sistema e a evolução da matriz de cimento.

Thomaz (1989) distingue três formas de retração que ocorrem numa mistura à base de cimento:

- Retração química: a reação química entre o cimento e a água se dá com redução de volume; devido às grandes forças interiores de coesão, a água combinada quimicamente (22 a 32%) sofre uma contração de cerca de 25% de seu volume original;
- retração por secagem: a quantidade excedente de água, empregada na preparação do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se posteriormente; tal evaporação gera forças capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa, produzindo a redução do seu volume;
- retração por carbonatação: a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, formando carbonato de cálcio; esta reação é acompanhada de uma redução de volume, gerando a chamada retração por carbonatação.

Locais onde a incidência solar é maior, como os últimos pavimentos dos prédios, por exemplo, estão mais susceptíveis à retração, pois está associada a maiores variações térmicas.

Vários são os fatores que influenciam a retração em misturas cimentíceas. Dentre esses fatores podem-se citar condições ambientais de temperatura e umidade, tipo e quantidade de aglomerante, relação água/aglomerante, tipo de agregado, forma de cura, entre outros (BARBOSA, 2005).

Em suma, quanto maior a quantidade de água requerida na mistura, e quanto maior sua velocidade de evaporação, maior será a retração. Portanto todos os fatores que influenciam nestes dois aspectos estão ligados à retração. Citam-se alguns exemplos:

- Quanto mais fina for a areia ou maior o ter de finos, maior será a quantidade de água requerida para a hidratação do cimento, bem como para alcançar a trabalhabilidade desejada;

- o mesmo ocorre com relação à finura do (s) aglomerante (s);
- quanto maior o teor de cimento maior é quantidade de água requerida, portanto maior a quantidade de água a ser perdida na secagem. Como a retração é proporcional à perda de água pelos capilares da pasta de cimento, então, quanto maior o volume da pasta, maior será a quantidade de poros capilares e a quantidade de água perdida;
- quanto maior a temperatura na qual a mistura é submetida, maior é a velocidade de secagem, bem como quantidade de água perdida, conseqüentemente, maior a retração;
- o mesmo ocorre com relação à ação do vento.

Segundo DUARTE (1998), a retração pode ocorrer na argamassa de assentamento (figura 14) embora sendo restringida devido ao confinamento que os tijolos estão submetidos. Também afirma que o mesmo não ocorre com elementos cerâmicos (tijolos, blocos, etc), que por serem cozidos em fornos a alta temperatura, perdem toda a umidade. Assim estando sujeito à efeito inverso, ou seja, absorção de umidade e expansão.



Fonte: DUARTE (1998)

Figura 14: Fissura na interface entre a base da parede e a laje de concreto devido a movimentação em sentidos opostos de ambos: retração do concreto e expansão da parede de alvenaria de tijolos cerâmicos à vista.

Fissuras horizontais oriundas da retração de lajes poderão aparecer também em paredes de andares intermediários de edifícios em alvenaria estrutural. Neste caso poderão surgir imediatamente abaixo da laje ou nos cantos superiores de caixilhos, conforme ilustrado na figura 15 (SAHLIN, 1971, *apud* THOMAZ, 1989).

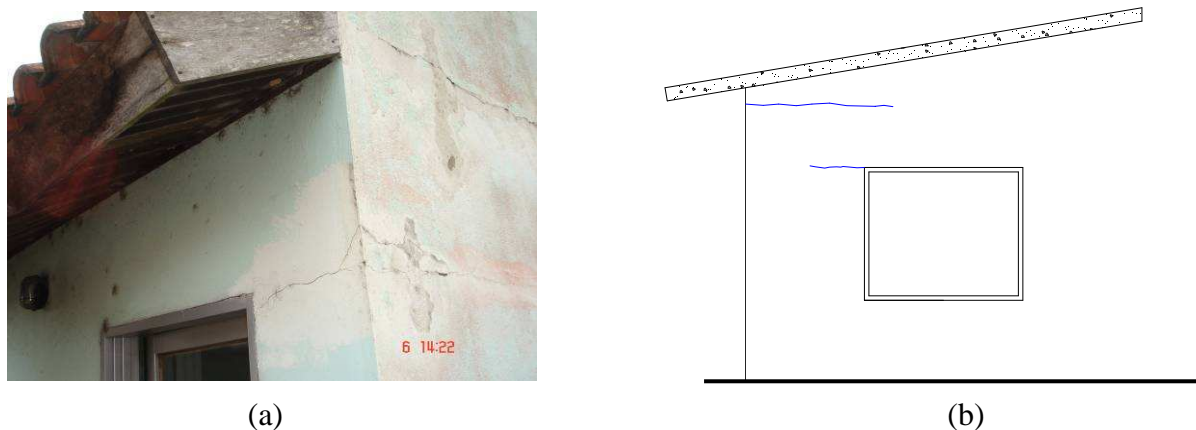


Figura 15: Fissuras devido a retração da laje de cobertura.

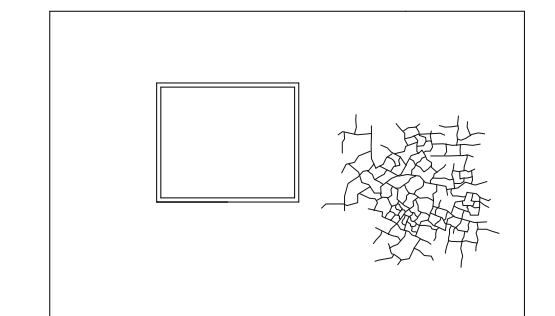
A figura 16 ilustra a configuração típica de retração da argamassa de encunhamento (16.a), bem como a configuração resultante da ação conjugada de retração da alvenaria e dilatação térmica da estrutura de concreto (16.b), segundo Duarte *et al.* (1998).



Figura 16: (a) retração da argamassa utilizada no encunhamento; (b) ação conjugada da contração e dilatação térmica resultando o descolamento entre o painel de alvenaria e a estrutura reticulada de concreto.

Outra configuração típica de fissuras causadas por retração são as chamadas fissuras mapeadas (figura 17), formando ângulo próximo de 90° nos pontos onde há cruzamento entre elas. Segundo Cincotto, Silva, Carasek (1995) e Thomaz (1989), a retração das argamassas aumenta com o consumo de aglomerante, com a porcentagem de finos existente na mistura e com o teor de água. Além desses fatores intrínsecos, diversos outros podem influenciar, como: aderência com a base, número de camadas aplicadas, espessura das camadas, tempo decorrido entre a aplicação de uma e outra camada, rápida perda de água durante o endurecimento por ação intensiva de ventilação e/ou insolação, etc. Sendo o nível de fissuração diretamente proporcional ao seu índice de retração e a espessura da camada; e inversamente proporcional ao seu módulo de deformação e ao seu poder de aderência com a base (THOMAZ, 1989).

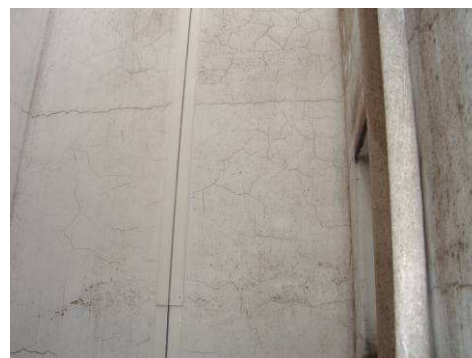
Essas fissuras também podem ser causadas por excessivo desempenho (DUARTE, 1998). Da mesma forma ocorre com relação ao desempenho precoce, por isso após a aplicação da argamassa de revestimento e a etapa de reguamento, é prática comum aguardar até o início da pega para começar o desempenho (com desempenadeira), pois neste momento, a susceptibilidade à retração é reduzida.



(a)



(b)



(c)

Figura 17: Fissuras mapeadas causadas por retração da argamassa de revestimento.

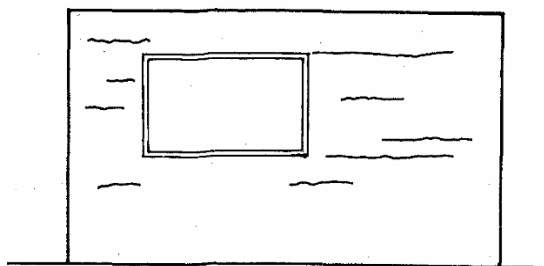
3.5 FISSURAS CAUSADAS POR ALTERAÇÕES QUÍMICAS DOS MATERIAIS

A água, em contato com os materiais de construção não deve afetar a estabilidade destes, entretanto, com frequência ocorrem reações, muitas vezes associadas a sais solúveis que causam danos, devido a expansões originadas de sua cristalização (DUARTE, 1998). Ambientes agressivos com altas concentrações de poluentes contribuem à degradação dos materiais de construção (THOMAZ, 1989). Segundo este autor, a hidratação retardada da cal, ataque por sulfatos e corrosão de armaduras são alterações químicas que ocorrem com relativa frequência, causando fissuras.

A chamada “hidratação retardada da cal” ocorre quando a cal é utilizada sem que esteja totalmente hidratada, assim contendo óxidos livres (de cálcio ou magnésio), que em contato

com umidade hidratam-se e se expandem (THOMAZ, 1989). Como a hidratação do óxido de magnésio é mais lenta em relação à do óxido de cálcio, argamassas constituídas por cal dolomítica podem apresentar elevados teores de óxido de magnésio no estado não hidratado (CINCOTTO, 1983). Por isso a probabilidade de ocorrência de expansões por hidratação retardada da cal é maior em argamassas constituídas por cal dolomítica.

As fissuras causadas por hidratação retardada da cal, em alvenarias, ocorrem predominantemente na direção horizontal (figura 18), onde há maior quantidade de argamassa (CINCOTTO, SILVA, CARASEK, 1995 e DUARTE, 1998). Thomaz (1989) afirma que o efeito mais nocivo da hidratação retardada da cal manifesta-se nos revestimentos em argamassa, cuja expansão tende a produzir danos generalizados no revestimento, além de fissuras, descolamento, desagregações e pulverulências. Comenta ainda que quando há presença de grânulos isolados de óxidos ativos, após sua hidratação e posterior expansão ocorre a formação de vesículas no revestimento.



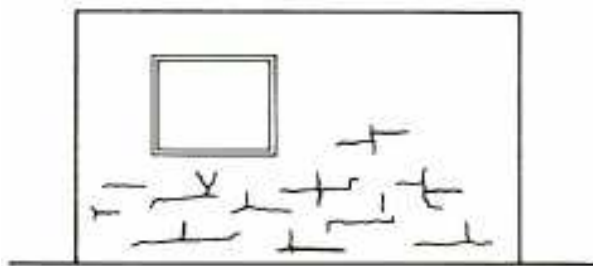
Fonte: THOMAZ (1989)

Figura 18- Fissuras causadas pela expansão da argamassa de assentamento devido à hidratação retardada da cal.

Reações envolvendo sulfatos são geradoras de outra configuração típica de fissuras. Um dos constituintes do cimento Portland, o aluminato tricálcico reage com sulfatos criando a etringita (trisulfoaluminato de cálcio). Esta reação promove aumento de volume, que em argamassas de assentamento o efeito inicial é o de expansão seguida de desintegração (CINCOTTO, 1983).

Os sulfatos podem surgir do solo, componentes cerâmicos constituídos por argilas com altos teores de sais solúveis, águas contaminadas, dentre outros. A água pode provir de várias formas, dentre elas, água da chuva em locais com deficiente impermeabilização, absorção da água devido a condições de ocupação da edificação (lavagem de pisos, áreas de serviço, etc), (THOMAZ, 1989). Segundo o mesmo autor, em alvenarias revestidas, as fissuras causadas por ataque de sulfatos são semelhantes àquelas que ocorrem pela retração da argamassa de revestimento, entretanto diferenciando-se em três aspectos: apresentam aberturas mais

pronunciadas, acompanham aproximadamente as juntas de assentamento horizontais e verticais e aparecem quase sempre acompanhadas de eflorescências (figura 19).



Fonte: THOMAZ (1989)

Figura 19- Fissuras causadas pelo ataque de sulfatos à argamassa de assentamento.

3.6 FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUE DE FUNDAÇÕES

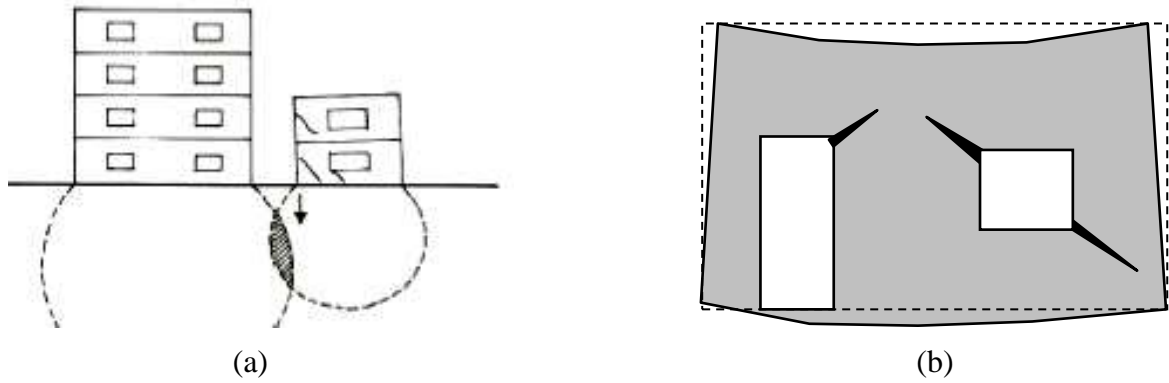
Segundo Duarte (1998), o comportamento das construções em relação à deformabilidade é distinta quando comparada ao solo. Edificações em alvenaria, por exemplo, são construções rígidas e difícil de acomodar deformações devido à posição e geometria das paredes de alvenaria na forma de placas verticais. O mesmo autor afirma que os recalques diferenciais são de difícil estimativa; em contrapartida os recalques totais podem ser estimados através do conhecimento das características do solo e através de prova de carga. Assim, uma vez estimado o recalque total, dependendo das características da edificação e do tipo de solo, o recalque diferencial é estimado como uma fração do recalque total.

Diversos fatores podem conduzir aos recalques diferenciados, gerando configurações típicas de fissuração à construção, conforme é apontado pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction (1983) *apud* Thomaz (1989) nas figuras 20, 21.a e 22; e por GRIMM e KLINGNER (2004), figura 21.b.



Fonte: THOMAZ (1989)

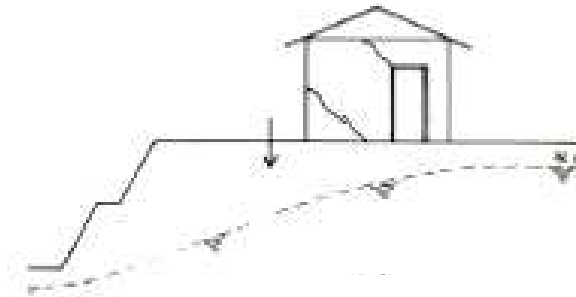
Figura 20- (a) recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado; (b) fundações assentadas sobre seções de corte e aterro gerando fissuras de cisalhamento nas alvenarias.



Fonte: THOMAZ (1989)

Fonte: GRIMM e KLINGNER (2004)

Figura 21- (a) recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior; (b) movimentação diferencial da fundação, por falta de homogeneidade do solo.



Fonte: THOMAZ (1989)

Figura 22- Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático, neste caso devido ao corte do terreno à esquerda do edifício.

Segundo Thomaz (1989), construções compostas por um corpo principal mais carregado e de um corpo secundário menos carregado, dotado de um mesmo sistema de fundação, invariavelmente conduz a recalques diferenciados entre estas duas partes, originando fissuras verticais ou inclinadas entre elas. A utilização de diferentes sistemas de fundações na mesma obra pode também provocar este problema, complementa o autor.

Variações de umidade do solo provocam alterações volumétricas e variações no seu módulo de deformação, principalmente tratando-se de argilas, provocando recalques localizados em edificações, conforme já ilustrado anteriormente (THOMAZ, 1989).

MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é apresentado o método de pesquisa adotado no estudo. Inicialmente tem-se o delineamento da pesquisa e, na seqüência, a descrição das suas fases e etapas.

4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Segundo Ludke e André (1986), para que uma pesquisa seja realizada é necessário haver um confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele. O mesmo autor complementa: desta forma constrói-se uma porção do saber.

Alguns métodos de pesquisa são listados por Bryman (1989) *apud* Berto e Nakano (1998), com ênfase em sua abordagem principal e sua relação com os principais instrumentos de pesquisa utilizados (tabela 2):

Tabela 2: Adequação do método de pesquisa aos instrumentos de coleta de dados (Bryman, 1989, *apud* Berto e Nakano, 1998).

Método de pesquisa	Abordagem principal	Instrumento de coleta de dados
Experimental	Quantitativo	Experimentos
Survey	Quantitativo	Questionários ou entrevistas
Estudo de caso	Qualitativo	Entrevistas, questionários e outras fontes
Pesquisa participante	Qualitativo	Observação direta e entrevistas
Pesquisa-ação	Qualitativo	Observação e participação direta

Esta dissertação baseia-se na adoção de uma Pesquisa Participante, com uma abordagem qualitativa, utilizando observação direta e entrevista como instrumento de coleta de dados.

Para Maanen (1979), a abordagem qualitativa tem por objetivo traduzir e expressar o sentido dos fenômenos: trata-se de reduzir a distância entre o indicador e o indicado, entre a teoria e os dados, entre contexto e ação.

Na figura 23 são apresentadas as fases da pesquisa numa seqüência cronológica, de forma a ter-se uma visão global da metodologia empregada.

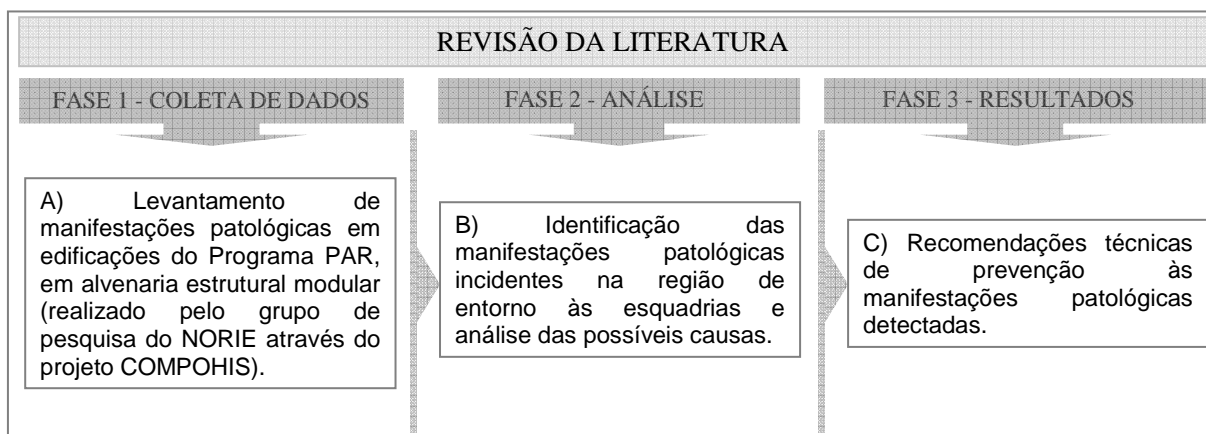


Figura 23: delineamento da pesquisa

4.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em três fases. A primeira tem como objetivo principal a coleta de dados para utilização na segunda fase, em que serão identificadas as manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias com a posterior análise das possíveis causas. Já na terceira fase, são elaboradas recomendações técnicas de prevenção às manifestações patológicas detectadas na fase 2, incluindo uma proposta de componente.

4.2.1 Coleta de dados (fase 1)

4.2.1.1 Levantamento de manifestações patológicas em alvenaria estrutural modular

Nesta primeira fase, identificaram-se as manifestações patológicas típicas da região de entorno às aberturas (janela e porta), de edificações em alvenaria estrutural modular de conjuntos habitacionais. Esta identificação baseou-se nos resultados de um levantamento de manifestações patológicas realizado através projeto de pesquisa COMPOHIS em 2007, realizado pelo grupo de pesquisa do NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação) em empreendimentos do programa PAR no Estado do Rio Grande do Sul (figura 24).



(a)

(b)

Figura 24: Dois dos empreendimentos residenciais em alvenaria estrutural modular do programa PAR nos quais se aplicou a ferramenta para levantamento de manifestações patológicas através do projeto Compohis em 2007: localizados na cidade de Bajé-RS (a) e Sapiranga-RS (b).

4.2.1.1.1 Caracterização dos empreendimentos

Os empreendimentos foram selecionados seguindo as recomendações presentes na ferramenta de coleta sistemática de manifestações patológicas por observação direta elaborado pelo grupo de pesquisa integrante ao projeto COMPOHIS (abordada em 4.2.1.1.2). Os empreendimentos selecionados deveriam representar no mínimo 10% do total de empreendimentos da região (considerado por Ioshimoto (1988), como uma amostra representativa), optando-se por empreendimentos com idades mais avançadas, de diferentes localidades e que foram construídos por diferentes empresas construtoras, de forma a ter-se uma amostra mais abrangente. Com relação ao número de UH (unidades habitacionais) em cada empreendimento, também adotou-se o percentual de 10%. Este percentual, sugerido por Ioshimoto (1988), é fundamentado estatisticamente a um nível de confiança de 95%, conforme o cálculo aproximado do tamanho da amostra, segundo as equações 1 e 2.

$$n_0 = 1 / E_0^2 \quad (1)$$

$$n = N \cdot n_0 / N + n_0 \quad (2)$$

Sendo N = tamanho da população, E_0 = erro amostral tolerável, n_0 = primeira aproximação do tamanho da amostra, e n = tamanho da amostra.

Do total de 1438 unidades, foram vistoriadas 147 unidades. Após a determinação do número de UH a ser diagnosticado no empreendimento, procedia-se uma estratificação da amostra pelos seguintes critérios:

a) De acordo com a orientação solar das faces externas das paredes das unidades habitacionais: metade das unidades habitacionais com a face das paredes externas voltadas para a orientação solar norte/oeste e a outra metade para sul/leste.

Justificativa: intenção do grupo de pesquisa em analisar a influência da incidência solar no aparecimento de manifestações patológicas.

b) Conforme a sua posição vertical: um terço das unidades do térreo, um terço nos pavimentos intermediários e um terço do último andar.

Justificativa: intenção do grupo de pesquisa em analisar se as manifestações patológicas se diferem entre os pavimentos das edificações.

c) Conforme a distribuição das unidades nos edifícios: mesmo número de unidades por edifício do empreendimento habitacional.

Justificativa: para que a disposição das UH selecionadas no empreendimento fosse simétrica, evitando distorção nos resultados, caso, por exemplo, houvessem manifestações patológicas pouco importantes em vários edifícios e outras muito graves em poucos edifícios.

Na tabela 3 são apresentados os empreendimentos estudados.

Tabela 3: Empreendimentos estudados pelo projeto de pesquisa COMPOHIS, sendo parte dos dados utilizados neste trabalho.


EMPREENDEMENTOS ESTUDADOS							
Região	Empreendimento	Cidade	Nº unidades	Nº unidades estudadas	Idade (anos)	Nº Pav.	Sistema construtivo
Região Metropolitana	PAR-01	Sapiranga	192	20	2	T+3	Alvenaria estrutural bloco cerâmico
	PAR-02	Charqueadas	87	9	7	T	Alvenaria Portante (tijolo 6 furos)
	PAR-08	Porto Alegre	120	12	2	T+1	Alvenaria estrutural bloco cerâmico
	PAR-03	Novo Hamburgo	112	12	6	T+3	Alvenaria estrutural bloco de concreto
	PAR-04	Novo Hamburgo	96	10	5	T+3	Alvenaria estrutural bloco de concreto
	PAR-05	São Leopoldo	135	14	6	T+1	Alvenaria Portante (tijolo maciço)
Serra	PAR-07	Caxias do Sul	240	24	1	T+4	Alvenaria estrutural bloco de concreto
Sul	PAR-06	Bagé	160	16	3	T+3	Alvenaria estrutural bloco cerâmico
	PAR -10	Pelotas	160	16	4	T+3	Alvenaria estrutural bloco cerâmico
	PAR J-09	Pelotas	136	14	4	T+3	Alvenaria estrutural bloco de concreto

4.2.1.1.2 Ferramenta de coleta dos dados

A ferramenta utilizada neste estudo foi uma adaptação do método utilizado na dissertação de mestrado de Richter (2007), que teve como base uma ferramenta desenvolvida pelo Ministério de Vivendas Básicas y Urbanismo (CHILE, 2004). Totalizando 4 páginas, esta ferramenta é formada por 9 seções. Nas 3 primeiras seções são identificadas e caracterizadas a entrevista, o estado atual da UH, a localização da UH e a percepção do usuário sobre os defeitos de sua habitação. Na quarta e quinta seções são desenhadas e codificadas as manifestações patológicas identificadas nas faces internas das paredes da UH. Na sexta e sétima seções são identificadas as manifestações patológicas das faces externas das paredes. Enquanto que na oitava e nona seções são identificadas as manifestações patológicas das faces das lajes (não abordada nesta dissertação).

Salienta-se que este levantamento englobando faces internas, externas e lajes, realizado pelo grupo de pesquisa integrante ao COMPOHIS é um estudo maior. Logo, nesta dissertação, o foco é o estudo apenas da região das aberturas. Entretanto, visando o melhor entendimento do leitor, optou-se por descrever globalmente a ferramenta.

As figuras 25 a 28 apresentam as seções da ferramenta de coleta dos dados adotada.

COMPOHIS	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL UFRGS - PPGECC / NORIE	 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL																			
COLETA SISTEMÁTICA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR OBSERVAÇÃO DIRETA																					
SEÇÃO 1 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ENTREVISTA																					
ENTREVISTA n.º:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Estado</td> <td style="text-align: center;">Cidade</td> <td style="text-align: center;">Idade (meses)</td> <td style="text-align: center;">Número (Conjunto)</td> <td style="text-align: center;">Bloco</td> <td style="text-align: center;">Apartamento</td> <td style="text-align: center;">DATA:</td> <td style="text-align: center;">Dia</td> <td style="text-align: center;">Mês</td> <td style="text-align: center;">Ano</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">□□</td> <td style="text-align: center;">□□□□</td> <td style="text-align: center;">□□</td> <td style="text-align: center;">□□</td> <td style="text-align: center;">□□</td> <td style="text-align: center;">□□□□</td> <td style="text-align: center;">□□□□</td> <td style="text-align: center;">□□</td> <td style="text-align: center;">□□</td> <td style="text-align: center;">□□</td> </tr> </table>	Estado	Cidade	Idade (meses)	Número (Conjunto)	Bloco	Apartamento	DATA:	Dia	Mês	Ano	□□	□□□□	□□	□□	□□	□□□□	□□□□	□□	□□	□□
Estado	Cidade	Idade (meses)	Número (Conjunto)	Bloco	Apartamento	DATA:	Dia	Mês	Ano												
□□	□□□□	□□	□□	□□	□□□□	□□□□	□□	□□	□□												
Conjunto Habitacional <input style="width: 80%;" type="text"/>																					
N.º ocupantes																					
Códigos:																					
1 0 1	01 pessoa	1 0 3	03 pessoas	1 0 □																	
1 0 2	02 pessoas	1 0 4	04 pessoas ou mais	1 0 □																	
Agrupamento familiar																					
Códigos:																					
2 0 1	Casal com filho(s)	2 0 3	Adulto com filho(s)	2 0 □																	
2 0 2	Casal sem filho	2 0 4	Adulto sem filho	2 0 □																	
Perfil do entrevistado																					
Códigos:																					
3 0 1	Arrendatário(a)	3 0 3	Filho(a)	3 0 □																	
3 0 2	Cônjuge	3 0 4	Outro (especificar): _____	3 0 □																	

SEÇÃO 2 - IDENTIFICAÇÃO DO ESTADO ATUAL DA UH				
Habitação				
Códigos:				
4 0 0	Modificação sem interferência na estrutura da edificação	4 0 □		
4 0 1	Modificação com interferência na estrutura da edificação	4 0 □		
4 0 2	Sem modificação	4 0 □		
4 0 3	Outro (especificar): _____	4 0 □		
Instalações				
Códigos: Para x = 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8 :				
5	Instalações Hidro-Sanitárias	x 0 0	Disposição não modificada	5 0 □
6	Instalações Elétricas e Telefônicas	x 0 1	Disposição modificada durante a obra	6 0 □
7	Instalações de gás	x 0 2	Disposição modificada após a obra	7 0 □
8	Instalações de TV	x 0 3	Não existe instalações	8 0 □
9	Instalações de Ar condicionado	x 0 0		9 0 □
10	Instalações de água quente	x 0 0		10 0 □
11	Outras (especificar): _____	x 0 0		11 0 □

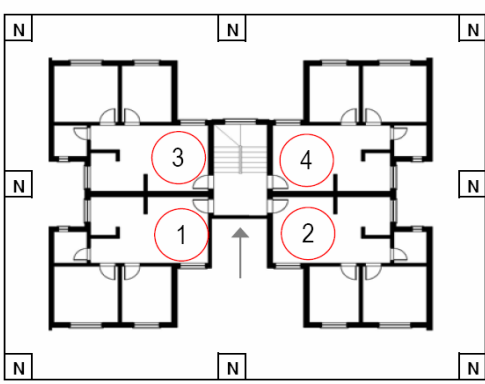
SEÇÃO 3 - LOCALIZAÇÃO DA UH E PERCEPÇÃO DO USUÁRIO		
<p>Planta Baixa das UH com identificação da orientação solar</p> 	<p>Quais são os principais defeitos do seu apartamento?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____ 9. _____ 10. _____ 11. _____ 12. _____ 13. _____ 14. _____ 	
<p>Posição da UH no edifício</p> <p><input type="checkbox"/> Posição 1</p> <p><input type="checkbox"/> Posição 2</p> <p><input type="checkbox"/> Posição 3</p> <p><input type="checkbox"/> Posição 4</p>	<p>Orientação solar predominante da UH (faces externas das paredes)</p> <p><input type="checkbox"/> 12 0 1 Norte/Oeste</p> <p><input type="checkbox"/> 12 0 2 Sul/Leste</p>	<p>Posição vertical da UH</p> <p><input type="checkbox"/> 13 0 1 Primeiro pavimento</p> <p><input type="checkbox"/> 13 0 2 Pavimentos intermediários</p> <p><input type="checkbox"/> 13 0 3 Último pavimento</p>

Figura 25: seções 1, 2 e 3 da ferramenta de coleta dos dados (identificação e caracterização da entrevista, identificação do estado atual da UH e localização da UH e percepção do usuário, respectivamente).

COMPOHIS	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL UFRGS - PPGECC / NORIE	UFRGS <small>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</small>																																								
COLETA SISTEMÁTICA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR OBSERVAÇÃO DIRETA																																										
ENTREVISTA n°	<input style="width: 100%;" type="text"/>	DATA:																																								
SEÇÃO 4 - ESBOÇO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS FACES INTERNAS DAS PAREDES																																										
SALA																																										
N°	<input style="width: 100%;" type="text"/>																																									
COZINHA																																										
N°	<input style="width: 100%;" type="text"/>																																									
DORM. 1																																										
N°	<input style="width: 100%;" type="text"/>																																									
DORM. 2																																										
N°	<input style="width: 100%;" type="text"/>																																									
BANHO																																										
N°	<input style="width: 100%;" type="text"/>																																									
SEÇÃO 5 - CODIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS FACES INTERNAS DAS PAREDES																																										
N°	OBS. (A)	LOCAL (B)	ABERT. (C)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">CÓDIGOS</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(A) OBSERVAÇÃO</th> </tr> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">0</td> <td>1 FISSURA (45°)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>2 FISSURA HORIZONTAL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>3 FISSURA VERTICAL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>4 FISSURA ESCALONADA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>5 FISSURAS MAPEADAS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>6 DESCOLAMENTO PONTUAL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>7 DESCOLAMENTO PLACAS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>8 UMIDADE</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>9 IRREGULARIDADE (PLANICIDADE)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>0 OUTRO (especificar): _____</td> </tr> <tr> <th colspan="2">(B) LOCAL</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>1 PAREDE INTERNA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>2 PAREDE EXTERNA</td> </tr> <tr> <th colspan="2">(C) ABERTURA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>1 PEQUENA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>2 MÉDIA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>3 GRANDE</td> </tr> </table> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> Gabarito abertura: P _____ M _____ G _____ </div>	CÓDIGOS		(A) OBSERVAÇÃO		0	1 FISSURA (45°)	0	2 FISSURA HORIZONTAL	0	3 FISSURA VERTICAL	0	4 FISSURA ESCALONADA	0	5 FISSURAS MAPEADAS	0	6 DESCOLAMENTO PONTUAL	0	7 DESCOLAMENTO PLACAS	0	8 UMIDADE	0	9 IRREGULARIDADE (PLANICIDADE)	1	0 OUTRO (especificar): _____	(B) LOCAL		0	1 PAREDE INTERNA	0	2 PAREDE EXTERNA	(C) ABERTURA		0	1 PEQUENA	0	2 MÉDIA	0	3 GRANDE
CÓDIGOS																																										
(A) OBSERVAÇÃO																																										
0	1 FISSURA (45°)																																									
0	2 FISSURA HORIZONTAL																																									
0	3 FISSURA VERTICAL																																									
0	4 FISSURA ESCALONADA																																									
0	5 FISSURAS MAPEADAS																																									
0	6 DESCOLAMENTO PONTUAL																																									
0	7 DESCOLAMENTO PLACAS																																									
0	8 UMIDADE																																									
0	9 IRREGULARIDADE (PLANICIDADE)																																									
1	0 OUTRO (especificar): _____																																									
(B) LOCAL																																										
0	1 PAREDE INTERNA																																									
0	2 PAREDE EXTERNA																																									
(C) ABERTURA																																										
0	1 PEQUENA																																									
0	2 MÉDIA																																									
0	3 GRANDE																																									
1	0	0	0	_____																																						
2	0	0	0	_____																																						
3	0	0	0	_____																																						
4	0	0	0	_____																																						
5	0	0	0	_____																																						
6	0	0	0	_____																																						
7	0	0	0	_____																																						
8	0	0	0	_____																																						
9	0	0	0	_____																																						
10	0	0	0	_____																																						
11	0	0	0	_____																																						
12	0	0	0	_____																																						
13	0	0	0	_____																																						
14	0	0	0	_____																																						
15	0	0	0	_____																																						
16	0	0	0	_____																																						
17	0	0	0	_____																																						
18	0	0	0	_____																																						
19	0	0	0	_____																																						
20	0	0	0	_____																																						
21	0	0	0	_____																																						
22	0	0	0	_____																																						

Figura 26: seções 4 e 5 da ferramenta de coleta dos dados (esboço das manifestações patológicas das faces internas das paredes e codificação das manifestações patológicas das faces internas das paredes).



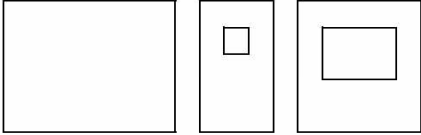
COMPOHIS	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL UFRGS - PPGEC / NORIE			
COLETA SISTEMÁTICA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR OBSERVAÇÃO DIRETA				
ENTREVISTA Nº	<input type="text"/>	DATA: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
SEÇÃO 6 - ESBOÇO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS FACES EXTERNAS DAS PAREDES				
FACHADA				
Nº	<input type="text"/>			
FACHADA				
Nº	<input type="text"/>			
SEÇÃO 7 - CODIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS FACES EXTERNAS DAS PAREDES				
Nº	OBS. (A)	LOCAL (B)	ABERT. (C)	CÓDIGOS
1	0	0	0	(A) OBSERVAÇÃO
2	0	0	0	0 1 FISSURA (45°)
3	0	0	0	0 2 FISSURA HORIZONTAL
4	0	0	0	0 3 FISSURA VERTICAL
5	0	0	0	0 4 FISSURA ESCALONADA
6	0	0	0	0 5 FISSURAS MAPEADAS
7	0	0	0	0 6 DESCOLAMENTO PONTUAL
8	0	0	0	0 7 DESCOLAMENTO PLACAS
9	0	0	0	0 8 UMIDADE
10	0	0	0	0 9 IRREGULARIDADE (PLANICIDADE)
11	0	0	0	1 0 OUTRO (especificar): _____
12	0	0	0	
13	0	0	0	(B) LOCAL
14	0	0	0	0 1 PAREDE INTERNA
15	0	0	0	0 2 PAREDE EXTERNA
16	0	0	0	(C) ABERTURA
17	0	0	0	0 1 PEQUENA
18	0	0	0	0 2 MÉDIA
19	0	0	0	0 3 GRANDE
20	0	0	0	Gabarito abertura:
21	0	0	0	P _____
22	0	0	0	M _____
23	0	0	0	G _____
24	0	0	0	
25	0	0	0	
26	0	0	0	
27	0	0	0	
28	0	0	0	

Figura 27: seções 6 e 7 da ferramenta de coleta dos dados (esboço das manifestações patológicas das faces externas das paredes e codificação das manifestações patológicas das faces externas das paredes).

COMPOHIS	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL UFRGS - PPGECON / NORIE	 UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL																																							
COLETA SISTEMÁTICA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS POR OBSERVAÇÃO DIRETA																																									
ENTREVISTA n°	<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>	DATA: <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>																																							
SEÇÃO 8 - ESBOÇO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS FACES DAS LAJES																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;">SALA</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>COZINHAS</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>DORM. 1</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>DORM. 2</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>BANHO</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">FACES DE PISO</p>	SALA		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	COZINHAS		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	DORM. 1		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	DORM. 2		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	BANHO		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;">SALA</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>COZINHAS</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>DORM. 1</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>DORM. 2</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>BANHO</td><td style="width: 100px; height: 30px;"></td></tr> <tr><td>N°</td><td><input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">FACES DE TETO</p>	SALA		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	COZINHAS		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	DORM. 1		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	DORM. 2		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	BANHO		N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
SALA																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
COZINHAS																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
DORM. 1																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
DORM. 2																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
BANHO																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
SALA																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
COZINHAS																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
DORM. 1																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
DORM. 2																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
BANHO																																									
N°	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																																								
SEÇÃO 9 - CODIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS FACES DAS LAJES																																									
N°	OBS. (A)	LOCAL (B)	ABERT (C)																																						
1	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
2	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
3	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
4	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
5	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
6	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
7	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
8	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
9	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
10	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
11	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
12	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
13	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
14	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
15	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
16	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
17	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
18	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
19	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
20	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
21	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
22	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
23	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
24	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
25	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
26	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				
27	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																				

Figura 28: seções 8 e 9 da ferramenta de coleta dos dados (esboço das manifestações patológicas das faces das lajes e codificação das manifestações patológicas das faces das lajes).

4.2.1.1.3 Aplicação da Ferramenta de coleta dos dados

Após a seleção do empreendimento e suas respectivas UH (unidades habitacionais) a serem investigadas, procederam-se as vistorias em cada uma delas. Ao ingressar na UH, após identificar-se ao usuário como pesquisador da universidade, explicando que se tratava de uma pesquisa sobre a qualidade das habitações, iniciava-se a aplicação da ferramenta seguindo ordem estabelecida pelas seções: identificação e caracterização da entrevista, identificação do estado atual da UH, localização e percepção do usuário. A ferramenta foi aplicada por três pessoas, sendo para todos os empreendimentos vistoriados, os mesmos integrantes. O procedimento de coleta dos dados foi o mesmo para todas as unidades habitacionais visitadas.

A partir deste momento, realizava-se, através de observação direta, o esboço e a codificação das manifestações patológicas das faces internas e, na seqüência, externas e lajes. As manifestações mais importantes foram registradas através de máquina fotográfica digital.

Para a codificação foram adotados os seguintes critérios (recomendados pelo manual de coleta sistemática):

- As fissuras a 45°, horizontais, verticais e escalonadas que ultrapassaram um metro em sua extensão foram divididas em uma manifestação para cada metro linear, sendo numeradas e codificadas separadamente;
- as fissuras mapeadas, devido à sua forma de aparição ser generalizada, foram divididas em uma manifestação para cada metro quadrado, sendo numeradas e codificadas separadamente.
- umidade também foi dividida em uma manifestação para cada metro quadrado, sendo numeradas e codificadas separadamente;
- as irregularidades das paredes foram consideradas somente quando a planicidade das superfícies das paredes ultrapassasse a uma tolerância visual. Para fins de parâmetro, considerou-se aceitável um desvio na sua planicidade de, no máximo, 2mm/m. Também foram divididas em uma manifestação para cada metro quadrado, sendo numeradas e codificadas separadamente;
- nos casos em que a mesma manifestação patológica foi identificada em duas faces da mesma parede, esta foi catalogada somente como uma ocorrência. Considerou-se esta ocorrência na face com maior impacto. Como, por exemplo, uma fissura horizontal identificada nas faces externa e interna de uma mesma parede, esta foi registrada na face que teve uma maior abertura;

- as fissuras foram classificadas quanto a sua abertura, em pequenas (P), médias (M) ou grandes (G). A espessura da abertura foi determinada através do gabarito localizado na lateral direita e abaixo, das páginas 2, 3 e 4 da ferramenta de coleta. A abertura foi medida, aproximadamente, no meio da extensão da fissura e comparada pela maior proximidade do gabarito. O observador posicionava-se a 1 metro de distância do local a ser observado e então realizava a vistoria (de pé: altura aproximadamente de 1,70m). As fissuras não identificadas a esta distância não foram catalogadas.

4.2.1.1.4 Tabulação dos dados

Como o número de ocorrências de manifestações patológicas varia em função do número de UH visitadas em cada empreendimento, torna-se complexa sua comparação. Então para conseguir isto, adotou-se um coeficiente que é calculado pela razão entre o número de defeitos e o número total de elementos. Este coeficiente foi proposto por Richter (2007), adaptado de um coeficiente desenvolvido por Ioshimoto (1988) recebendo a denominação “Coeficiente de Defeitos por Unidade” (CDU), expresso pela equação:

$$\text{CDU} = \text{número de manifestações patológicas} / \text{número total de elementos (faces de paredes)}$$

O número de manifestações patológicas foi quantificado segundo os critérios descritos anteriormente em 4.2.1.1.3 e o número de elementos considerando-se que cada face de parede, teto ou piso, equivalesse a um elemento. Ressalta-se que os dados referentes a faces de teto e piso não foram abordados neste trabalho, pois estas faces não possuem esquadrias.

Após a identificação do número de ocorrências (levantamento) e do número de elementos, foram calculados os coeficientes CDU para cada manifestação patológica em cada tipo de elemento: faces internas das paredes, faces externas das paredes (fachadas). Desta maneira, pôde-se dividir o coeficiente CDU em três categorias:

- a) O CDU_{FE} (FACE EXTERNA): o coeficiente entre o número de ocorrências de manifestações patológicas identificadas nas fachadas da UH pelo número total de faces externas das paredes da mesma unidade visitada.
- b) O CDU_{FI} (FACE INTERNA): calculado de forma semelhante ao CDU das fachadas, mas para as faces internas das paredes.
- c) O CDU_{m} (médio): coeficiente entre o somatório do número total de ocorrências de manifestações pelo somatório do número total de faces de paredes vistoriadas (adaptação ao método de Richter, 2007)

No levantamento realizado pelo grupo de pesquisa, foram também registradas as manifestações patológicas incidentes nas lajes, entretanto como não é o foco desta dissertação, estes dados não foram abordados. A análise dos dados obtidos tem por objetivo principal o esclarecimento das seguintes questões:

a) Quais são as manifestações patológicas com maior incidência, ou seja, maior CDU e onde se localizam?

Esta questão revelará quais manifestações patológicas devem receber atendimento prioritário de busca por soluções. O mesmo acontecendo para a região com maior incidência de manifestações. Neste momento, será conhecido se a incidência de defeitos na região de entorno as esquadrias, por exemplo, é significativamente alta a ponto de merecer atendimento prioritário para que sejam solucionados. Caso contrário, os recursos deverão focar-se onde se mostrar mais necessário, ou seja, onde a incidência de manifestações patológicas for maior.

b) Dentre as manifestações encontradas especificamente na região de entorno à janela, quais as com maior incidência?

Neste momento, serão conhecidos os problemas que deverão receber soluções prioritárias no momento de desenvolver um novo componente ou melhorar a técnica tradicional. Por exemplo, se as fissuras predominam ou se é a umidade; e ainda qual a configuração (forma) de fissura ou umidade? Desta forma tende-se à otimização dos recursos e conseqüentemente da viabilidade econômica das soluções.

4.2.2 Análise (fase 2)

4.2.2.1 Identificação das manifestações patológicas incidentes na região de entorno as esquadrias e análise das possíveis causas.

O objetivo principal desta etapa foi identificar as manifestações patológicas típicas desta região. Foram consideradas típicas as manifestações que se repetiram exatamente da mesma forma em mais de uma UH e empreendimento.

Com a listagem das manifestações patológicas típicas desta região, partiu-se para a análise das possíveis causas. Esta análise foi baseada na revisão da literatura, em evidências encontradas tanto no levantamento de manifestações patológicas realizado através do projeto COMPOHIS, quanto em evidências encontradas através das observações diretas em obras.

4.2.3 Resultados (fase 3)

4.2.3.1 *Recomendações técnicas de prevenção às manifestações patológicas detectadas.*

A partir do levantamento de manifestações, foi possível identificar a relevância da incidência de manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias em relação às incidentes nas outras partes da edificação.

Tomando conhecimento da importância em dedicar um estudo direcionado à procura por soluções para estes problemas, foram identificadas todas as manifestações incidentes exclusivamente na região de entorno às esquadrias de forma a verificar dentre estas, quais teriam prioridade pela busca de solução.

Baseado no levantamento realizado pelo grupo de pesquisa do NORIE, através do COMPOHIS, assim como através de visitas técnicas em obras também foi possível identificar algumas evidências de forma a explicar causas para certas manifestações patológicas.

Inicialmente foi elaborada uma série de recomendações técnicas voltadas ao projeto e à execução com relação a cada manifestação patológica, visando reduzi-las. Estas recomendações técnicas são voltadas ao sistema tradicional utilizado atualmente nas construções em alvenaria com blocos cerâmicos ou de concreto.

Ainda do ponto de vista de projeto foi proposto uma solução de componente de conectividade para a interface janela/alvenaria com o intuito de diminuir a incidência de manifestações patológicas da região de entorno às janelas. Para a elaboração deste componente adotou-se uma ferramenta (ainda não publicada), proposta por Azambuja (2008), pesquisador integrante ao grupo de pesquisa do projeto COMPOHIS. Inicialmente fez-se uma análise de similares, verificando os produtos que já foram ou que estão sendo utilizados nesta região, procurando identificar suas vantagens e desvantagens, de forma que o produto a ser proposto não incorpore defeitos já conhecidos. Na sequência, baseado principalmente na normatização brasileira, partiu-se para determinação dos requisitos de desempenho aos quais o componente deveria atender. O próximo passo foi a escolha do material, geometria e por fim a avaliação teórica das soluções. Esta ferramenta projetual e o desenvolvimento da proposta de componente foram descritas detalhadamente no apêndice 1.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na pesquisa. Inicialmente são descritos os resultados da etapa A (levantamento de manifestações patológicas) onde são identificadas as manifestações patológicas típicas da região de entorno à janela de conjuntos habitacionais estudados pelo grupo de pesquisa integrante ao projeto COMPOHIS. Em seguida apresentam-se os resultados da etapa B em que são analisadas as causas destas manifestações. Por fim são descritas recomendações técnicas ao sistema construtivo em alvenaria modular atualmente utilizado na construção de edificações residenciais integrante ao programa PAR. A figura 29 mostra uma visão global da forma em que os resultados serão explanados, bem como seus respectivos embasamentos:

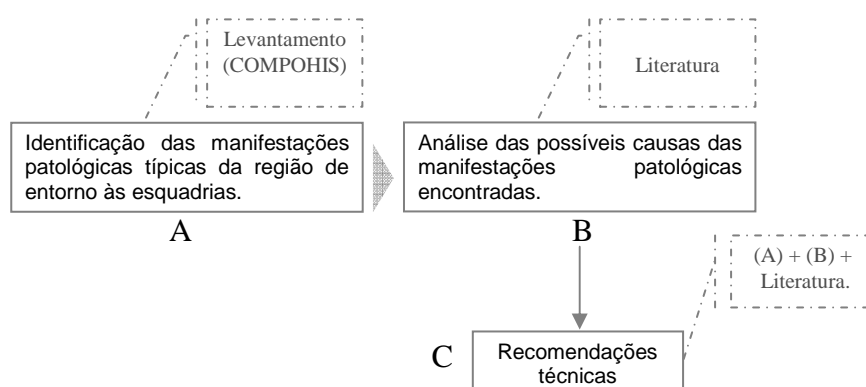


Figura 29: Visão global de apresentação dos resultados.

5.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS INCIDENTES NOS EMPREENDIMENTOS ESTUDADOS

Ao todo foram coletados dados de 10 empreendimentos, entretanto, um deles (PAR-02) apresentou CDU muito alto comparado aos demais, e acabou gerando uma distorção nos resultados. Esta distorção é explicada pelo fato deste empreendimento ter sido construído sobre um aterro sanitário que acabou provocando muitos recalques nas fundações e conseqüentemente desencadeando fissurações. Portanto, este empreendimento acabou descaracterizando-se dos demais. Assim, decidiu-se descartar os resultados do PAR 02 neste trabalho.

Conforme descrito no capítulo 4, seguindo o método proposto por RICHTER (2007), foram calculados os coeficientes CDU para cada empreendimento, separando-os inicialmente em faces internas e externas (tabela 04) e posteriormente para cada tipo e forma de manifestação.

Tabela 04: Coeficientes CDU por face e médio para os empreendimentos estudados.

Empreendimento	CDU por Face		CDU _{médio}
	CDU (face interna)	CDU (face externa)	
PAR -01	1,11	0,17	0,90
PAR -03	0,45	1,48	0,59
PAR -04	0,73	2,23	0,94
PAR -05	0,46	0,23	0,40
PAR -06	0,13	1,05	0,26
PAR -07	0,40	0,13	0,35
PAR -08	0,66	1,63	0,82
PAR -09	0,49	0,30	0,46
PAR -10	0,35	1,15	0,51
CDU_{médio}	0,52	0,70	0,55

OBS: O CDU_{médio} é coeficiente entre o somatório do número total de ocorrências de pelo somatório do número total de faces de paredes vistoriadas.

Através da análise de variância (ANOVA), tabela 05, dos coeficientes CDU referentes a cada empreendimento e a cada face (interna e externa), constatou-se que as diferenças entre os coeficientes CDU por empreendimento e por face podem ser consideradas significativas para um nível de significância de 95%.

Tabela 05: Análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidade habitacional por empreendimento e por face.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probabilidade	Significância
Empreendimento (A)	2,58	8	0,32	3,10	1,01E-02	S
Face (B)	0,71	1	0,71	6,78	1,37E-02	S
Erro	3,44	9	0,10			
Total	6,73	18				

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática Teste F: MQ/MQerro Probabilidade: distribuição F S: valor significativo
Se "probabilidade"<0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%).

O comparativo por face mostrou que a incidência de manifestações patológicas nas faces externas é aproximadamente 34,6% superior em relação às faces internas. Nota-se que é alta a diferença de incidência da face externa em relação à interna. Esta diferença é muito influenciada pelo fato de que no ambiente interno existem faces com menor probabilidade de ocorrência de manifestações patológicas, que são as paredes que dividem os ambientes. Isto está associado ao fato que elas recebem menor ação de intempéries como umidade e insolação, enquanto que as faces externas estão todas expostas. Desta forma, justifica-se o

valor mais elevado, visto que o cálculo do CDU é a razão do número de ocorrências de manifestações patológicas pelo número de faces de paredes,

Nas faces internas, os empreendimentos com os maiores coeficientes CDU foram o PAR-01 (1,11) e o PAR-04 (0,73), não apresentando diferença significativa entre eles. Já nas faces externas os empreendimentos com os maiores coeficientes CDU foram o PAR-04 (2,23) seguido do PAR-08 (1,63).

Analisando as características dos empreendimentos, não foi possível perceber a influência delas no CDU. Por exemplo, não se pôde afirmar que o CDU é maior em edificações térreas, assobradadas ou com mais de 2 pavimentos, ou ainda, que o CDU seja maior em edificações construídas com blocos cerâmicos, de concreto ou tijolos maciços.

Com relação à idade dos empreendimentos, notou-se que entre os empreendimentos com maiores coeficientes CDU tem-se tanto edificações com as menores idades (2 anos) quanto com as idades mais avançadas (5 a 7 anos), ou seja, não se pôde afirmar que a incidência de manifestações patológicas foi maior em edificações com idades mais avançadas ou vice versa.

Entretanto, percebeu-se que os empreendimentos localizados na região Metropolitana de Porto Alegre apresentaram os maiores valores de CDU, ou seja, maior incidência de manifestações patológicas. A razão para este fato não está comprovada, mas pode estar relacionada à mão-de-obra.

Visando verificar a incidência de manifestações patológicas na região de entorno às esquadrias, foram reunidos os percentuais referentes às ocorrências de manifestações atuantes nesta região e os referentes às manifestações incidentes em todas as demais regiões, como fissuras em encontro de paredes, umidade próxima à base, descolamentos do revestimento, dentre outros.

A tabela 06 apresenta um comparativo entre o percentual de ocorrências de manifestações atuantes na região de entorno às esquadrias, com relação a todas as demais regiões. Cabe ressaltar que a coluna “outros locais” na tabela 06 não inclui lajes e áreas de circulação, portanto restringindo-se às ocorrências nas faces internas e externas das paredes das unidades habitacionais vistoriadas em cada empreendimento.

Tabela 06: Comparativo do percentual de ocorrências de manifestações patológicas na região de entorno às esquadrias em relação aos demais locais, nos empreendimentos estudados (faces internas e externas).

INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS (%)									
EMPREEND.	ENTORNO ÀS ESQUADRIAS	OUTROS LOCAIS	CONSTRUTORA	CIDADE	UNID.	IDADE (ANOS)	PAV.	CARAC. GERAIS	CARAC. ESPEC.
PAR-01	52,2%	47,8%	A	Sapiranga	192	2	T+3	Alv. Estrutural em blocos cerâmicos	Peitoril: concreto Janela: aço
PAR-03	18,9%	81,1%	C	Novo Hamburgo	112	6	T+3	Alv. Estrutural em blocos de concreto	Peitoril: placas cer. Janela: aço
PAR-04	21,7%	78,3%	C	Novo Hamburgo	96	5	T+3	Alv. Estrutural em blocos de concreto	Peitoril: concreto Janela: aço
PAR-05	34,8%	65,2%	D	São Leopoldo	135	6	T+1	Alv. Portante de tijolos maciços	Peitoril: granito Janela: alumínio
PAR-06	52,0%	48,0%	E	Bagé	160	3	T+3	Alv. Estrutural em blocos cerâmicos	Peitoril: concreto Janela: alumínio
PAR-07	13,3%	86,7%	F	Caxias do Sul	240	1	T+4	Alv. Estrutural em blocos de concreto	Peitoril: concreto Janela: alumínio
PAR-08	24,0%	76,0%	G	Porto Alegre	120	2	T+1	Alv. Estrutural em blocos cerâmicos	Peitoril: basalto Janela: aço
PAR-09	41,7%	58,3%	H	Pelotas	136	4	T+3	Alv. Estrutural em blocos de concreto	Peitoril: concreto Janela: alumínio
PAR-10	29,7%	70,3%	E	Pelotas	160	4	T+3	Alv. Estrutural em blocos cerâmicos	Peitoril: concreto Janela: alumínio
GLOBAL	32,5%	67,5%							

Conforme exposto na tabela 08 percebe-se que o número de ocorrências de manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias representa um elevado percentual médio (32,5%). Ou seja, caso sejam solucionadas as causas das manifestações atuantes na região de entorno às esquadrias, espera-se que globalmente o número de ocorrências de manifestações patológicas incidentes nas faces internas e externas das paredes das U.H deste tipo de empreendimento sejam reduzidas nesta proporção.

Este percentual, representando aproximadamente 1/3 do total de manifestações patológicas é significativamente alto, justificando a necessidade de investimentos focados na solução de problemas atuantes exclusivamente na região de entorno às esquadrias.

Lizuka (2001) *apud* Geyer e Brandão (2007) afirma que segundo estudos realizados pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica do estado de São Paulo-IPT, 60% a 70% dos problemas de umidade devido à infiltração de água, originam-se nos envoltórios (janelas, portas, paredes e telhados) e que a idade da edificação agrava os problemas de umidade.

Segundo Bernardes (1998) *apud* Geyer e Brandão (2007), baseado num estudo de conformidade de esquadrias de alumínio, verificou que a má vedação é o principal defeito (23%), seguido respectivamente de problemas nos trincos e fechaduras (22%), dificuldade de deslizamento (19%), guarnições (17%), vibração (12%) e erro de esquadro (7%).

A figura 30 representa o agrupamento dos tipos de manifestações patológicas encontradas no levantamento e seu local de incidência, ou seja, separando os tipos em: fissura, umidade, descolamento e defeito em relação à planicidade; e os locais em: próximo à esquadria, isolado, generalizado, próximo ao encontro de paredes, próximo à laje (teto) e próximo à base.

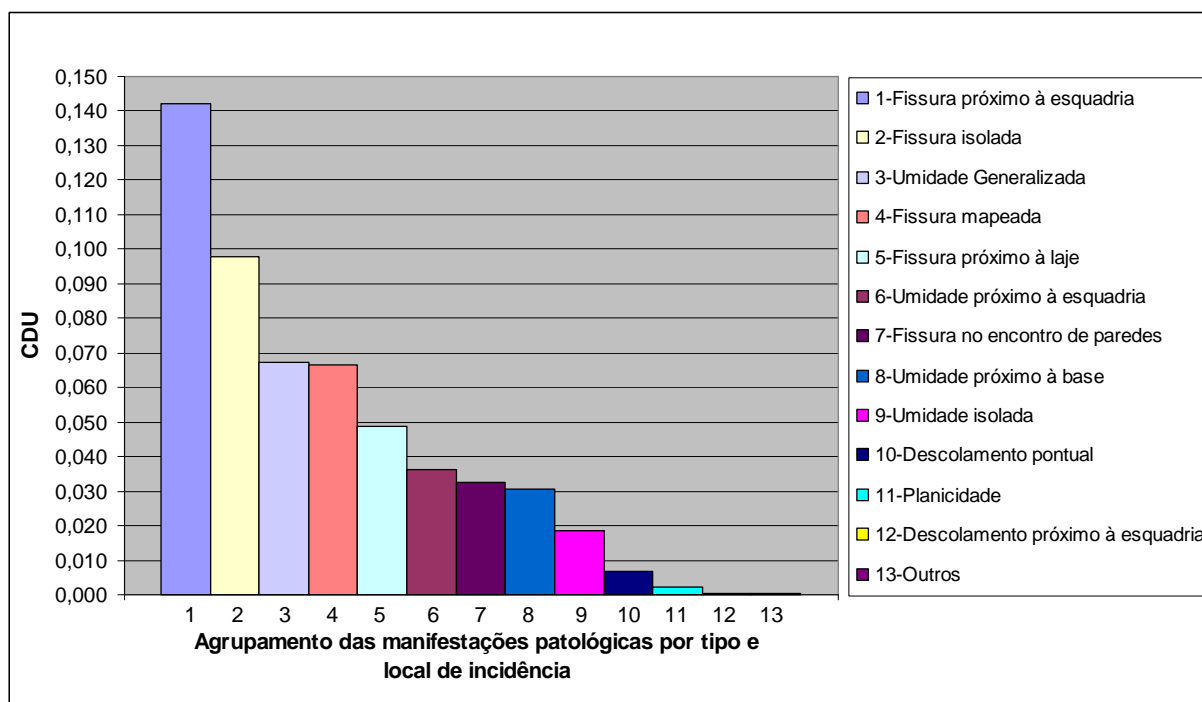


Figura 30: Coeficientes CDU para cada tipo de manifestação patológica e local de incidência.

O objetivo do comparativo é mostrar que no tipo de edificação em alvenaria modular objeto deste estudo, a região com a maior incidência de manifestações patológicas é a de entorno às esquadrias, e o tipo de manifestação com maior incidência é a fissura.

Verifica-se que a incidência de fissuras próximo às esquadrias (tipo de manifestação com maior CDU: 0,14) é 45% superior ao segundo tipo de manifestação patológica com maior incidência, a fissura isolada, seguida da umidade generalizada e fissura mapeada (sendo estas duas últimas sem diferença significativa entre elas).


































Após esta abordagem mais ampla com relação aos tipos e locais de incidência de cada manifestação, parte-se para análises mais detalhadas, com a separação das faces em internas e externas, bem como, para cada tipo de manifestação, o desmembramento de todas as formas (configurações) de manifestações encontradas.

5.1.1 Manifestações patológicas incidentes nas faces internas à edificação

Visando analisar as diferentes formas (configurações) de manifestações patológicas encontradas no levantamento, foram discriminados os coeficientes CDU por forma de manifestação, para cada empreendimento estudado, excluindo-se o PAR-02 (por apresentar resultados muito diferentes dos demais), sendo inicialmente apresentados os resultados referentes às faces internas das paredes das unidades habitacionais (conforme quadro 01).

No quadro 01 é apresentado o $CDU_{\text{médio}}$ por empreendimento, que é o quociente do somatório do número de ocorrências de manifestações patológicas (das faces internas) em cada empreendimento pelo somatório do número de faces de paredes internas de cada empreendimento; assim como o $CDU_{\text{médio}}$ de cada forma de manifestação é o quociente entre o somatório do número total de ocorrências (das faces internas) de cada forma de manifestação pelo somatório do número total de faces internas

Quadro 01: Coeficientes CDU por forma de manifestação patológica (faces internas).

		EMPREENDIMENTO										
M. PATOLÓG.	DESCRIÇÃO	PAR-01	PAR-03	PAR-04	PAR-05	PAR-06	PAR-07	PAR-08	PAR-09	PAR-10	CDU médio	
INCLINADA	 20-Fissura inclinada extr. sup. esquadria	0,014	0,007	0	0,010	0,002	0	0,007	0,005	0,018	0,007	
	 21-Fissura inclinada extr. inf. esquadria (janela)	0,002	0	0	0,007	0,002	0	0,003	0,025	0,020	0,007	
	 22-Fissura inclinada isolada.	0,002	0,010	0	0	0	0,010	0,043	0	0	0,007	
	 27-Fissura inclinada próxima ao teto.	0	0,003	0	0	0	0,003	0	0,005	0,009	0,003	
	 30-Fissura inclinada no encontro de paredes	0,007	0	0	0	0,002	0,003	0	0	0,002	0,002	
Total (fissuras inclinadas)											0,026	
HORIZONTAL	 13-Fiss. horiz. 1 fiada abaixo da esquadria (janela)	0,069	0,003	0,016	0	0,012	0	0	0,022	0,004	0,014	
	 24-Fiss. horiz. sob o peitoril	0,012	0,010	0,004	0	0,005	0,002	0,007	0,014	0,004	0,006	
	 2-Fiss. Horizontal isolada	0,052	0,020	0,036	0,111	0,017	0,042	0,087	0,011	0,013	0,040	
	 12-Fiss. horizontal próxima ao teto	0,024	0,007	0,008	0,056	0	0,024	0,013	0	0,009	0,016	
	 15-Fiss. Horiz. Extremidade sup. esquadria	0,045	0	0	0,021	0	0,003	0,013	0	0,002	0,009	
	 23-Fiss. Horiz a meia altura da esquadria	0,007	0,010	0,008	0,010	0	0	0,023	0	0,009	0,006	
	 28-Fiss. Horiz. extremidade inf. esquadria (janela)	0,007	0	0	0	0	0	0	0,008	0,004	0,002	
	 11-Fiss. Horiz. 1 fiada acima da esquadria	0,095	0,003	0,012	0,017	0	0,003	0,013	0,005	0,009	0,018	
Total (fissuras horizontais)											0,111	
HV	 5-Fiss. na Interface esquad./revestim.	0,090	0,023	0,024	0,028	0,017	0,021	0,053	0,030	0,022	0,034	
Total (fissuras horizontais/ verticais no contorno à esquadria)											0,034	
VERTICAL	 16-Fiss. Vert. extremidade inf. da esquadria (janela)	0,010	0,003	0,004	0	0	0,002	0	0,058	0,004	0,009	
	 18-Fiss. Vert. Extremidade sup. esquadria	0,017	0,003	0	0,003	0	0	0,033	0,008	0,009	0,008	
	 29-Fiss. Vert. Prox. ao meio do vão da esquadria	0,005	0	0,008	0	0	0	0,007	0	0	0,002	
	 19-Fiss. Vert. Sob o peitoril	0,002	0	0,028	0	0,007	0	0	0,022	0,013	0,007	
	 4-Fiss. vertical isolada	0,060	0,053	0,072	0,007	0,005	0,013	0,060	0,030	0,056	0,037	
	 10-Fiss. Vert. próximo ao teto.	0,081	0,003	0,008	0,003	0,007	0,002	0,060	0	0,031	0,022	
	 6-Fiss. Vert. no encontro de paredes	0,055	0,043	0,172	0	0,002	0	0,003	0,033	0,045	0,033	
Total (fissuras verticais)											0,118	
ESCALONADA	 33-Fiss. escalonada extr. inf. esquadria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 31-Fissura escalonada isolada	0,002	0	0	0	0	0,002	0,000	0	0	0,001	
	 26-Fiss. Escalonada no encontro de paredes	0	0	0,004	0	0	0,005	0	0,014	0	0,003	
Total (fissuras escalonadas)											0,004	
MAPEADA	 8-Fissura mapeada	0,076	0	0	0	0	0	0,200	0	0	0,027	
Total (fissuras mapeadas)											0,027	
DESC. PONTUAL	 32-Descolamento pontual próximo a esquadria	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0,001	
	 17-Descolamento pontual isolado	0	0	0	0,003	0	0,042	0	0	0	0,008	
Total (descolamentos pontuais)											0,009	
UMIDADE	 7-Umidade abaixo da esquadria (janela)	0,155	0,020	0,008	0,010	0,019	0,019	0	0,011	0,004	0,030	
	 14-Umidade acima da esquadria	0,048	0,007	0,032	0,024	0,010	0,003	0,003	0,005	0	0,013	
	 9-Umidade isolada	0,033	0,053	0,056	0,052	0,007	0,008	0,020	0,011	0	0,023	
	 3-Umidade próximo ao piso	0,036	0,007	0,024	0,097	0	0,030	0,010	0,069	0,060	0,037	
	 1-Umidade generalizada	0,102	0,160	0,208	0	0,014	0,152	0	0,102	0	0,082	
Total (umidades)											0,185	
PLANCIDADE	 25-Defeito de planicidade	0,002	0	0	0	0	0,014	0	0	0	0,003	
Total (defeitos de planicidade)											0,003	
CDU médio POR EMPREENDIMENTO		1,11	0,45	0,73	0,46	0,13	0,40	0,66	0,49	0,35	0,517	

Através da análise de variância (ANOVA), tabela 07, verifica-se que as diferenças entre os coeficientes CDU das formas de manifestações, apresentadas no quadro 01 podem ser consideradas significativas, tanto entre os empreendimentos quanto entre as formas de manifestações.

Tabela 07: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces internas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probabilidade	Significância
Empreendimento (A)	0,02	8	2,33E-03	3,31	1,28E-03	S
Forma de manifestação (B)	0,09	32	2,85E-03	4,05	1,30E-10	S
Erro	0,18	256	7,03E-04			
Total	0,29	296				

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática Teste F: MQ/MQerro Probabilidade: distribuição F S: Valor significativo
Se "probabilidade"<0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%).

Comparando os resultados entre as formas de manifestações, através da comparação múltipla de médias, utilizando os valores de $CDU_{\text{médio}}$, e considerando o limite de decisão em 3 vezes o desvio padrão (comumente utilizado), obteve-se o valor de 0,027 para este limite de decisão. Portanto, diferenças entre $CDU_{\text{médio}}$ superiores a 0,027 são consideradas significativas.

Verifica-se então, que nas faces internas da edificação, as manifestações patológicas predominantes são a umidade, fissuras horizontais e fissuras verticais, ambas com incidências estatisticamente iguais.

As formas de manifestações patológicas com maiores CDU (faces internas) foram a umidade generalizada (0,088), seguida num segundo patamar, sem diferença significativa entre elas a fissura isolada horizontal (0,04), umidade próximo ao piso (0,037), fissura isolada vertical (0,037), fissura na interface esquadria/revestimento (0,034), fissura vertical no encontro de paredes (0,033), umidade abaixo da esquadria (0,030), fissura mapeada (0,027), umidade isolada (0,023), fissura vertical próximo ao teto (0,022), fissura horizontal uma fiada acima da esquadria (0,018), fissura horizontal próximo ao teto (0,016) e fissura horizontal uma fiada abaixo da esquadria (0,014). Todas as demais manifestações ficam enquadradas num terceiro patamar sem diferença significativa entre elas. A figura 31 apresenta graficamente estes resultados.

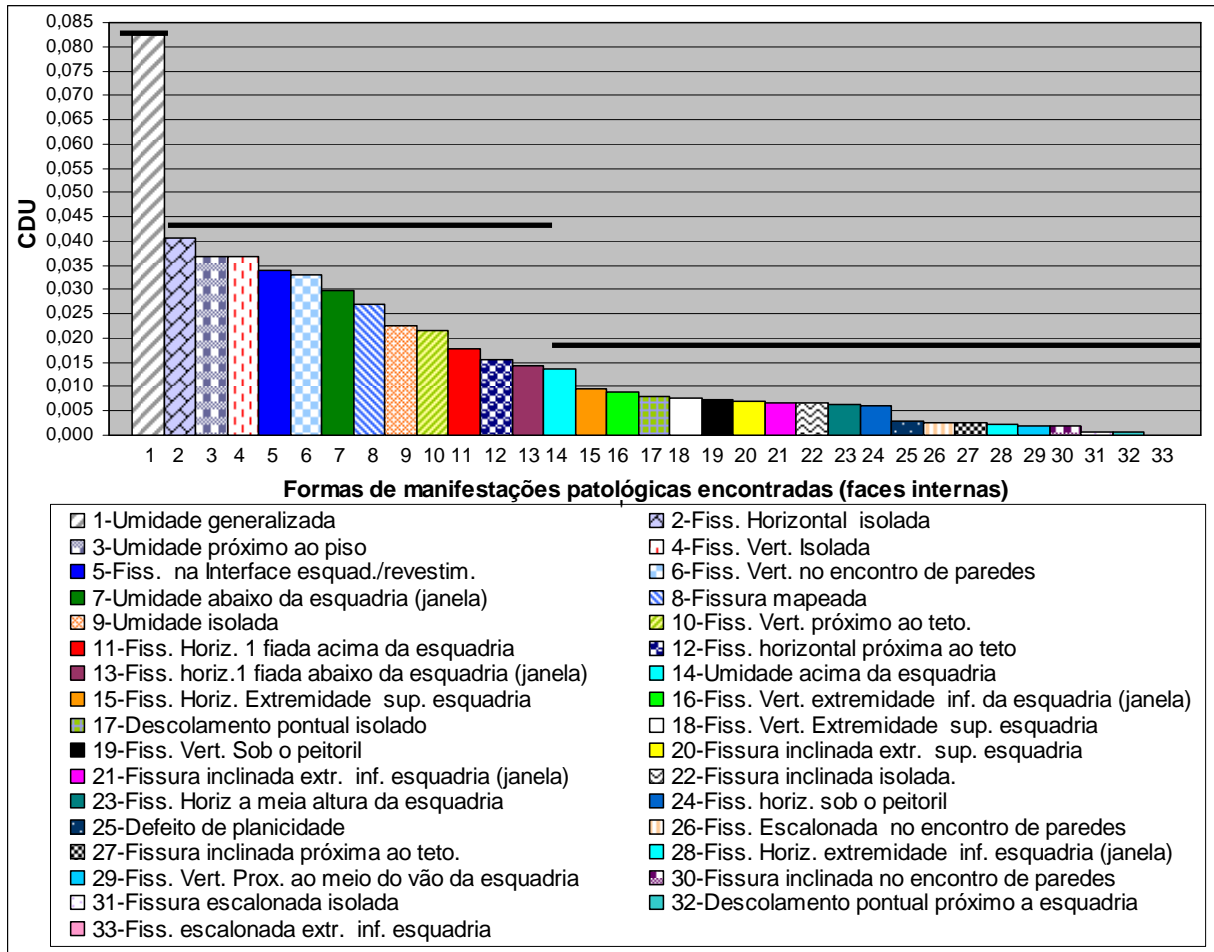


Figura 31: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ para cada forma de manifestação, incluindo todos os empreendimentos estudados (faces internas).

Na figura 31, os tipos de manifestações foram desmembradas de acordo com a sua forma (quadro 01), representando cada uma delas uma pequena parcela do total. Isto explica o fato de ter-se a umidade generalizada com CDU muito superior às demais, pois a esta manifestação não cabe o desmembramento. Através do comparativo da figura 31 foi possível verificar, para cada tipo de manifestação, quais as formas (configurações) com o maior CDU.

Visto que, conforme a análise de variância (tabela 07), as diferenças entre os coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ por empreendimento podem ser consideradas significativas, então, analisando-se os resultados através da comparação múltipla de médias, considerando o limite de decisão em 3 vezes o desvio padrão, obteve-se o valor de 0,014 para este limite de decisão.

Verificou-se que o empreendimento com o maior coeficiente CDU foi o PAR-01 (1,11), seguido do PAR-4 (0,73), PAR-8 (0,66), PAR-09 (0,49), PAR-05 (0,46), PAR-03 (0,45), PAR-07 (0,40), PAR-10 (0,35) e o PAR-06 (0,13). A diferença entre o CDU do PAR-05 e 03

não é considerada significativa para um nível de significância de 95%. Graficamente estas conclusões são apresentadas na figura 32.

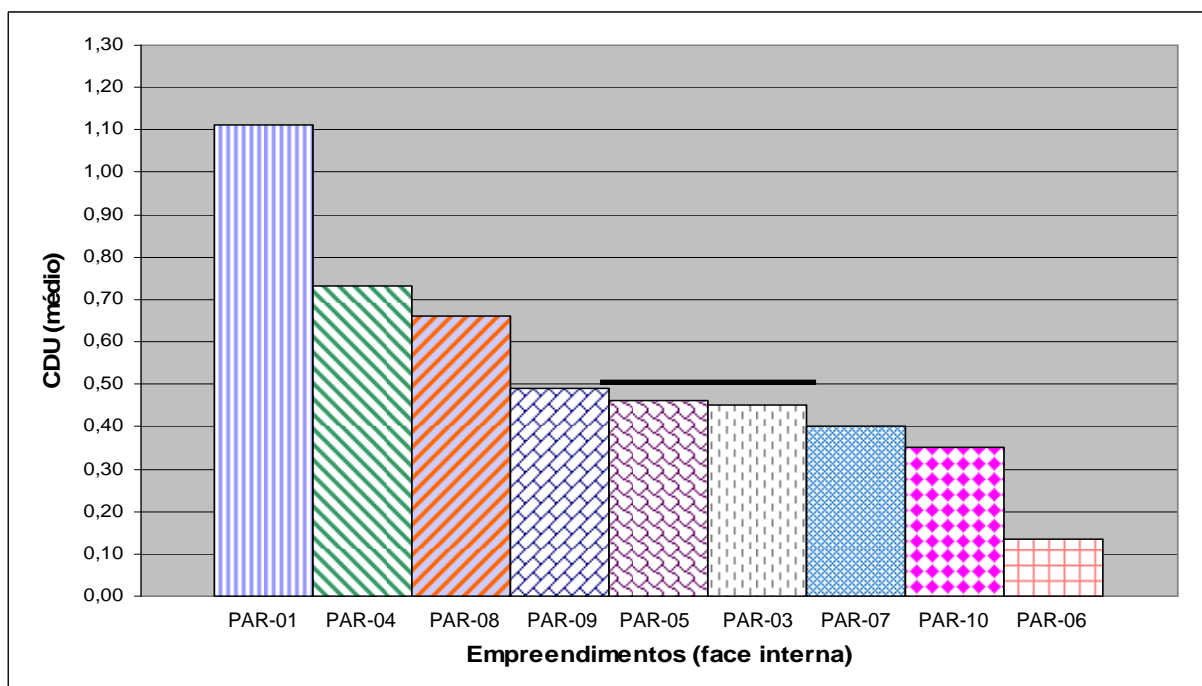



































Figura 32: Coeficientes $CDU_{médio}$ dos empreendimentos estudados (faces internas).

Nota-se que o PAR-01, que resultou no maior coeficiente $CDU_{médio}$ (figura 32), teve 52,2% das ocorrências de manifestações patológicas localizadas na região de entorno às esquadrias (conforme tabela 06). Entretanto, conforme já exposto na página 68, não se sabe as reais causas das diferenças de incidências de manifestações patológicas entre os empreendimentos.

Os coeficientes CDU para cada forma de manifestação patológica apresentados na figura 31 foram todos calculados pela razão entre o número de ocorrências e o número total de faces (internas), conforme o método de Richter (2007). Entretanto, ao comparar a incidência de manifestações no entorno às esquadrias com relação aos outros locais, questiona-se o fato de que elas só estão presentes em faces de paredes com esquadrias, enquanto que as demais podem ocorrer em todas as faces.

Frente a esta questão de diluição das ocorrências de manifestações de entorno às esquadrias, propõe-se uma segunda análise, através de uma adaptação ao método de Richter (2007). Ou seja, para as formas (configurações) de manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias propõe-se que no cálculo do CDU sejam contadas apenas as faces de paredes que possuam esquadrias. Utilizando este procedimento, apresentam-se no quadro 02 os coeficientes CDU por forma de manifestação patológica das faces internas.

Quadro 02: Coeficientes CDU (adaptação ao método) por forma de manifestação patológica (faces internas)

		EMPREENDIMENTO										
M. PATOLÓG.	DESCRIÇÃO	PAR-01	PAR-03	PAR-04	PAR-05	PAR-06	PAR-07	PAR-08	PAR-09	PAR-10	CDU médio	
INCLINADA	 20-Fissura inclinada extr. sup. esquadria	0,030	0,012	0	0,021	0,005	0	0,013	0,012	0,036	0,014	
	 21-Fissura inclinada extr. inf. esquadria	0,005	0	0	0,014	0,005	0	0,007	0,054	0,040	0,014	
	 22-Fissura inclinada isolada.	0,002	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,043	0,000	0,000	0,007	
	 27-Fissura inclinada próxima ao teto.	0	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,005	0,009	0,003	
	 30-Fissura inclinada no encontro de paredes	0,007	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,002	0,002	
Total (fissuras inclinadas)											0,040	
HORIZONTAL	 13-Fiss. horiz. 1 fiada abaixo da esquadria	0,145	0,006	0,029	0	0,026	0	0	0,048	0,009	0,029	
	 24-Fiss. horiz. sob o peitoril	0,025	0,018	0,007	0	0,010	0,003	0,013	0,030	0,009	0,013	
	 2-Fiss. Horizontal isolada	0,052	0,020	0,036	0,111	0,017	0,042	0,087	0,011	0,013	0,040	
	 12-Fiss. horizontal próxima ao teto	0,024	0,007	0,008	0,056	0,000	0,024	0,013	0,000	0,009	0,016	
	 15-Fiss. Horiz. Extremidade sup. esquadria	0,095	0	0	0,042	0	0,007	0,027	0	0,004	0,019	
	 23-Fiss. Horiz a meia altura da esquadria	0,015	0,018	0,014	0,021	0	0	0,047	0	0,018	0,013	
	 28-Fiss. Horiz. extremidade inf. esquadria	0,015	0	0	0	0	0	0	0,018	0,009	0,005	
	 11-Fiss. Horiz. 1 fiada acima da esquadria	0,200	0,006	0,021	0,035	0	0,007	0,027	0,012	0,018	0,036	
Total (fissuras horizontais)											0,171	
HV	 5-Fiss. na Interface esquad./revestim.	0,190	0,042	0,043	0,056	0,036	0,045	0,107	0,065	0,045	0,069	
Total (fissuras horizontais/ verticais no contorno à esquadria)											0,069	
VERTICAL	 16-Fiss. Vert. Extremidade inf. esquadria	0,020	0,006	0,007	0	0	0,003	0	0,125	0,009	0,018	
	 18-Fiss. Vert. Extremidade sup. esquadria	0,035	0,006	0	0,007	0	0	0,067	0,018	0,018	0,016	
	 29-Fiss. Vert. Prox. ao meio do vão da esquadria	0,010	0	0,014	0	0	0	0,013	0	0	0,004	
	 19-Fiss. Vert. Sob o peitoril	0,005	0	0,050	0	0,016	0	0	0,048	0,027	0,015	
	 4-Fiss. Vert. Isolada	0,060	0,053	0,072	0,007	0,005	0,013	0,060	0,030	0,056	0,037	
	 10-Fiss. Vert. próximo ao teto.	0,081	0,003	0,008	0,003	0,007	0,002	0,060	0,000	0,031	0,022	
	 6-Fiss. Vert. no encontro de paredes	0,055	0,043	0,172	0,000	0,002	0,000	0,003	0,033	0,045	0,033	
Total (fissuras verticais)											0,143	
ESCALONADA	 33-Fiss. escalonada extr. inf. esquadria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 31-Fissura escalonada isolada	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	
	 26-Fiss. Escalonada no encontro de paredes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	
Total (fissuras escalonadas)											0,003	
MAPEADA	 8-Fissura mapeada	0,076	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000	0,027	
Total (fissuras mapeadas)											0,027	
DESC. PONTUAL	 32-Descolamento pontual próximo a esquadria	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	
	 17-Descolamento pontual isolado	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,008	
Total (descolamentos pontuais)											0,009	
UMIDADE	 7-Umidade abaixo da esquadria	0,325	0,036	0,014	0,021	0,042	0,042	0	0,024	0,009	0,061	
	 14-Umidade acima da esquadria	0,100	0,012	0,057	0,049	0,021	0,007	0,007	0,012	0	0,027	
	 9-Umidade isolada	0,033	0,053	0,056	0,052	0,007	0,008	0,020	0,011	0,000	0,023	
	 3-Umidade próximo ao piso	0,036	0,007	0,024	0,097	0,000	0,030	0,010	0,069	0,060	0,037	
	 1-Umidade generalizada	0,102	0,160	0,208	0,000	0,014	0,152	0,000	0,102	0,000	0,082	
Total (umidades)											0,230	
PLANEJAMENTO	 25-Defeito de planicidade	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,003	
Total (defeitos de planicidade)											0,003	
CDU médio POR EMPREENDIMENTO		1,75	0,52	0,85	0,59	0,23	0,46	0,82	0,74	0,48	0,696	

Através da análise de variância (tabela 08) dos dados que originaram o quadro 02, verifica-se que as diferenças entre os coeficientes CDU das formas de manifestações, podem ser consideradas significativas.

Tabela 08: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces internas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probabilidade	Significância
Empreendimento (A)	0,05	8	5,71E-03	4,81	1,57E-05	S
Forma de manifestação (B)	0,12	32	3,73E-03	3,14	2,32E-07	S
Erro	0,30	256	1,19E-03			
Total	0,47	296				

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática Teste F: MQ/MQerro Probabilidade: distribuição F S: Valor significativo
Se “probabilidade” < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%).

Considerando o mesmo limite de decisão adotado anteriormente (3 vezes o desvio padrão), tem-se que diferenças superiores a 0,034 são significativas para um nível de significância de 95%. Na figura 33 tem-se graficamente estes resultados.

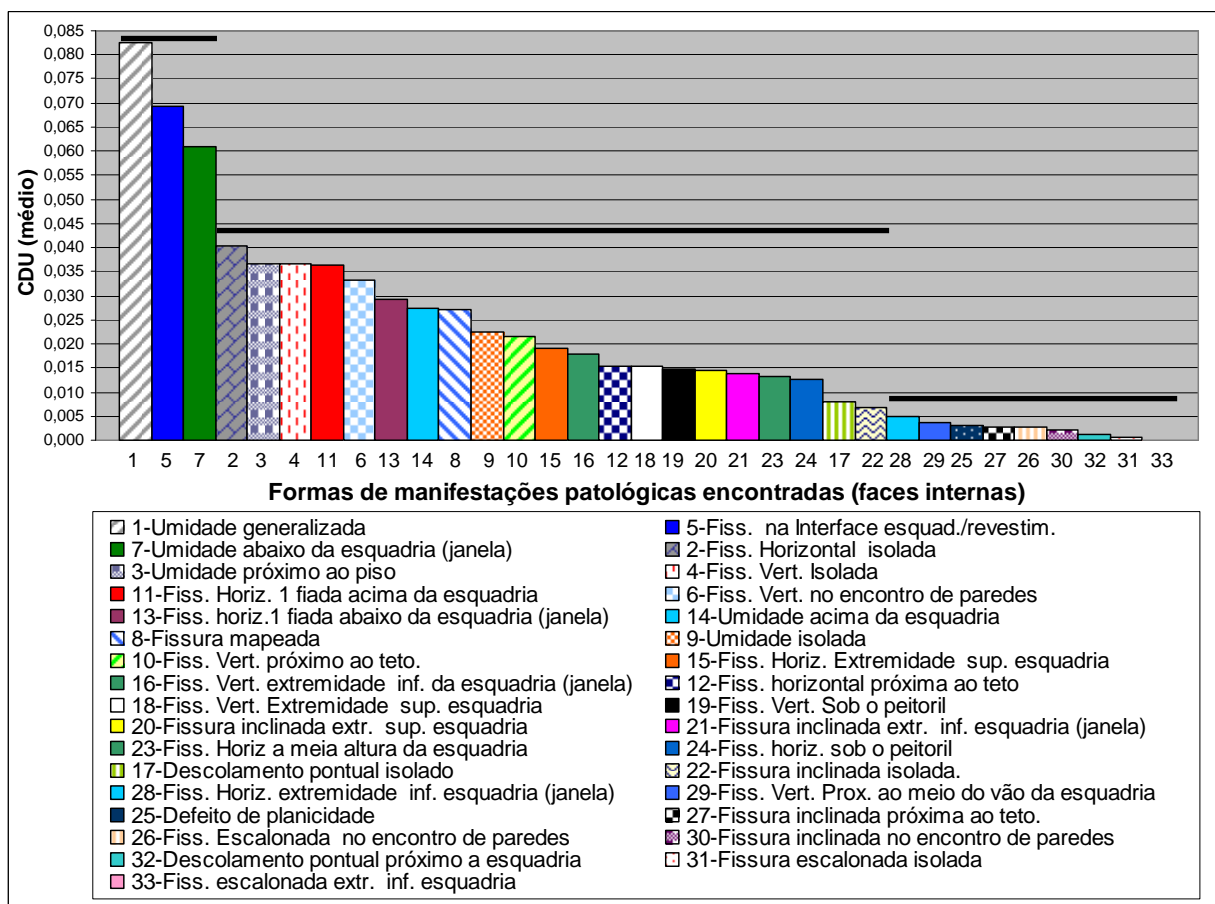


Figura 33: Coeficientes $CDU_{médio}$ (faces internas) para cada forma de manifestação, considerando no cálculo do CDU das manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias apenas as faces de paredes com esquadrias, e mantendo-se inalterados os valores de CDU referentes às demais formas de manifestações.

Desta forma, verifica-se que as manifestações com maior incidência na face interna são umidade generalizada (0,082), fissuras na interface esquadria/revestimento (0,069) e umidade abaixo da esquadria (0,061), estando estas três situadas no mesmo patamar, não apresentando diferença significativa entre elas. Em seguida, num segundo patamar tem-se 21 configurações nele enquadradas sem diferença significativa entre elas, sendo 11 ligadas às esquadrias (figura 33). No terceiro patamar enquadram-se o restante. Nesta análise chega-se a um CDU de 0,696 para as faces internas e reunindo todas as configurações incidentes na região de entorno às esquadrias tem-se um CDU de 0,354.

Comparando-se estes resultados da figura 33, com os resultados da figura 31, percebe-se que os valores de CDU referentes às formas de manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias praticamente dobram. Isso acontece porque o número de faces com esquadrias representa praticamente 50% do total do número de faces internas. Assim, na análise anterior (figura 31), a umidade generalizada mostrava-se como a configuração com o maior CDU, enquanto que neste momento, considerando no cálculo do CDU das manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias apenas a contagem das faces com esquadrias; tem-se a umidade generalizada juntamente com a fissura na interface esquadria/revestimento e umidade abaixo da janela, como sendo as configurações com os maiores coeficientes CDU, situadas no mesmo patamar, ou seja, incidências estatisticamente iguais.

Especificamente com relação às manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias tem-se a fissura na interface esquadria/revestimento e a umidade abaixo da janela com os maiores coeficientes CDU. Em seguida, com incidências estatisticamente iguais tem-se: fissura horizontal uma fiada acima da esquadria, fissura horizontal uma fiada abaixo da janela, umidade acima da esquadria, fissura horizontal na extremidade superior da esquadria, fissura vertical na extremidade inferior da esquadria, fissura vertical na extremidade superior da esquadria, fissura vertical sob o peitoril, fissura inclinada na extremidade superior da esquadria, fissura inclinada na extremidade inferior da esquadria, fissura horizontal a meia altura da esquadria e fissura horizontal sob o peitoril. As configurações com as menores incidências foram: fissura horizontal na extremidade inferior da esquadria, fissura vertical próximo ao meio do vão da esquadria, descolamento pontual próximo à esquadria e fissura escalonada na extremidade inferior da esquadria.


































Assim, constata-se que a incidência de manifestações patológicas (faces internas) na região de entorno às esquadrias é tão alta quanto a incidência de manifestações atuantes nos demais

pontos da edificação que costumam apresentar as maiores incidências de manifestações patológicas.

5.1.2 Manifestações patológicas incidentes nas faces externas da edificação

O mesmo procedimento com relação aos dados foi adotado para as faces externas, discriminando os coeficientes CDU por forma de manifestação, para cada empreendimento separadamente e ainda fornecendo o CDU médio, conforme apresentado no quadro 03.

Quadro 03: Coeficientes CDU por forma de manifestação patológica (faces externas).

		EMPREENDIMENTO										CDU médio
M. PATOLÓG.	DESCRIÇÃO	PAR-01	PAR-03	PAR-04	PAR-05	PAR-06	PAR-07	PAR-08	PAR-09	PAR-10		
INCLINADA	 20-Fissura inclinada extr. sup. esquadria	0	0	0	0,010	0	0	0,050	0	0,009	0,007	
	 21-Fissura inclinada extr. inf. esquadria	0	0	0	0,010	0,078	0	0,033	0,012	0,045	0,018	
	 28-fissura inclinada isolada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 33-Fissura inclinada próxima ao teto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 30-Fissura inclinada no encontro de paredes	0	0,021	0	0,010	0	0	0,017	0	0,009	0,005	
Total (fissuras inclinadas)											0,030	
HORIZONTAL	 10-Fissura horizontal 1 fiada abaixo da janela	0,033	0	0,125	0	0,016	0	0,033	0	0,018	0,018	
	 7-Fissura horizontal sob o peitoril	0	0,104	0,025	0,021	0,016	0	0,050	0	0,054	0,023	
	 13-Fissura horizontal extr. Supeior da esquadria	0	0	0,000	0,042	0	0	0,067	0	0,018	0,013	
	 3-Fissura horizontal isolada	0,033	0,333	0,250	0,010	0,047	0	0,183	0	0,080	0,070	
	 11-Fiss. Horiz. a meia altura da esquadria	0,025	0	0	0	0,016	0	0,067	0	0,045	0,017	
	 12-Fiss horiz. Extremidade inf. à janela	0,033	0	0,025	0	0,031	0	0	0,024	0,027	0,016	
	 18-Fiss horiz. 1 fiada acima da esquadria	0	0	0	0,021	0	0	0,017	0	0	0,004	
	 6-Fiss. Horizontal próximo ao teto.	0,033	0,375	0	0	0	0	0,033	0	0	0,031	
Total (fissuras horizontais)											0,193	
H / V	 8-Fissura na interface esquadria/revestimento	0	0,083	0,000	0,042	0,000	0,021	0,017	0	0,027	0,020	
Total (fissuras horizontais/ verticais no contorno à esquadria)											0,020	
VERTICAL	 14-Fissura vertical extr. Inferior da janela	0	0	0,025	0	0,047	0	0	0,036	0,009	0,010	
	 20-Fissura vertical extr. Superior da esquadria	0	0	0	0	0	0	0,033	0	0	0,003	
	 25-Fissura vertical meio do vão da esquadria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 5-Fissura vertical sob o peitoril	0	0,063	0,350	0	0,250	0	0	0,012	0,009	0,046	
	 2-Fissura vertical isolada	0	0,271	0,375	0	0,297	0	0,033	0,214	0	0,087	
	 4-Fissura vertical próximo ao teto	0,008	0	0,800	0	0,172	0	0	0	0	0,057	
	 19-Fissura vertical no encontro de paredes	0	0	0	0	0	0	0,050	0	0	0,004	
Total (fissuras verticais)											0,207	
ESCALONADA	 24-Fissura escalonada extr. Inf. da janela	0	0	0,025	0	0	0	0	0	0	0,001	
	 26-Fissura escalonada isolada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 29-Fissura escalonada no encontro de paredes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Total (fissuras escalonadas)											0,001	
MAPEADA	 1-Fissura mapeada	0	0,229	0,225	0	0,047	0,111	0,950	0	0,804	0,242	
Total (fissuras mapeadas)											0,242	
DESC. PONTUAL	 27-Descolamento pontual próximo à esquadria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 22-Descolamento pontual isolado	0	0	0	0,010	0	0	0	0	0	0,001	
Total (descolamentos pontuais)											0,001	
UMIDADE	 23-Umidade abaixo da esquadria	0	0	0	0,021	0	0	0	0	0	0,003	
	 21-Umidade acima da esquadria	0	0	0	0	0,031	0	0	0	0	0,003	
	 30-Umidade isolada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
	 17-Umidade próximo ao piso	0	0	0	0,031	0	0	0	0	0	0,004	
	 32-Umidade generalizada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Total (umidades)											0,009	
PLANICIDADE	 31-Defeito de planicidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Total (defeitos de planicidade)											0,000	
CDU médio POR EMPREENDIMENTO		0,17	1,48	2,23	0,23	1,05	0,13	1,63	0,30	1,15	0,703	

Através da análise de variância (ANOVA), tabela 09, verifica-se que as diferenças entre os coeficientes CDU das formas de manifestações, apresentadas no quadro 03 podem ser consideradas significativas, tanto entre os empreendimentos quanto entre as formas de manifestações. Nesta análise de variância desconsideraram-se os resultados do PAR-02 por apresentar valores com discrepância.

Tabela 09: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces externas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probabilidade	Significância
Empreendimento (A)	0,14	8	1,760E-02	2,15	3,159E-02	S
Forma de manifestação (B)	0,85	32	2,665E-02	3,26	8,891E-08	S
Erro	2,09	256	8,176E-03			
Total	3,09	296				

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática Teste F: MQ/MQerro Probabilidade: distribuição F S: Valor significativo
Se “probabilidade” < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%).

Analisando os resultados entre as formas de manifestações, através da comparação múltipla de médias, e considerando o limite de decisão em 3 vezes o desvio padrão, obteve-se o valor de 0,09 para este limite de decisão. Portanto, diferenças entre $CDU_{\text{médio}}$ superiores a 0,065 são consideradas significativas.

Assim, verifica-se que o maior coeficiente CDU foi a fissura mapeada (0,242). Num segundo patamar (sem diferenças significativas), tem-se agrupadas a fissura vertical isolada (0,087), fissura horizontal isolada (0,070), fissura vertical próximo ao teto (0,057), fissura vertical sob o peitoril (0,046), fissura horizontal próximo ao teto (0,031) e fissura horizontal sob o peitoril (0,023). E enquadradas no terceiro patamar também sem diferenças significativas tem-se todas as demais, conforme o gráfico da figura 34.

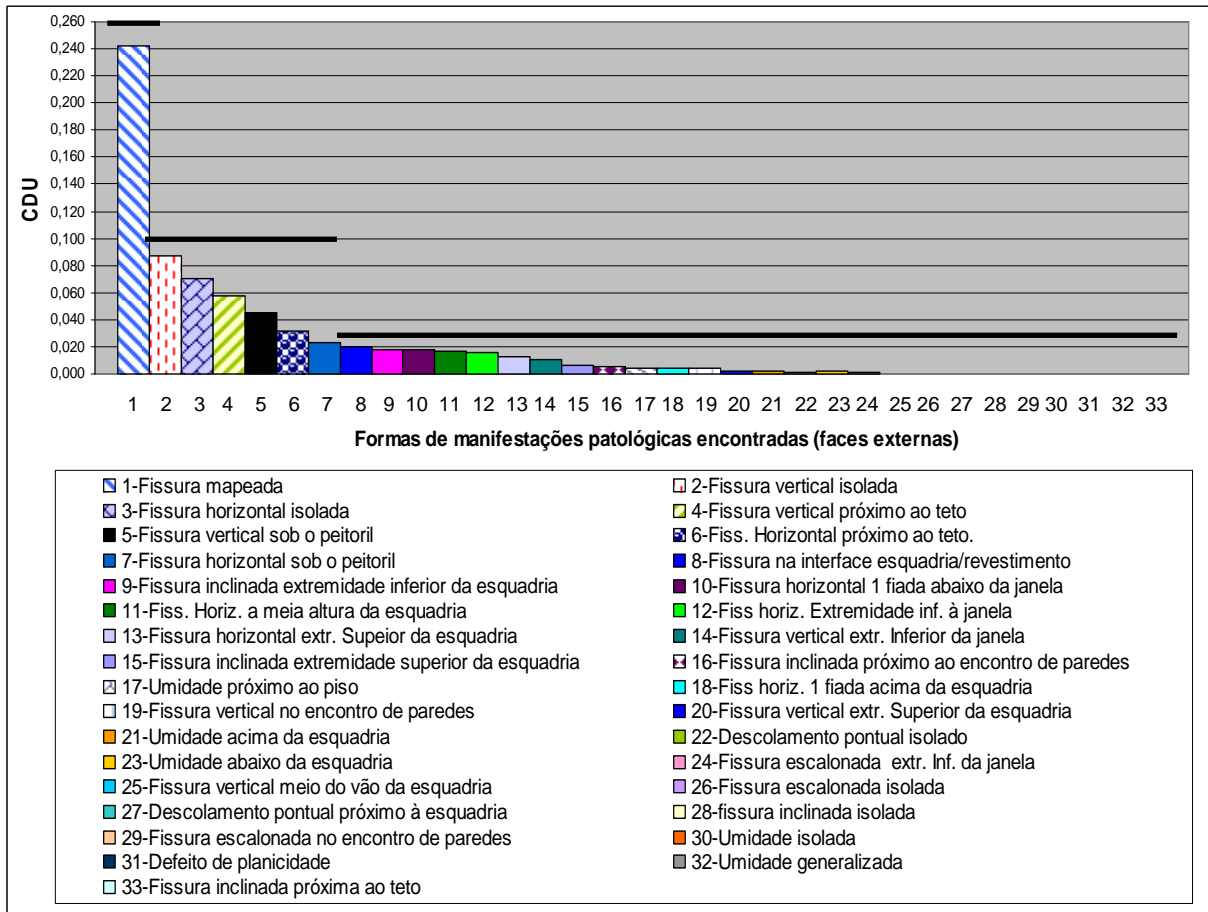


Figura 34: Coeficientes $CDU_{médio}$ para cada forma de manifestação, incluindo todos os empreendimentos estudados (faces externas).

Diferentemente do que ocorreu com as faces internas em que a umidade generalizada foi a manifestação patológica com o maior CDU; nas faces externas não foi detectada umidade generalizada, resultando $CDU=0,00$. Isto está associado ao fato de as faces externas receberem insolação direta. Por exemplo, num caso em que é detectado na face interna da parede uma mancha de umidade generalizada, pode ocorrer de na face externa desta mesma parede a mancha não existir, por já ter sido eliminada a umidade do revestimento externo pela ação do sol, portanto, não sendo mais visível. Ressalta-se que durante a aplicação da ferramenta de coleta de dados, as paredes externas de cada unidade habitacional eram vistoriadas pelas janelas, portanto, com o observador estando próximo à face da parede.

Neste comparativo das formas de manifestações incidentes nas faces externas percebeu-se que as manifestações atuantes na região de entorno às esquadrias não estão entre as manifestações com os maiores coeficientes CDU.

Analisando os resultados entre os empreendimentos, através da comparação múltipla de médias, obteve-se o valor de 0,047 para o limite de decisão. Desta forma, diferenças entre coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ por empreendimento superiores a 0,047 são consideradas significativas.

Portanto verifica-se que o empreendimento com maior coeficiente CDU foi o PAR-04 (2,23) seguido do PAR-08 (1,63), PAR-03 (1,48), PAR-10 (1,15), PAR-06 (1,05), PAR-09 (0,3) e o PAR-05 (0,23). Já o PAR-01 e PAR-07 com CDU de 0,17 e 0,23, não apresentaram diferença significativa entre eles. Na figura 35 são transcritos graficamente estes resultados.

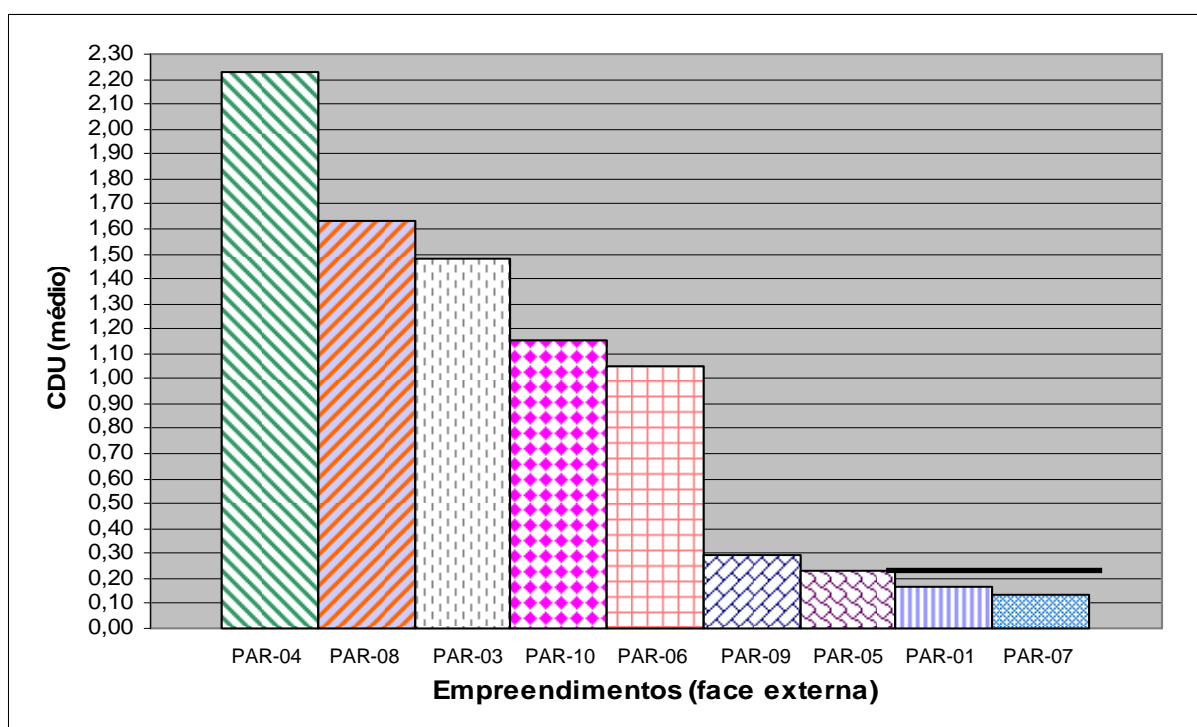


Figura 35: Coeficientes $CDU_{\text{médio}}$ dos empreendimentos estudados (faces externas).

Nas faces internas o PAR-01 apresentou o maior CDU em relação aos demais empreendimentos. Já nas faces externas o PAR-01 (juntamente com o PAR-07) apresentou o menor CDU. Assim conclui-se que, pelo menos neste empreendimento, a maioria das manifestações patológicas incidentes nas faces internas não se transmitem às faces externas. O mesmo não se pode afirmar em relação ao PAR-04 que foi um dos empreendimentos com o maior CDU, tanto na face interna quanto na externa.

Adotando o mesmo procedimento anteriormente utilizado para as faces internas, ou seja, para as formas (configurações) de manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias, considerando-se no cálculo do CDU apenas as faces de paredes que possuam esquadrias, enquanto que as outras formas de manifestações não ligadas às esquadrias permanecendo inalteradas, têm-se no quadro 04 os resultados desta consideração.

Quadro 04: Coeficientes CDU (adaptação ao método) por forma de manifestação patológica (faces externas).

M. PATOLÓG.		DESCRIÇÃO	EMPREENDIMENTO									CDU médio
			PAR-01	PAR-03	PAR-04	PAR-05	PAR-06	PAR-07	PAR-08	PAR-09	PAR-10	
INCLINADA		20-Fissura inclinada extr. sup. esquadria	0	0	0	0,021	0	0	0,100	0	0,016	0,012
		21-Fissura inclinada extr. inf. esquadria	0	0	0	0,021	0,156	0	0,067	0,024	0,078	0,034
		28-fissura inclinada isolada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
		33-Fissura inclinada próxima ao teto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
		30-Fissura inclinada no encontro de paredes	0	0,021	0	0,010	0	0	0,017	0	0,009	0,005
Total (fissuras inclinadas)											0,051	
HORIZONTAL		10-Fissura horizontal 1 fiada abaixo da janela	0,067	0	0,167	0	0,031	0	0,067	0	0,031	0,034
		7-Fissura horizontal sob o peitoril	0	0,139	0,033	0,042	0,031	0	0,100	0	0,094	0,043
		13-Fissura horizontal extr. Supeior da esquadria	0	0	0,000	0,083	0	0	0,133	0	0,031	0,024
		3-Fissura horizontal isolada	0,033	0,333	0,250	0,010	0,047	0	0,183	0	0,080	0,070
		11-Fiss. Horiz. a meia altura da esquadria	0,050	0	0	0	0,031	0	0,133	0	0,078	0,031
		12-Fiss horiz. Extremidade inf. à janela	0,067	0	0,033	0	0,063	0	0	0,048	0,047	0,029
		18-Fiss horiz. 1 fiada acima da esquadria	0	0	0	0,042	0	0	0,033	0	0	0,007
		6-Fiss. Horizontal próximo ao teto.	0,033	0,375	0	0	0	0	0,033	0	0	0,031
Total (fissuras horizontais)											0,271	
H / V		8-Fissura na interface esquadria/revestimento	0	0,111	0,000	0,083	0,000	0,042	0,033	0	0,047	0,036
Total (fissuras horizontais/ verticais no contorno à esquadria)											0,036	
VERTICAL		14-Fissura vertical extr. Inferior da janela	0	0	0,033	0	0,094	0	0	0,071	0,016	0,019
		20-Fissura vertical extr. Superior da esquadria	0	0	0	0	0	0	0,067	0	0	0,005
		25-Fissura vertical meio do vão da esquadria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
		5-Fissura vertical sob o peitoril	0	0,083	0,467	0	0,500	0	0	0,024	0,016	0,085
		2-Fissura vertical isolada	0	0,271	0,375	0	0,297	0	0,033	0,214	0	0,087
		4-Fissura vertical próximo ao teto	0,008	0	0,800	0	0,172	0	0	0	0	0,057
		19-Fissura vertical no encontro de paredes	0	0	0	0	0	0	0,050	0	0	0,004
Total (fissuras verticais)											0,257	
ESCALONADA		24-Fissura escalonada extr. Inf. da janela	0	0	0,033	0	0	0	0	0	0	0,002
		26-Fissura escalonada isolada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
		29-Fissura escalonada no encontro de paredes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Total (fissuras escalonadas)											0,002	
MAPEADA		1-Fissura mapeada	0	0,229	0,225	0	0,047	0,111	0,950	0	0,804	0,242
Total (fissuras mapeadas)											0,242	
DESC. PONTUAL		27-Descolamento pontual próximo à esquadria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
		22-Descolamento pontual isolado	0	0	0	0,010	0	0	0	0	0	0,001
Total (descolamentos pontuais)											0,001	
UMIDADE		23-Umidade abaixo da esquadria	0	0	0	0,042	0	0	0	0	0	0,005
		21-Umidade acima da esquadria	0	0	0	0	0,063	0	0	0	0	0,005
		30-Umidade isolada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
		17-Umidade próximo ao piso	0	0	0	0,031	0	0	0	0	0	0,004
		32-Umidade generalizada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Total (umidades)											0,014	
PLANI CIDAD E		31-Defeito de planicidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Total (defeitos de planicidade)											0,000	
CDU POR EMPREENDIMENTO			0,26	1,56	2,42	0,40	1,53	0,15	2,00	0,38	1,35	0,875

Através da análise de variância (tabela 10) dos dados do quadro 04, verifica-se que as diferenças entre os coeficientes CDU das formas de manifestações, podem ser consideradas significativas.

Tabela 10: Análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU (faces externas) referentes a cada forma de manifestação patológica de cada empreendimento estudado.

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F	Probabilidade	Significância
Empreendimento (A)	0,17	8	2,129E-02	2,31	2,097E-02	S
Forma de manifestação (B)	0,89	32	2,786E-02	3,02	6,275E-07	S
Erro	2,37	257	9,225E-03			
Total	3,43	297				

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática Teste F: MQ/MQerro Probabilidade: distribuição F S: Valor significativo
Se “probabilidade” < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%).

Considerando o mesmo limite de decisão adotado anteriormente (3 vezes o desvio padrão), tem-se que diferenças (entre os valores de CDU por forma de manifestação) superiores a 0,07 são consideradas significativas para um nível de significância de 95%.

Assim, verifica-se que a forma de manifestação com a maior incidência na face externa foi a fissura mapeada (0,24). Num segundo patamar (sem diferença significativa entre ambas) tem-se a fissura vertical isolada (0,087), fissura vertical sob o peitoril (0,085), fissura horizontal isolada (0,07), fissura vertical próximo ao teto (0,057), fissura horizontal sobre o peitoril (0,043), fissura na interface esquadria/revestimento (0,036), fissura inclinada na extremidade inferior da esquadria (0,034), fissura horizontal uma fiada abaixo da janela (0,034), fissura horizontal a meia altura da esquadria (0,031), fissura horizontal próximo ao teto (0,031), fissura horizontal na extremidade inferior da janela (0,029), fissura horizontal na extremidade superior da esquadria (0,024), fissura vertical na extremidade inferior da janela (0,019). Todas as demais configurações ficam enquadradas num terceiro patamar, sem diferenças significativas entre elas, conforme gráfico da figura 36. Nesta análise chega-se a um CDU de 0,875 para as faces externas e reunindo todas as configurações incidentes na região de entorno às esquadrias tem-se um CDU de 0,372.

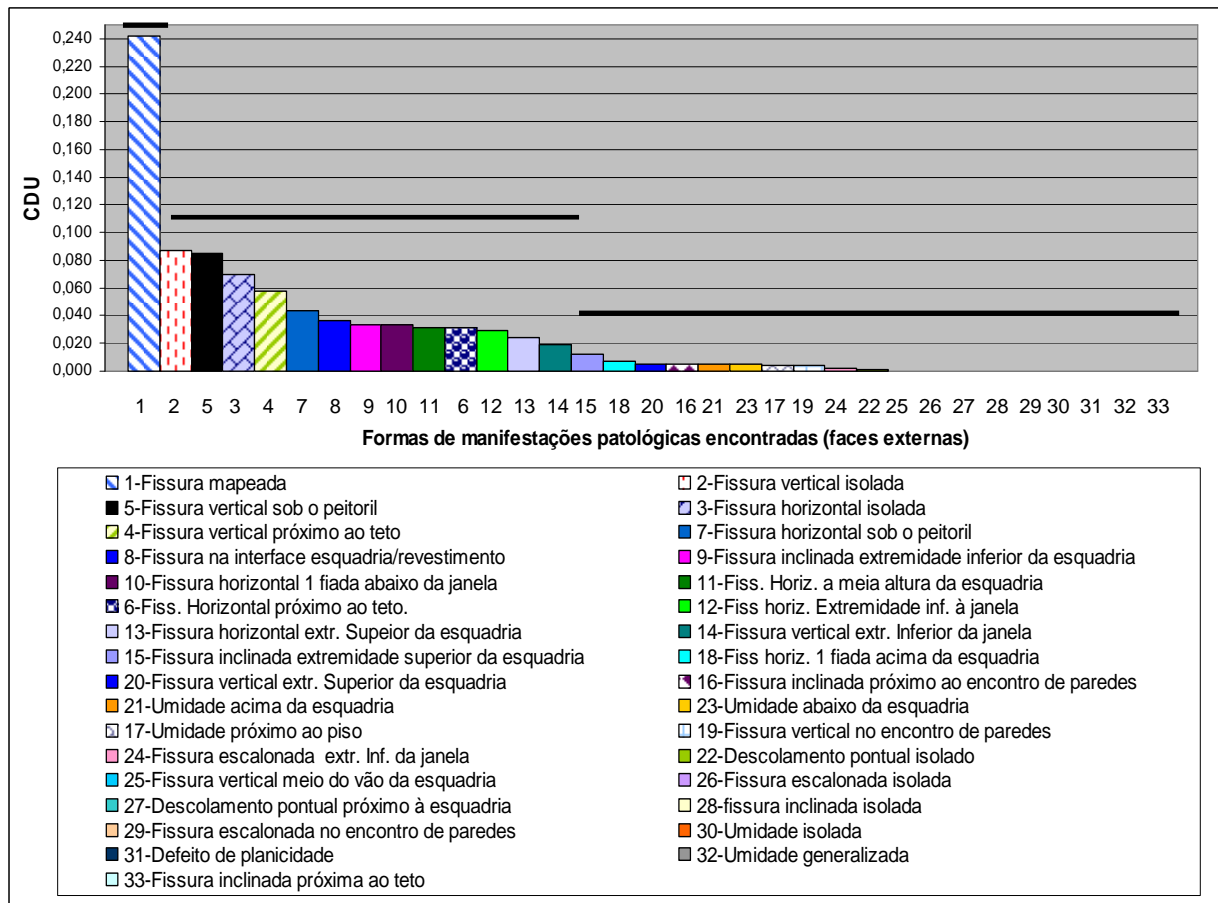


Figura 36: Coeficientes $CDU_{médio}$ (faces externas) para cada forma de manifestação, considerando no cálculo do CDU das manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias apenas as faces de paredes com esquadrias, e mantendo-se inalterados os valores de CDU referentes às demais formas de manifestações.

Comparando-se estes resultados da figura 36, com os resultados da figura 34, percebe-se que os valores de CDU referentes às formas de manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias praticamente dobram. Isso acontece também pelo fato de o número de faces com esquadrias representar praticamente 50% do total do número de faces externas. Assim, conclui-se a manifestação com o maior CDU nas faces externas é a fissura mapeada, entretanto, num segundo patamar, diferentemente do que se tinha concluído na análise da figura 34, ou seja, agora considerando no cálculo das manifestações ligadas às esquadrias, apenas as faces de paredes com esquadrias no cálculo do CDU, tem-se um segundo patamar com nove manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias e apenas quatro manifestações incidentes em outros locais.

Nota-se, portanto, que nas faces externas o número de configurações de manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias representa 64% entre as configurações com os maiores CDU.

Especificamente com relação às manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias tem-se, com incidências estatisticamente iguais, a fissura vertical sob o peitoril, fissura horizontal isolada, fissura horizontal sobre o peitoril, fissura na interface esquadria/revestimento, fissura inclinada na extremidade inferior da esquadria, fissura horizontal uma fiada abaixo da janela, fissura horizontal a meia altura da esquadria, fissura horizontal na extremidade inferior da janela, fissura horizontal na extremidade superior da esquadria e fissura vertical na extremidade inferior da janela.

Constata-se também, que nas faces externas, a incidência de manifestações patológicas na região de entorno às esquadrias é tão alta quanto a incidência de manifestações atuantes nos demais pontos da edificação que costumam apresentar as maiores incidências de manifestações patológicas.

5.2 ANÁLISE DE CAUSAS DAS MANIFESTAÇÕES INCIDENTES NA REGIÃO DE ENTORNO ÀS ESQUADRIAS

No item 5.1 foram apresentadas todas as manifestações patológicas detectadas através da aplicação da ferramenta proposta por Richter (2007) nos empreendimentos vistoriados, através do projeto COMPOHIS. Neste momento serão abordadas especificamente as manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias, visando identificar suas causas.

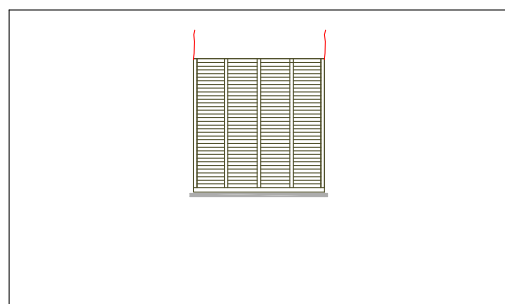
Como os termos defeito e falha serão abordados a seguir, torna-se importante sua definição. Defeito, segundo Alexandre (2008), é o estado resultante de uma falha, inabilitando um item de desempenhar uma função requerida. Defeito é a falta de conformidade de um produto quando determinada característica da qualidade é comparada a suas especificações (PALADINI, 2000). Alexandre (2008) afirma que na construção civil, podem-se considerar as manifestações patológicas como um defeito do produto acabado, podendo afetar o desempenho da edificação ou comprometendo a sua estética. Já a falha é um evento que acontece quando o valor observado excede os limites aceitáveis. É também definida como o término da habilidade de um item em desempenhar uma determinada função requerida (ALEXANDRE, 2008). Entretanto, ressalta-se que erro diferencia-se de falha, pois o erro é considerado uma discrepância entre um valor calculado, observado ou medido e o valor real especificado ou teoricamente correto. Erro, segundo Alexandre (2008), não é considerado uma falha, uma vez que pode estar dentro dos limites aceitáveis de desvio em relação ao desempenho desejado, portanto sendo neste caso uma falha incipiente.

Através de um estudo englobando a análise de falhas ao longo do processo construtivo, Alexandre (2008) observou que a ocorrência das falhas pode estar relacionada a múltiplas causas. Estas causas referem-se tanto a falhas técnicas, incluindo falhas na execução, de projetos e nos materiais, e a falhas gerenciais, incluindo falhas nos controles do processo de produção, no processo de projeto e nos materiais utilizados (ALEXANDRE, 2008).

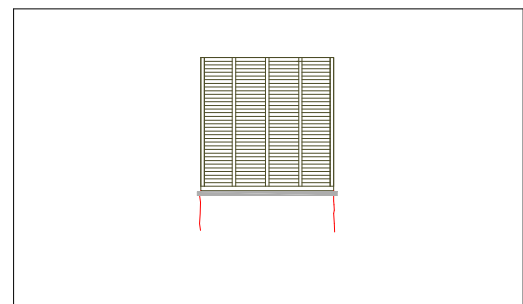
A seguir serão apresentadas as manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias detectadas no levantamento realizado pelo grupo de pesquisa integrante ao projeto COMPOHIS.

5.2.1 Fissuras verticais nas extremidades superiores e inferiores das esquadrias

Conforme verificado no levantamento, esta configuração pode apresentar variações, como por exemplo, com pequeno afastamento em relação à extremidade da esquadria, entretanto foram descritas as situações mais típicas, em que as fissuras verticais são formadas exatamente nas extremidades superiores ou inferiores das esquadrias, podendo ocorrer conjunta ou separadamente, conforme figura 37.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 37: Configuração típica: (a) fissura vertical nas extremidades superiores da esquadria; (b) fissuras verticais nas extremidades inferiores; (c) caso de fissura vertical na extremidade superior da esquadria e (d) caso de fissura vertical na extremidade inferior da janela.

Para cargas uniformemente distribuídas no topo de paredes, as tensões chegam a triplicar ou quadruplicar nas proximidades dos cantos superiores da abertura e a duplicar na região dos cantos inferiores (UTKU, 1976, *apud* THOMAZ, 1989). Assim, estas áreas estão propícias ao aparecimento de fissuras verticais, visto que as ações atuantes são predominantemente verticais. A verga e a contra-verga possuem a função de distribuir a concentração de tensões atuantes nas extremidades das aberturas, portanto, o aparecimento de fissuras verticais neste local evidencia inexistência ou ineficácia de verga (41.a) ou contra-verga para (41.b).

Um estudo realizado por Alexandre (2008) em construções de alvenaria estrutural mostrou que com relação à verga e contra-verga a principal falha observada foi o transpasse insuficiente para o interior das paredes, sendo este constatado em 63% dos empreendimentos.

No quadro 05 são apresentadas as possíveis falhas e respectivas causas desta manifestação patológica, identificando sua origem: projeto ou execução.

Quadro 05: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras verticais na alvenaria próxima às extremidades superiores ou inferiores das esquadrias.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		Projeto	Execução
Fissuras verticais nas extremidades superiores e ou inferiores das esquadrias	<i>Inexistência de verga ou contra-verga</i>	Não especificação de verga ou contra-verga	Não execução da verga ou contra-verga
	<i>Ineficácia da verga ou contra-verga</i>	Dimensões da seção transversal da verga ou contra-verga não garantem suficiente momento de inércia.	
		Especificação de concreto com resistência insuficiente.	Não cumprimento do traço especificado para o concreto.
		Especificação de armadura insuficiente.	Não cumprimento da taxa de armadura especificada.
		Transpasse longitudinal insuficiente da verga ou contra-verga	
	<i>Sobrecarga da estrutura</i>	Dimensionamento estrutural inadequado.	

5.2.2 Fissuras inclinadas nos vértices superiores/inferiores do vão da esquadria e vertical sob o peitoril.

Configurações bastante conhecidas, também encontradas no levantamento de manifestações patológicas objeto deste trabalho, foram as responsáveis pela formação de fissuras inclinadas nas extremidades superiores/inferiores da esquadria e também pela fissura vertical sob o peitoril no centro do vão da janela (figura 38), incidindo conjunta ou separadamente e refletindo-se geralmente também na face interna, evidenciando o seu caráter estrutural.

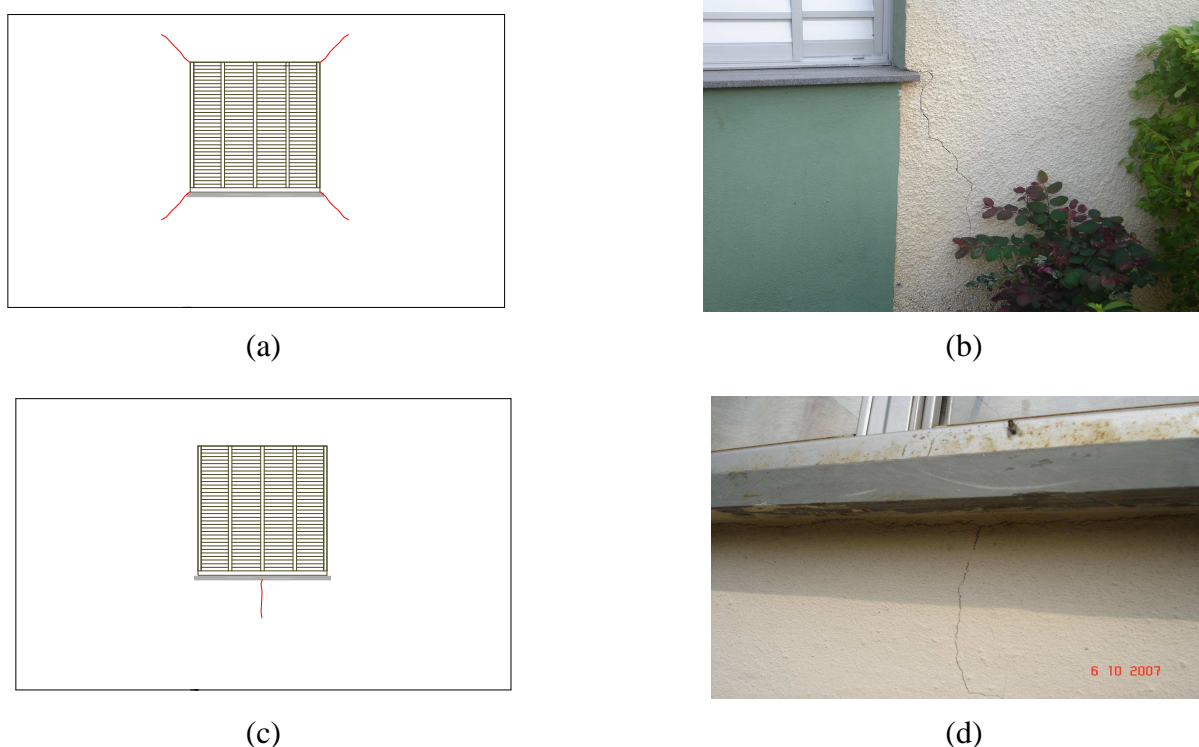


Figura 38: (a) configuração típica de fissuras inclinadas nos vértices do vão da esquadria; (b) caso de fissura inclinada no vértice inferior do vão da esquadria; (c) configuração típica de fissura vertical sob o peitoril; (d) caso de fissura vertical sob o peitoril.

Segundo Duarte (1998), paredes de alvenaria solicitadas por carregamentos verticais de compressão propiciam o surgimento de fissuras tipicamente verticais decorrentes de esforços transversais de tração transferidos aos tijolos pelo atrito da superfície da junta de argamassa com a face maior dos tijolos. Entretanto, em paredes com aberturas, sobrecargas verticais uniformemente distribuídas, segundo ABCI (1990), geram fissuras inclinadas a partir dos vértices dos vãos das esquadrias.

Thomaz (1989) afirma que sobrecargas uniformemente distribuídas em painéis de alvenaria, também são responsáveis por fissuras na região sob o peitoril. Movimento diferencial das fundações ou então fundação contínua solicitada por carregamento desbalanceado provocando flexão negativa dos peitoris são causas desta forma de fissura (SAHLIN, 1974 *apud*; THOMAZ, 1990, DUARTE, 1998, ALEXANDRE, 2008).

Mamede (2001) conclui, com base em estudos simulando o comportamento de paredes carregadas, que é necessário a presença da verga e contra-verga para evitar o surgimento de fissuras sobre/sob as aberturas de janelas, pois a alvenaria não suporta as tensões de tração atuantes. Recomenda ainda o transpasse de 30cm da verga e contra-verga em relação às arestas laterais do vão da esquadria.

Segundo a NBR 8545 (1984), o transpasse da verga e contra-verga em relação às arestas laterais do vão da esquadria deve ser de no mínimo 20cm e a altura da verga e contra-verga de no mínimo 10cm.

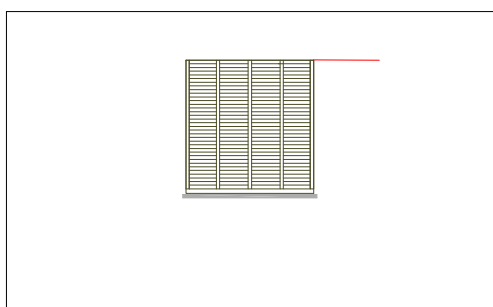
Conclui-se que estas configurações são causadas predominantemente por sobrecargas verticais uniformemente distribuídas, bem como inexistência ou inadequadas dimensões/rigidez da verga e contra-verga. No quadro 06 são apresentadas resumidamente as possíveis falhas e respectivas causas desta manifestação patológica, identificando sua origem: projeto ou execução.

Quadro 06: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras verticais sob o peitoril.

Defeito	Possíveis falhas	Causas		
		Projeto	Execução	
Fissuras inclinadas nos vértices superiores/inferiores do vão da esquadria e vertical sob o peitoril	<i>Movimento diferencial das fundações</i>	Dimensionamento inadequado das fundações.	Não cumprimento às especificações do projeto de fundações.	
		Inexistência ou número insuficiente de sondagens.		
	<i>Inexistência de verga e contra-verga</i>	Não especificação de verga e contra-verga.	Não execução da contra-verga.	
	<i>Ineficácia da verga e contra-verga</i>	Dimensionamento da seção transversal da verga ou contra-verga não proporcionam suficiente momento de inércia.		
		Concreto com resistência insuficiente		
		Taxa de armadura insuficiente		
		Transpasse longitudinal insuficiente da verga ou contra-verga		
<i>Sobrecarga da estrutura</i>	Dimensionamento estrutural inadequado.			

5.2.3 Fissura horizontal nas extremidades superiores, inferiores e a meia altura do vão das esquadrias.

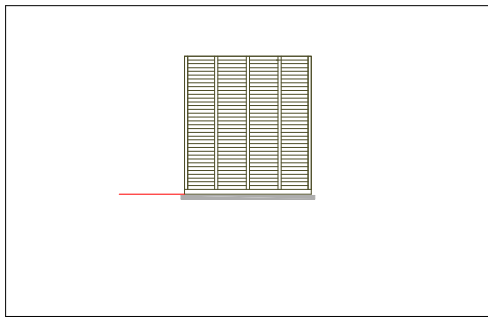
Esta configuração de fissura encontrada no levantamento incide na direção horizontal, partindo da extremidade superior ou inferior da esquadria, ou ainda partindo à meia altura do vão da esquadria, na junta de assentamento conforme figura 39 e 40.



(a)



(b)

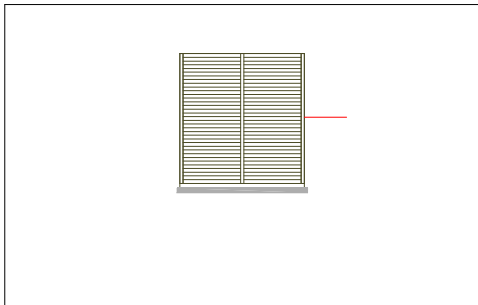


(c)



(d)

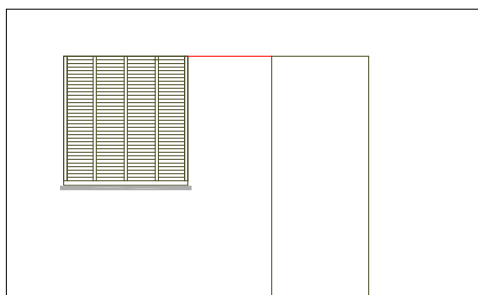
Figura 39: (a) configuração típica de fissura horizontal na extremidade superior do vão da esquadria; (b) caso de fissura horizontal na extremidade superior do vão da esquadria; (c) configuração típica de fissura horizontal na extremidade inferior do vão da janela; (d) caso de fissura horizontal na extremidade inferior do vão da janela.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 40: (a) configuração típica de fissura horizontal a meia altura do vão da esquadria; (b) caso de fissura horizontal a meia altura do vão da esquadria; (c) configuração típica de fissura horizontal ligando as extremidades superiores dos vãos de duas esquadrias situadas próximas uma da outra; (d) caso de fissura horizontal ligando extremidades superiores de vãos de esquadrias, situação comum em porta situada próximo à janela.

As fissuras nos vértices das aberturas podem manifestar-se segundo diversas configurações, em função da influência de vários fatores intervenientes, tais como: dimensões do painel de alvenaria, dimensões da abertura, posição que a abertura ocupa no painel, dimensões e rigidez de vergas e contra-vergas (THOMAZ, 1989). As fissuras horizontais causadas pela retração

das lajes de cobertura, além de se manifestarem logo abaixo da laje, também surgem próximas aos vértices superiores dos vãos das esquadrias (SAHLIN, 1971, *apud* THOMAZ, 1989).

Segundo Sahlin (1974), fissuras horizontais nos vértices superiores das esquadrias podem ser provenientes do momento de flexão nas paredes externas. Sendo este momento, resultado da deformação da laje devido ao carregamento vertical ou por retração da mesma. Portanto, esse tipo de fissura aparece mais no último pavimento, porque as cargas de paredes externas são menores, assim como também a excentricidade da carga é maior, favorecendo o aparecimento de fissuras nos pontos mais fracos da parede, ou seja, próxima às janelas (SAHLIN, 1974).

Segundo Duarte (1998), esta configuração de fissura também pode ser causada pelo recalque diferencial de fundações com distorção angular, em caso de alguma falha na fiada horizontal próximo a esquadria.

Assim, conclui-se que as fissuras horizontais nas extremidades superiores ou inferiores das esquadrias, ou ainda a meia altura do vão da esquadria geralmente estão ligadas à movimentação da laje de cobertura ou deformações causadas por recalque de fundações (com distorção angular). Evidencia-se que a ineficácia ou inexistência de cinta de amarração propicia o surgimento destas fissuras.

O quadro 07 reúne as possíveis falhas e causas desta manifestação patológica, identificando sua origem.

Quadro 07: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras horizontais próximas às extremidades das esquadrias.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
Fissura horizontal nas extremidades superiores, inferiores e a meia altura do vão das esquadrias.	<i>Movimento diferencial das fundações (com distorção angular).</i>	Dimensionamento inadequado das fundações.	Não cumprimento às especificações do projeto de fundações.
		Inexistência ou número insuficiente de sondagens.	
	<i>Inexistência de cinta de amarração</i>	Não especificação de cinta de amarração.	Não cumprimento à especificação.
	<i>Ineficácia da cinta de amarração.</i>	Dimensionamento inadequado da cinta de amarração (dimensões, armadura ou concreto).	Não cumprimento à especificação.

5.2.4 Fissura horizontal acima ou abaixo da janela

Caracteriza-se pelo surgimento de uma fissura horizontal uma fiada acima ou abaixo da janela (figura 41). Sua extensão em geral coincide com o comprimento da verga e contra-verga.

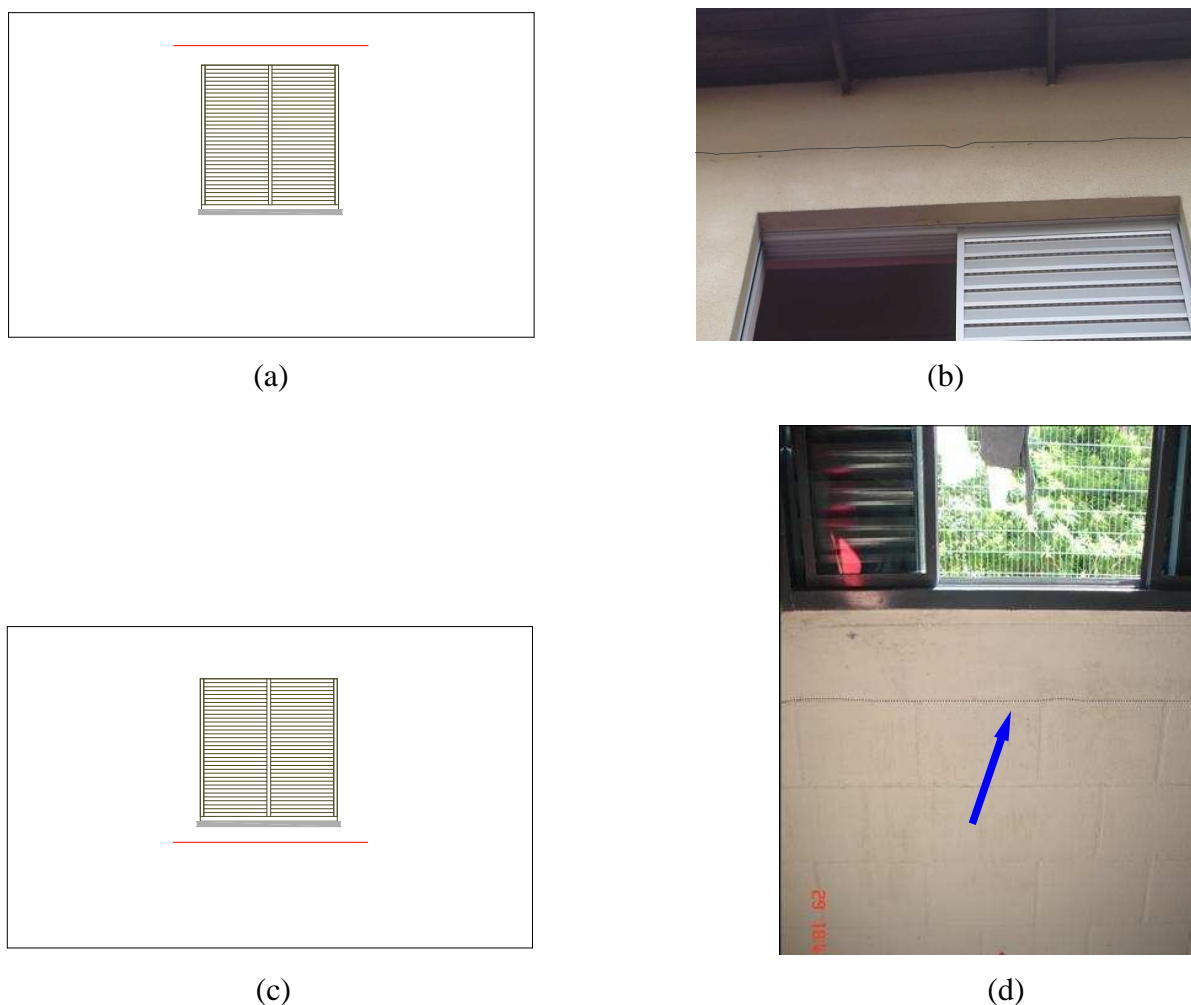


Figura 41: (a) Configuração típica de fissura horizontal uma fiada acima da janela; (b) caso de fissura horizontal uma fiada acima da janela; (c) Configuração típica de fissura horizontal uma fiada abaixo da janela. (d) caso de fissura horizontal uma fiada abaixo da janela.

Pela localização destas fissuras entende-se estarem situadas exatamente acima da face superior da verga e exatamente abaixo da face inferior da contra-verga, mais precisamente na interface alvenaria/verga ou alvenaria/contra-verga. É arriscado propor um diagnóstico simplista para este caso. Elas podem estar ligadas a movimentações diferenciais entre estes componentes, sendo causadas por ações térmicas, higroscópicas, retração, ou ainda relacionado a sobrecarga da estrutura. Esta configuração apresentou-se com maior incidência nas faces internas, principalmente de paredes sem revestimento em argamassa, mas sim apenas com textura, entretanto houve ocorrências também na face externa.

Segundo Thomaz (1989), em edificações nas quais a laje é engastada à alvenaria, pode ocorrer o surgimento de fissura horizontal um pouco mais abaixo da face inferior à laje, e não exatamente na interface laje alvenaria, situação comum quando a laje é desvinculada da alvenaria, entretanto o dispositivo responsável por esta desvinculação não é eficaz. O caso

apresentado na figura 41.b pode ser um exemplo desta configuração descrita por Thomaz (laje engastada), entretanto, cabe ressaltar que a configuração abordada neste momento, em geral possui comprimento aproximadamente igual ao da verga, portanto, podendo ser diferente dos casos influenciados pela laje de cobertura, em que o comprimento das fissuras não possui uma relação com o comprimento do vão da janela.

Outra causa provável desta fissura é expansão por absorção de umidade, que segundo Thomaz (1989), comumente geram fissuras na alvenaria em locais com diferente incidência de umidade (como por exemplo: próximo à base da parede, topo de platibandas, peitoris ou encontro de paredes). Portanto, como a região próximo à verga e contra-verga é um local com incidência de infiltrações, torna-se suscetível.

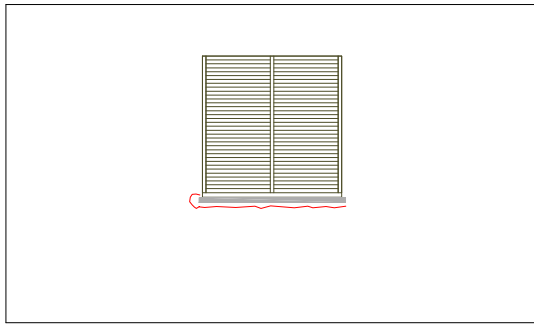
No quadro 08 são apresentadas resumidamente as possíveis falhas e suas causas desta manifestação patológica, identificando sua origem.

Quadro 08: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras horizontais acima da verga ou abaixo da contra-verga.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
Fissura horizontal acima ou abaixo da janela	<i>Movimentação diferencial da verga ou contra-verga em relação à alvenaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Componentes (verga ou contra-verga) com módulo de elasticidade muito superior à alvenaria propiciando <i>movimentações térmicas diferenciais</i>. - Solução de vedação na interface janela/peitoril, peitoril/alvenaria e janela/verga ineficaz, provocando variações de umidade nesta região e conseqüente expansão por absorção de umidade (Thomaz, 1989). - Segundo Sahlin (1974) fissuras horizontais abaixo da janela podem ser causadas pela diferença de tensões entre as alvenarias abaixo e no entorno das janelas pela <i>retração diferencial por secagem</i> entre a área de alvenaria abaixo da janela e o restante da parede. 	Não cumprimento às especificações de projeto.
	<i>Movimentação térmica da laje de cobertura</i>	- Solução ineficaz de isolamento térmico da laje de cobertura, gerando movimentações térmicas da laje e conseqüente fissuração próxima ao engastamento da laje à alvenaria (acima da janela).	

5.2.5 Fissura horizontal sob o peitoril

Esta configuração é caracterizada por uma fissura horizontal na face inferior do peitoril (figura 42), mais precisamente na interface peitoril/alvenaria, aparecendo por vezes apenas na face externa, interna ou externa e interna conjuntamente.



(a)



(b)

Figura 42: (a) Configuração típica de fissura horizontal na interface peitoril/alvenaria; (b) caso de fissura horizontal sob o peitoril.

Esta fissura pode estar relacionada à absorção de umidade, que segundo Thomaz (1989), comumente geram fissuras na alvenaria em locais com diferentes incidências de umidade (conforme já abordado em 5.2.4), visto que a região próxima ao peitoril é um local propício à infiltrações, ou seja, a área de argamassa sob ação de umidade tem seu volume aumentado devido à absorção de água, enquanto que a área de argamassa sem contato com a água permanece com seu volume inalterado, então, na interface entre área úmida e área seca, surge uma fissura, indicando que a argamassa não conseguiu absorver a variação de volume.

Baseado na revisão literária descrita no capítulo 3 (item 3.3), as movimentações térmicas também podem ser as causas desta configuração de fissura, visto que neste local têm-se materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica recebendo diferentes solicitações térmicas, seja em função de sua cor (parede clara, peitoril escuro), posição (parede vertical, peitoril horizontal). As figuras 43 (a, b e c) mostram alguns casos desta configuração.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 43: (a) fissura horizontal sob o peitoril (face interna); (b) fissura horizontal sob o peitoril (face externa, exatamente na interface peitoril/revestimento); (c) fissura horizontal sob o peitoril (face externa) e (d) espaçamento excessivo entre o peitoril e a alvenaria, estando sujeito a retração da argamassa de preenchimento.

A fissura apresentada na figura 43.c possui outra causa envolvida. Constatou-se em obra que entre o peitoril e a contra-verga é comum a aplicação de uma espessa camada de argamassa (conforme figura 43.d) que ao sofrer retração causa esta tipologia de fissura. Esta fissura muitas vezes se prolonga na extremidade do peitoril sob forma de curva, entretanto, somente ocorrendo na face externa (figura 44). Também através de estudo em obra verificou-se que durante a etapa de colocação do peitoril ocorre a quebra de uma das arestas dos blocos que coincidem com as extremidades inferiores da janela (44.c), devido à incompatibilidade do comprimento do peitoril em relação ao vão existente exigindo posterior preenchimento com argamassa nesta região. A quebra destes blocos exige que seja aplicada uma espessa camada de argamassa, evidenciando o surgimento de fissuras causadas por retração da argamassa de preenchimento.



(a)



(b)



(c)

Figura 44: (a) e (b) fissura contornando as extremidades do peitoril, causada pela retração da argamassa de preenchimento do vão entre a extremidade do peitoril e o bloco (devido à quebra excessiva de parte do bloco para inserção do peitoril); (c) necessidade de quebra de uma das arestas dos blocos que coincidem com as extremidades do peitoril para a sua instalação, implicando o preenchimento com argamassa, que, quando em excesso propicia o surgimento da fissura de retração.

No quadro 09 são apresentadas resumidamente as possíveis falhas e causas desta manifestação patológica.

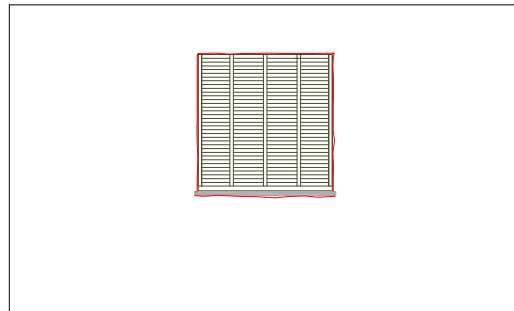
Quadro 09: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras horizontais sob o peitoril.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
Fissura horizontal sob o peitoril	<i>Excessivo espaçamento entre o peitoril e a alvenaria provocando a retração da argamassa de preenchimento.</i>	Dimensionamento inadequado do espaçamento entre o peitoril e a alvenaria.	Não cumprimento às especificações do projeto.
		Não previsão de solução adequada para a inserção do peitoril com relação à quebra dos blocos situado nas duas extremidades.	Quebra exagerada de parte dos blocos situados nas duas extremidades do peitoril para sua colocação.
	<i>Ineficácia do peitoril, provocando o acúmulo de água nesta região e conseqüente retração por absorção de umidade.</i>	Especificação de peitoril ineficaz ou declividade insuficiente.	Não cumprimento às especificações do projeto.

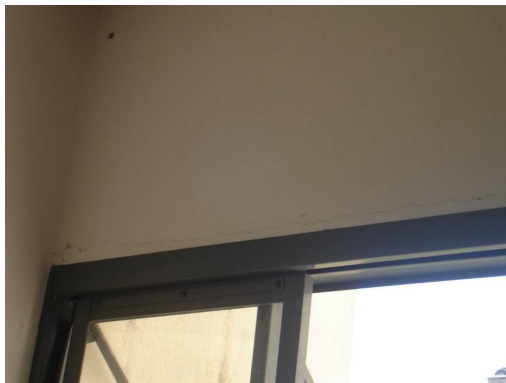
5.2.6 Fissura na interface esquadria/alvenaria

Configuração caracterizada pela formação de fissuras na região de contorno à esquadria, mais precisamente na interface esquadria/alvenaria (figura 45). Sabe-se que evidentemente está relacionada à movimentações diferenciadas destes dois materiais, em função de suas distintas propriedades. É mais visível na face interna, principalmente devido ao alinhamento da superfície da janela e revestimento geralmente ser feito na face interna da edificação,

conforme figura 45.b. Entretanto, mesmo não estando alinhada no mesmo plano do revestimento, acaba sendo visível (figura 45.c).



(a)



(b)



(c)

Figura 45: (a) Configuração típica de fissura na interface esquadria/alvenaria. (b) caso de fissura na interface esquadria/alvenaria na face interna; e (c) na face externa.

O quadro 10 apresenta resumidamente as possíveis falhas e suas causas desta manifestação patológica.

Quadro 10: Possíveis falhas e causas responsáveis pelo surgimento de fissuras na interface esquadria/revestimento.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		Projeto	Execução
Fissura na interface esquadria/alvenaria	<i>Solução de acabamento na interface esquadria/alvenaria ineficaz, causando fissura devido a movimentação diferencial entre os materiais com diferentes propriedades.</i>	Não previsão de solução para acabamento desta interface, como por exemplo, o recuo ou avanço da esquadria em relação à superfície do revestimento.	Não cumprimento às especificações do projeto.

5.2.7 Umidade

Nas proximidades das janelas foi observada grande incidência de umidade, sendo identificadas duas situações distintas: infiltração nas interfaces do peitoril e infiltração pela interface janela/verga.

5.2.7.1 Infiltração nas interfaces do peitoril (janela/peitoril e extremidades do peitoril/alvenaria)

Com grande incidência foram os casos de umidade na região próxima a contra-verga, resultando em mancha característica de umidade (figura 46), contribuindo à degradação da pintura e formação de bolor.



Figura 46: (a) Configuração típica de mancha característica de umidade na região próxima ao peitoril; (b) caso de umidade devido a infiltração na região próximo ao peitoril.

Evidenciam-se como causas principais a deficiente vedação desta interface relacionada à falta de declividade do peitoril, bem como inexistência de barreira ao ingresso de água, conforme ilustrado na figura 47. Sabe-se que a falta de declividade está relacionada à dificuldade de sua compatibilização dos componentes envolvidos frente ao sistema modular. As extremidades do peitoril são pontos propícios a infiltrações, principalmente em peitoris sem barreira de vedação na direção vertical (basalto, granito, cerâmica e ardósia). Peitoris de concreto geralmente são moldados com saliências na direção vertical tanto na face interna quanto nas extremidades de forma a impedir a entrada de água.

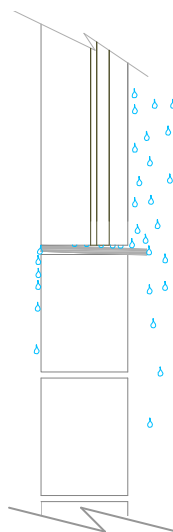


Figura 47: Esquema mostrando o mecanismo de infiltração pela interface janela/peitoril devido ausência de barreira de vedação, bem como declividade insuficiente do peitoril.

Na figura 48.a tem-se o caso de infiltração que ocorre em toda a extensão do peitoril devido a ausência de barreira de vedação na face superior. Este problema é agravado também devido à carência de declividade deste componente, visto que necessita receber inclinação no momento de sua inserção à parede, entretanto, muitas vezes em função de incompatibilidades ou conflitos relacionados à modulação, este componente acaba sendo inserido com declividade insuficiente ou mesmo sem declividade, tornando esta região muito vulnerável a infiltrações. Estas conclusões foram evidenciadas através das vistorias técnicas realizadas durante o levantamento das manifestações patológicas descritas no item 5.1 deste capítulo. Visando sua vedação, foram observadas (também através do levantamento de manifestações patológicas realizado pelo grupo do projeto Compohis) tentativas de inserção de barreiras de vedação com o uso produtos siliconados, com mostra a figura 48.a, entretanto, notando-se que não são promissores, seja pela eficácia em si ou pela vida útil, necessitando futuras intervenções.

A figura 48.b evidencia uma das principais causas de infiltração na região próxima ao peitoril, devido a inexistência de prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela, bem como a falta de barreira de vedação na face superior de suas extremidades que impeçam o ingresso de água. A água ao penetrar pela fissura entre a extremidade do peitoril e o revestimento espalha-se nesta região, formando manchas de umidade, conforme ilustrado na figura 46.b.



(a)



(b)

Figura 48: (a) Infiltração pela interface janela/peitoril, mais precisamente ao longo de sua extensão longitudinal devido ausência de barreira de vedação bem como declividade insuficiente; (b) inexistência de prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela, propiciando a infiltração entre a extremidade do peitoril e o revestimento.

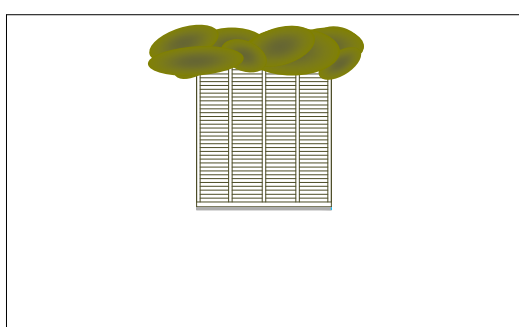
No quadro 11 são apresentadas resumidamente as possíveis falhas e as causas desta manifestação patológica.

Quadro 11: Possíveis falhas e causas responsáveis pela infiltração de água próximo ao peitoril.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
Infiltração nas interfaces do peitoril	<i>Inexistência ou insuficiente declividade do peitoril.</i>	Não previsão de solução para adequada declividade do peitoril.	Não cumprimento às especificações do projeto.
	<i>Inexistência ou ineficaz barreira de vedação.</i>	Especificação de peitoril com geometria ineficaz ou barreira de vedação independente ao peitoril, também ineficaz.	
	<i>Inexistência de prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela.</i>	Não previsão de prolongamento horizontal das extremidades do peitoril.	Não cumprimento às especificações do projeto.

5.2.7.2 Infiltração na interface janela/verga

Foram também observados casos de infiltrações pela fissura na extremidade superior da janela, mais precisamente na interface janela/verga, devido à falta de vedação desta interface somada a ineficácia ou inexistência de barreira de vedação ou de declividade favorável ao escoamento e descolamento da água para a face externa da edificação, conforme ilustrado na figura 50. O escoamento e acúmulo de água nesta interface propiciam o aparecimento de mancha característica de umidade (figura 49) e conseqüente deterioração da pintura e propagação de bolor.



(a)



(b)

Figura 49: (a) Configuração típica de mancha característica de umidade na região próxima a verga; (b) caso de mancha de umidade devido infiltração próximo à verga.

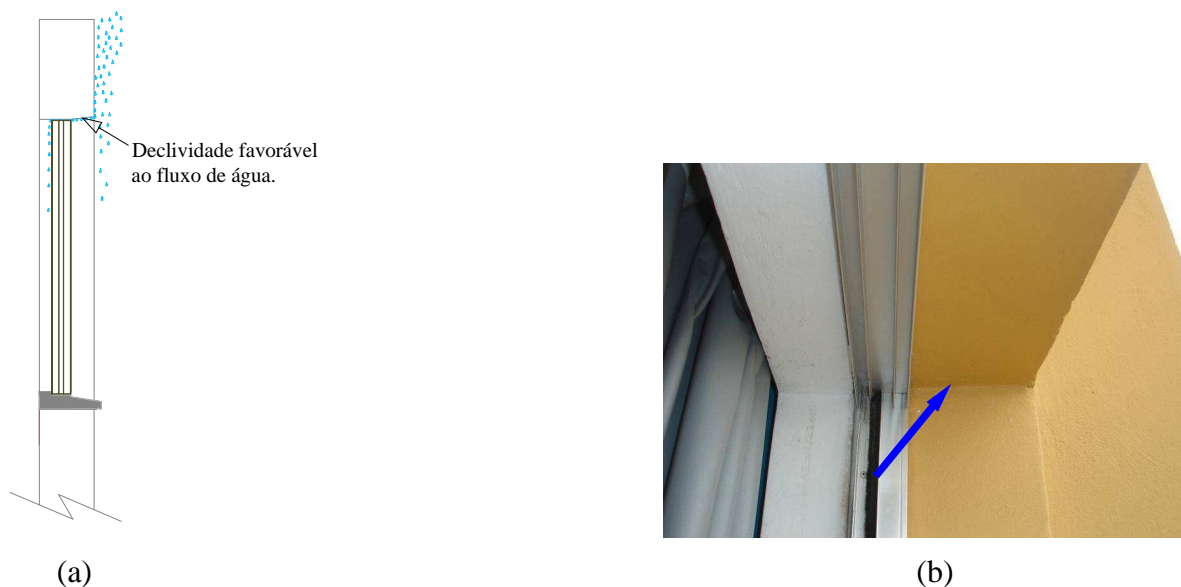


Figura 50: (a) Esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de infiltração pela interface janela/verga; (b) situação propícia à infiltração entre a janela e a verga devido à declividade favorável ao fluxo da água.

No quadro 12 são descritas as possíveis falhas e causas desta manifestação patológica.

Quadro 12: Possíveis falhas e causas responsáveis pela infiltração próximo à verga.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
Infiltração na interface janela/verga	Ineficácia ou inexistência de barreira de vedação ou de declividade favorável ao escoamento e descolamento da água para a face externa da edificação.	Não especificação de declividade na face inferior da verga ou barreira de vedação de forma a garantir o descolamento de água da superfície externa da parede.	Não cumprimento às especificações do projeto.

5.2.8 Sujidade

Embora na tabulação dos dados não constem casos de sujidade devido ao fato de nas unidades habitacionais vistoriadas elas não incidirem, foram identificados muitos casos nas faces externas das edificações em unidades habitacionais não vistoriadas e também em áreas de circulação, portanto sendo importante sua abordagem. Perceberam-se duas tipologias distintas de sujidade, sendo uma localizada apenas nas extremidades do peitoril e outra localizada ao longo de sua extensão.

5.2.8.1 Sujidade da região próxima às extremidades do peitoril

Esta configuração caracteriza-se pela formação de manchas na face externa, próximo às extremidades do peitoril (figura 51). Sua causa é o prolongamento longitudinal insuficiente do peitoril, conforme esquema ilustrativo do mecanismo de sujidade mostrado na figura 52. No

sistema construtivo em alvenaria modular, este insuficiente prolongamento longitudinal do peitoril está ligado a conflitos relacionados à modulação. Geralmente, para que haja um prolongamento adequado é necessária a quebra da quina dos dois blocos que coincidem com as extremidades do peitoril para que este seja inserido à parede, garantindo-se transpasse em relação às arestas das faces laterais ao vão da janela. Entretanto, este procedimento muitas vezes não é feito para acelerar a produção, pois é uma tarefa que demanda tempo e cuidado para não quebrar mais do que o necessário (implicando preenchimento excessivo com argamassa e propiciando o surgimento de fissuras de retração).



Figura 51: (a) configuração típica encontrada: sujidade do revestimento externo próximo às extremidades do peitoril devido ao seu insuficiente prolongamento longitudinal; (b) sujidade do revestimento na região próxima às extremidades do peitoril devido a prolongamento longitudinal insuficiente deste componente.

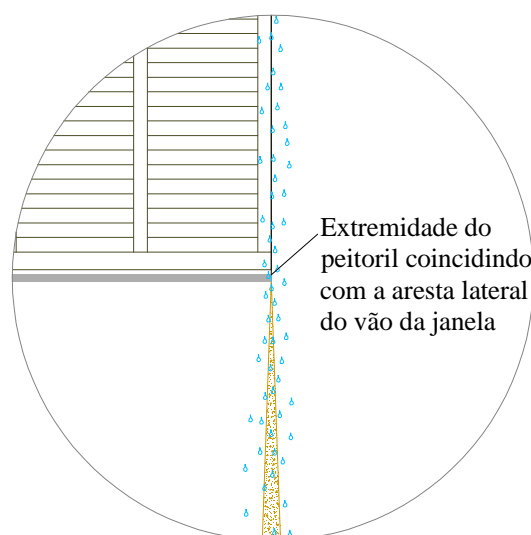


Figura 52: Esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de sujidade da região próxima à extremidade do peitoril: partículas de sujeira depositadas na face superior do peitoril e nas arestas laterais ao vão da janela são carreadas e lançadas diretamente sobre o revestimento devido à inexistência de elemento que descole o fluxo da água das arestas laterais do vão da janela.

Recomenda-se um prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela entorno de 3 a 5cm (LANGER, 1960; SCHMITT et al., 1974).

5.2.8.2 Sujidade da região sob a face inferior do peitoril

Configuração caracterizada pela sujidade da região localizada sob a face inferior ao peitoril. Sua causa está associada ao prolongamento transversal insuficiente do peitoril, bem como inexistência ou ineficácia de lacrimal e ainda influenciado pela insuficiente declividade transversal do peitoril, conforme ilustrado na figura 53.

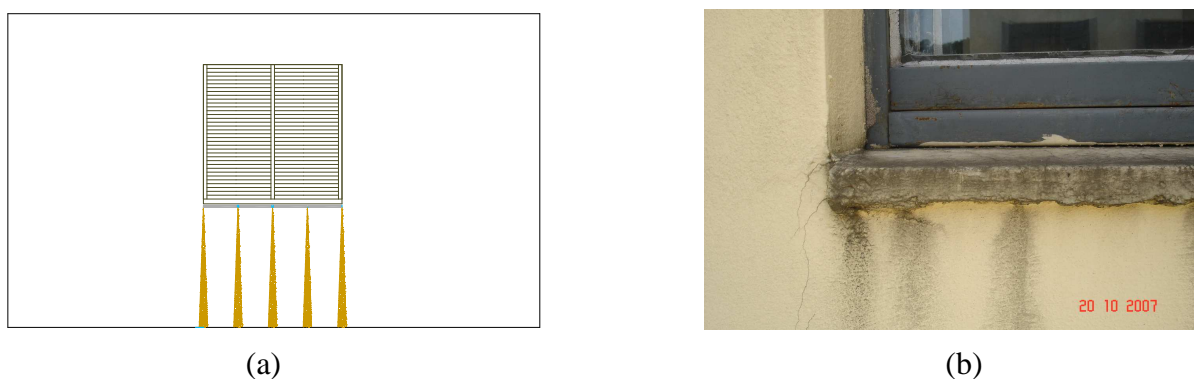


Figura 53: (a) Configuração típica: sujidade do revestimento na região sob a face inferior ao peitoril; (b) Sujidade do revestimento na região próxima a face inferior do peitoril devido a prolongamento transversal insuficiente, ineficácia ou inexistência de lacrimal.

A deposição de partículas nas superfícies pode se dar pela ação da chuva (deposição úmida) ou pelo ar (deposição seca) (FASINA, 1998; VERHOEF, 1988 apud PETRUCCI, 2000). Segundo Petrucci (2000), grande parte da contaminação das fachadas necessita da existência de plataformas e abrigos para permanecer estável, características estas relacionadas com a rugosidade dos materiais de revestimento e a existência de plataformas ou superfícies horizontais de qualquer elemento saliente ou reentrante nas fachadas. De uma forma geral, quanto maior a rugosidade e a porosidade das superfícies e quanto menor sua inclinação em relação ao plano horizontal, maior será a deposição de partículas (CARRIÉ, 1977; VALLEJO, 1990; TORRACA, 1986 apud PETRUCCI, 2000).

Portanto, é recomendável a utilização de peitoris com maiores declividades e formados por materiais de baixa porosidade e rugosidade, visto que esta região é considerada, segundo Robinson e Baker (1975), como “acúmulo de sujeira”, enquanto que a área da fachada localizada logo abaixo do peitoril, “lavado sujo”, devido a alta probabilidade de receber o carreamento de partículas de sujeira.

Robinson e Baker (1975) afirmam que discontinuidades de planos e canais proporcionam alterações no fluxo da água fazendo com que a água goteje, ou seja, descolando a água da

superfície da fachada. Exemplo disto é a presença do peitoril nas janelas, provido de prolongamento transversal (em relação à superfície externa do revestimento da fachada), longitudinal (em relação às faces laterais do vão da janela) e ainda provido de lacrimal na sua face inferior.

O lacrimal desempenha uma importante função de cortar o fluxo da água que tende a escorrer pela face inferior do peitoril e atingir a parede, carreando sujeira presente na face superior do peitoril e transportando-a para a superfície do revestimento, gerando manchas, prejudicando a estética da edificação. A figura 54.a, mostra o mecanismo de corte do fluxo da água quando o peitoril é provido de lacrimal, evidenciando a importância deste detalhe em elementos salientes em fachadas, como o peitoril, por exemplo. A figura 54.b mostra o fluxo da água nestes componentes quando desprovidos de lacrimal, com o escoamento sobre o revestimento da água que anteriormente passou pela face superior do peitoril, carreando sujeira.

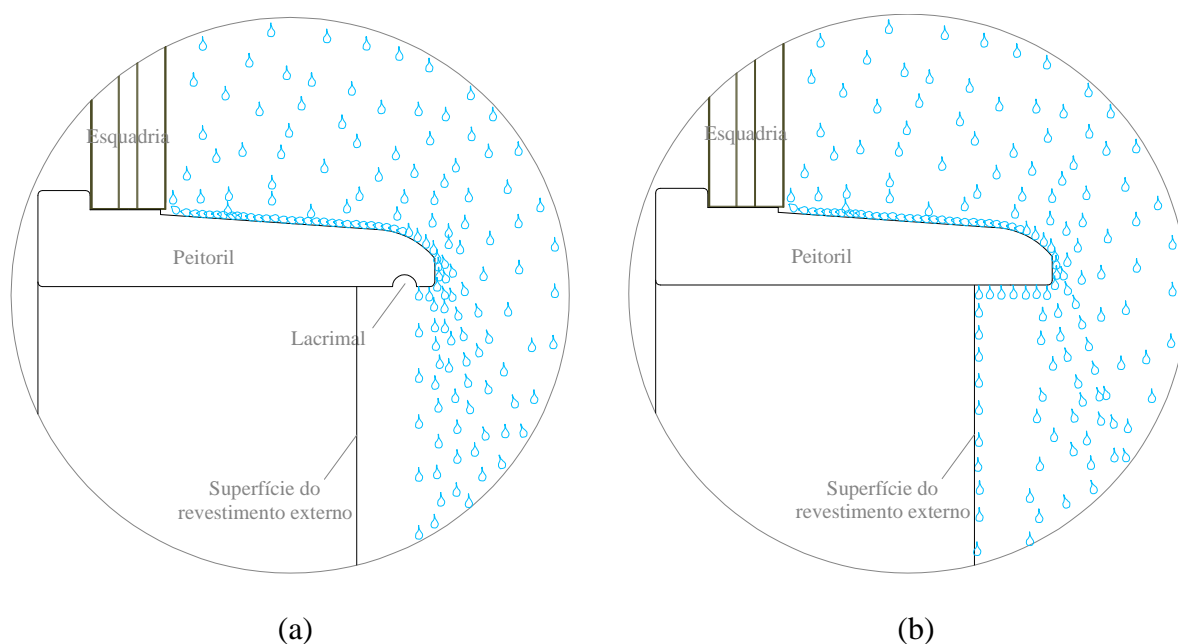


Figura 54: (a) esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de corte do fluxo da água pela presença de lacrimal no peitoril; (b) esquema ilustrativo mostrando o mecanismo de fluxo da água em peitoril desprovido de lacrimal.

No quadro 13 tem-se as possíveis falhas e as causas de sujeidade próximo ao peitoril.

Quadro 13: Possíveis falhas e causas responsáveis pela sujidade próxima ao peitoril.

Defeito	Possíveis falhas	Causas	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
Sujidade da região próxima às extremidades do peitoril	Prolongamento longitudinal insuficiente do peitoril	Não previsão de solução adequada para a inserção do peitoril com relação à quebra dos blocos situado nas duas extremidades.	Não cumprimento às especificações do projeto.
Sujidade da região sob a face inferior do peitoril	Prolongamento transversal insuficiente do peitoril.	Dimensionamento ou especificação inadequada do peitoril.	Não cumprimento às especificações do projeto.
	Inexistência ou ineficácia de lacrimal	Não especificação de lacrimal ou especificação inadequada.	
	Declividade transversal insuficiente do peitoril.	Dimensionamento ou especificação inadequada do peitoril.	Não cumprimento às especificações do projeto.

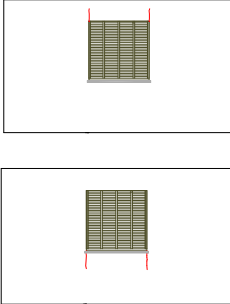
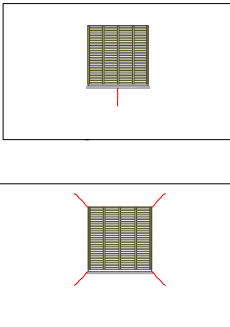
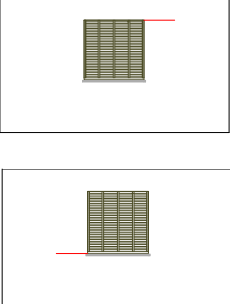
5.3 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

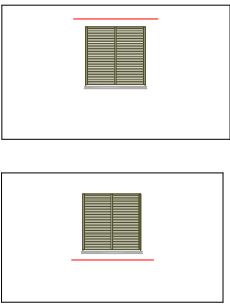
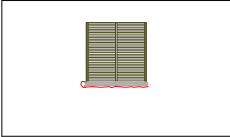
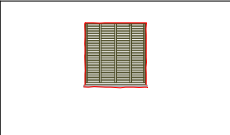
Após a abordagem das manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias, com a identificação das suas causas, aliado ao embasamento teórico através da revisão bibliográfica, bem como a informações adquiridas através da prática construtiva por meio de visitas técnicas em obras, são descritas neste momento algumas recomendações técnicas ao sistema construtivo em alvenaria modular, especificamente para a região das esquadrias.


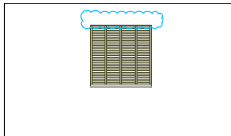
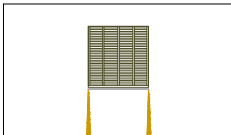
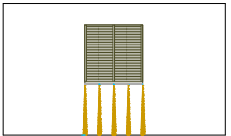
Ressalta-se que a utilização de contra-marco é tecnicamente uma boa solução a este sistema construtivo, sendo, portanto, uma recomendação a sua utilização, pois garante uma série de contribuições, como por exemplo: precisão dimensional do vão da janela, dispensando preenchimentos excessivos com argamassa; transferência do investimento financeiro das esquadrias mais para o final da obra e maior estanqueidade. Sabe-se, entretanto, que o contra-marco em edificações de baixo padrão não costuma a ser utilizado em função do custo.

No quadro 14 são listadas recomendações técnicas ligadas ao projeto ou à execução que podem reduzir ou eliminar as manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias de construções em alvenaria modular.

Quadro 14: Recomendações técnicas referentes ao projeto ou execução com relação a cada manifestação patológica incidente na região de entorno às esquadrias, visando reduzi-las ou eliminá-las.

CONFIGURAÇÃO TÍPICA DA MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
	Fissura vertical nas extremidades superiores ou inferiores da esquadria.	-Dimensionamento da verga e contra-verga. -Especificação de verga e contra-verga com transpasse de 30 cm em relação às arestas verticais do vão da esquadria (MAMEDE, 2001; SABBATINI et al., 2003);	-Treinamento da mão-de-obra, ressaltando a importância da correta execução de certos detalhes como o transpasse da verga e contra-verga em relação às arestas verticais do vão da esquadria. -Evitar recortes profundos nestes elementos;
	Fissura vertical sob o peitoril próximo ao meio do vão e inclinadas nos vértices do vão da esquadria.	-Dimensionamento da verga e contra-verga; -Verificação do projeto estrutural: atenção à hipótese de sobrecarga ; -Verificação do projeto de fundações: atenção a movimentações diferenciais das fundações; -Realizar sondagens na área a ser construída: atenção ao número correto de coletas.	- Treinamento da mão-de-obra, ressaltando a importância da correta execução da verga e contra-verga.
	Fissura horizontal na extremidade superior ou inferior da esquadria.	-Especificação de cinta de amarração (SABBATINI, et al., 2003); -Verificação do projeto de fundações: atenção a movimentações diferenciais das fundações; -Realização de sondagens: atenção ao número correto de coletas.	-Atenção à heterogeneidade do solo, que poderá exigir alterações no projeto de fundações; -Atender as especificações referentes à cinta de amarração e fundações.

CONFIGURAÇÃO TÍPICA DA MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
	Fissura horizontal acima da verga ou abaixo da contra-verga.	-Dar preferência à utilização de revestimento em argamassa desempenada ao invés de texturas, pois elas absorvem menos as movimentações dos materiais, refletindo mais as fissuras.	
	Fissura horizontal sob o peitoril.	<p>-Limitar o espaçamento entre o peitoril e a alvenaria (a ser preenchido com argamassa) em 2 - 2,5cm;</p> <p>-Especificar peitoril que impeça a infiltração de água nas extremidades e ao longo de sua seção, dando preferência a modelos que possuam barreiras de vedação;</p> <p>-Evitar a especificação de produtos com baixa vida útil (colas a base de silicone, por exemplo) como solução de barreira contra infiltrações.</p> <p>-Especificar tela metálica nos casos em que o volume de preenchimento com argamassa for excessivo.</p> <p>-Especificar argamassa de baixa permeabilidade para o preenchimento do vão entre a janela e a alvenaria.</p>	<p>-Treinamento da mão-de-obra ressaltando as conseqüências do excessivo espaçamento entre o peitoril e a alvenaria bem como a excessiva quebra dos blocos para a inserção do peitoril;</p> <p>-Evitar ao máximo a quebra excessiva dos blocos situados nas extremidades do peitoril;</p> <p>-Preencher o espaço onde houve a quebra dos blocos com duas camadas de argamassa para evitar a retração e fissuração;</p> <p>-Utilizar serra elétrica para cortar as extremidades dos blocos no momento da inserção do peitoril ao invés de quebrá-los manualmente, para reduzir o volume de preenchimento com argamassa, evitando a retração;</p>
	Fissura na interface esquadria/alvenaria.	-Não projetar as esquadrias com a superfície interna alinhada ao revestimento, mas sim em planos diferentes (reentrância ou saliência), visando ocultar a união entre a esquadria e o revestimento.	-Treinamento da mão-de-obra ressaltando o detalhe de ocultar as juntas entre materiais diferentes.

CONFIGURAÇÃO TÍPICA DA MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS	
		<i>Projeto</i>	<i>Execução</i>
	Umidade na região próxima ao peitoril	-Especificar peitoril com declividade incorporada ou possibilidade de criar declividade no momento da instalação (declividade mínima de 12%), (LANGER, 1960; SCHMITT et al., 1974); -Especificar peitoril com barreira de vedação incorporada que seja eficaz com relação à infiltração tanto na interface janela/peitoril, interface peitoril/contra-verga, quanto nas extremidades. -Especificar peitoril com suficiente prolongamento longitudinal em relação às arestas laterais do vão da janela (mínimo 3cm) e suficiente prolongamento transversal em relação à superfície do revestimento (mínimo 3cm), (LANGER, 1960; SCHMITT et al., 1974).	-Treinamento da mão-de-obra ressaltando a importância da declividade do peitoril, do prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela e do prolongamento transversal do peitoril em relação à superfície do revestimento;
	Umidade na região próxima a verga.	-Projetar declividade (mínimo 0,5%) no revestimento localizado na aresta superior da janela (abaixo da verga), de forma a impedir a infiltração de água de chuva pela interface janela/verga (ROBINSON E BAKER et al., (1975).	- Treinamento da mão-de-obra ressaltando a importância de executar o revestimento da face inferior da verga com declividade capaz de impedir o ingresso da água de chuva.
	Sujidade da região próxima às extremidades do peitoril	-Projetar prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela, (mínimo 3cm), (LANGER, 1960; SCHMITT et al., 1974).	- Treinamento da mão-de-obra ressaltando a importância do prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela.
	Sujidade da região sob a face inferior do peitoril	-Projetar prolongamento transversal do peitoril em relação à superfície do revestimento (mínimo 3cm), (LANGER, 1960; SCHMITT et al., 1974). -Projetar lacrimal na face inferior ao peitoril (ROBINSON E BAKER et al., (1975).	- Treinamento da mão-de-obra ressaltando a importância do prolongamento transversal do peitoril em relação à superfície do revestimento, bem como da existência de lacrimal.

A figura 55 mostra que os peitoris em concreto que garantem maior declividade em relação aos pátios, pois são moldados com declividade incorporada em sua forma, o que não ocorre com os pátios que possuem forma retangular, necessitando ser inclinados no momento de sua colocação.

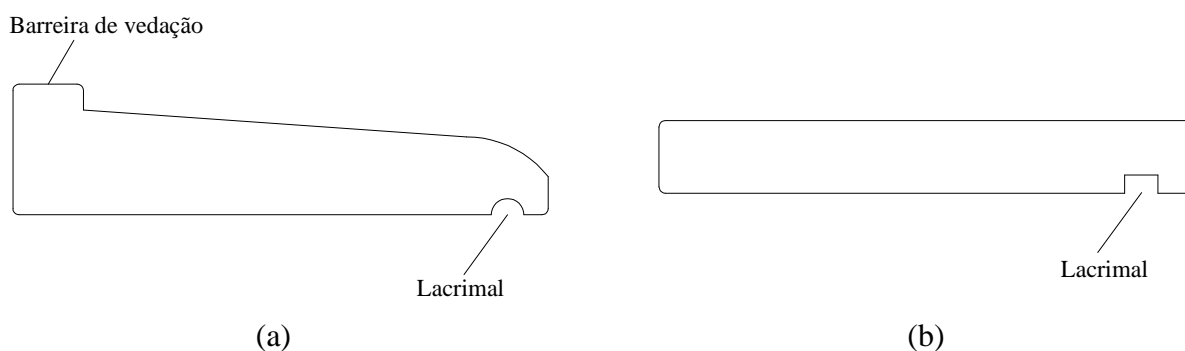


Figura 55: (a) Peitoril em concreto; (b) peitoril pétreo.

A figura 56 ilustra um peitoril em concreto com a presença de barreiras de vedação contra infiltração de água de chuva. Verifica-se que há barreira de vedação na interface janela/peitoril, extremidade do peitoril/alvenaria, declividade incorporada à peça e ainda a existência de lacrimal. Portanto, este componente possui quatro importantes dispositivos de combate a infiltrações.



Figura 56: (a) Peitoril em concreto com a presença de barreira de vedação na interface janela/peitoril, extremidade do peitoril/alvenaria; (b) Presença de lacrimal na face inferior e declividade incorporada ao peitoril.

Embora este componente possua boas soluções incorporadas, caso não seja instalado corretamente torna-se ineficaz. Por exemplo, as saliências no sentido vertical existentes nas extremidades devem ser encobertas pelo revestimento, pois, caso contrário, a água que escorre pelas faces laterais do vão das janelas infiltra-se entre a extremidade do peitoril e o revestimento. Este caso de infiltração é muito comum, principalmente em peitoris que não possuem esta barreira de vedação, ficando a vedação apenas a cargo da argamassa de revestimento. Entretanto, como as extremidades do vão das esquadrias são pontos de concentrações de tensões, estão sujeitos a trincas que facilitam o ingresso da água.

Visitas técnicas em obras evidenciam algumas causas de manifestações conforme mostra a figura 57, em que o prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais do vão da janela é insuficiente. Neste caso, as extremidades inferiores do vão da janela tornam-se pontos com alta probabilidade de futuras infiltrações, pois a água da chuva que escorre longitudinalmente pelo peitoril com a ação do vento concentra-se nestas extremidades juntamente com a água que escorre pela superfície do revestimento das faces laterais do vão da janela, aumentando assim a pressão nesta região. Portanto, se houver alguma fissura na interface peitoril/revestimento a infiltração é inevitável, a não ser que haja uma barreira de vedação do tipo, por exemplo, apresentado na figura 57.a.



Figura 57: (a) Caso de peitoril com prolongamento longitudinal insuficiente em relação a aresta lateral da janela, estando sujeito à infiltrações na sua extremidade;(b) Ampliação de (a).

Como normalmente o peitoril é formado por um material de propriedades diferentes em relação as do revestimento e ainda por receber forte insolação devido a sua posição (horizontal), fissuras causadas por movimentações diferenciais são muito comuns na interface peitoril/revestimento, que é justamente o local com a maior probabilidade de incidência de infiltrações.

Na utilização deste sistema construtivo tradicional focado na otimização do custo, seguindo-se as recomendações descritas no quadro 12, a probabilidade de incidência de manifestações patológicas nesta região torna-se muito pequena.

5.4 COMPONENTE DE CONECTIVIDADE PARA A INTERFACE JANELA/ALVENARIA

Visando criar uma alternativa para a redução das manifestações patológicas na região de entorno às janelas, e ainda contribuir à racionalização do sistema construtivo em alvenaria estrutural modular, propõe-se a utilização de um componente de conectividade para a interface janela/alvenaria, incorporando as funções de verga, contra-verga, pingadeira, guarnição interna e moldura externa,

Neste item, são feitas algumas considerações à proposta de componente desenvolvida na dissertação, entretanto, no apêndice 1 apresentam-se detalhadamente a metodologia de desenvolvimento desta proposta, tanto para a escolha do material quanto da geometria, bem como análise da viabilidade técnica e econômica, entretanto, ressalta-se que esta geometria representa um projeto básico, devendo ser otimizada através de análise estrutural.

A figura 58 mostra as vistas interna e externa do componente, a ser moldado em GRC (*Glassfibre Reinforced Cement*): argamassa de cimento e areia com adição de fibra de vidro. Visando a redução de custo e de massa, parte da área da seção transversal foi projetada para ser preenchida com poliestireno expandido. As dimensões do componente são compatíveis ao vão de vedação de 1,21 x 1,21m, podendo ser utilizado tanto os blocos cerâmicos (dimensão usual de 14x19x29cm) quanto os de concreto (dimensão usual de 14x19x39cm).

A instalação do componente ocorre quando a execução da alvenaria atinge a altura da contra-verga. Imediatamente após a sua instalação pode-se prosseguir a execução da parede. As janelas podem ser instaladas no final da obra, inclusive após a execução do revestimento e pintura, sendo fixadas com parafuso/bucha no componente (os montantes da janela e do componente são furados no momento da instalação da janela).

A verga e a contra-verga foram projetadas com um transpasse de 29cm em relação às laterais do vão, conforme recomendado na bibliografia e ainda garantindo a modulação para o bloco de 29cm. Entretanto, ressalta-se que para o bloco de 39cm este transpasse não é modular. A altura da verga e contra-verga foi projetada com 19cm de forma a tornar-se modular aos blocos usualmente utilizados no Brasil (19cm de altura). Todas as interfaces entre o componente e a alvenaria (a serem preenchidas com argamassa) foram projetadas com junta de espessura de 1cm, que é a mesma recomendada pela literatura para adotar-se entre os blocos.

Cabe ressaltar alguns pontos negativos deste componente:

- A massa ultrapassou o limite de carga por pessoa recomendado na literatura (50 kg), mesmo considerando que seja transportado por duas pessoas, pois resultou em 110,8 kg (projeto); portanto, o componente deve ser transportado por grua;
- sua geometria é complexa no que se refere à moldabilidade, exigindo técnicas de moldagem mais caras (provavelmente em duas partes e posterior união com chapas metálicas);
- o custo estimado de uma parede (3x2,60m) com 1 vão de janela é aproximadamente 13,7% superior ao custo desta mesma parede sem a utilização do componente (conforme análise de viabilidade econômica, quadro 21). Entretanto, ressalta-se que o número de horas/homem foi estimado, pois o componente ainda não foi moldado; e que a quantidade de GRC ainda pode ser reduzida após a otimização da geometria por análise estrutural, inclusive situando-se dentro do limite de carga, podendo ser transportado manualmente. Portanto, a viabilidade econômica só pode ser definida após a moldagem do componente e um estudo prático considerando o tempo real para execução dos dois sistemas (com e sem o componente).

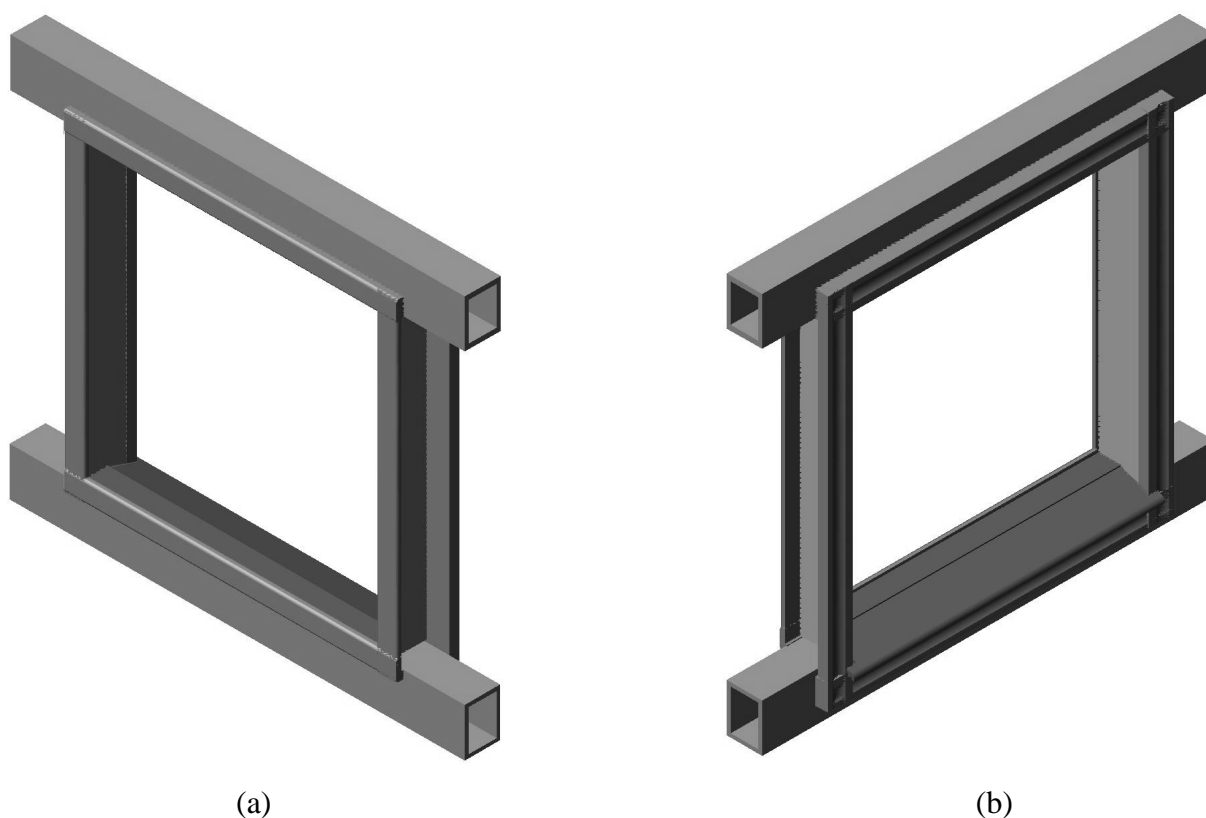


Figura 58: Proposta de componente para a interface janela/alvenaria - vista 3d da face interna (a) e da face externa (b).

A face interna possui moldura incorporada ao componente, com o objetivo de:

- Servir de guarnição de forma a garantir um bom acabamento, cobrindo a possível fissura a formar-se na interface componente/alvenaria, bem como a junta entre janela/componente;
- desempenhar a função de gabarito para a elevação da alvenaria nas laterais do vão, dispensando a conferência com prumo, uma vez que o componente tenha sido aprumado;
- contribuir à racionalização do processo de execução do revestimento, dispensando a instalação de escoras de madeira para o acabamento das quinas de contorno ao vão;
- garantir rigidez ao componente;
- garantir vedação na interface janela/componente (através do transpasse sobre a janela), ainda contribuindo para a fixação da janela, pois a janela é posicionada encostando-a na moldura;

A moldura incorporada ao componente, voltada para a face externa, visa:

- Garantir bom acabamento, tornando menos visível a possível fissura a formar-se na interface componente/alvenaria;
- desempenhar a função de gabarito para a elevação da alvenaria nas laterais do vão, dispensando a conferência com prumo, uma vez que o componente tenha sido aprumado;
- contribuir à racionalização do processo de execução do revestimento, dispensando a instalação de escoras de madeira para o acabamento das quinas de contorno ao vão;
- garantir rigidez ao componente.

A moldura externa foi projetada com maior espessura do que a interna (figura 59), uma vez que o revestimento externo tende a resultar com maior espessura em relação ao interno, pois a verticalização (prumo) externa envolve todos os pavimentos, enquanto que a interna apenas um.

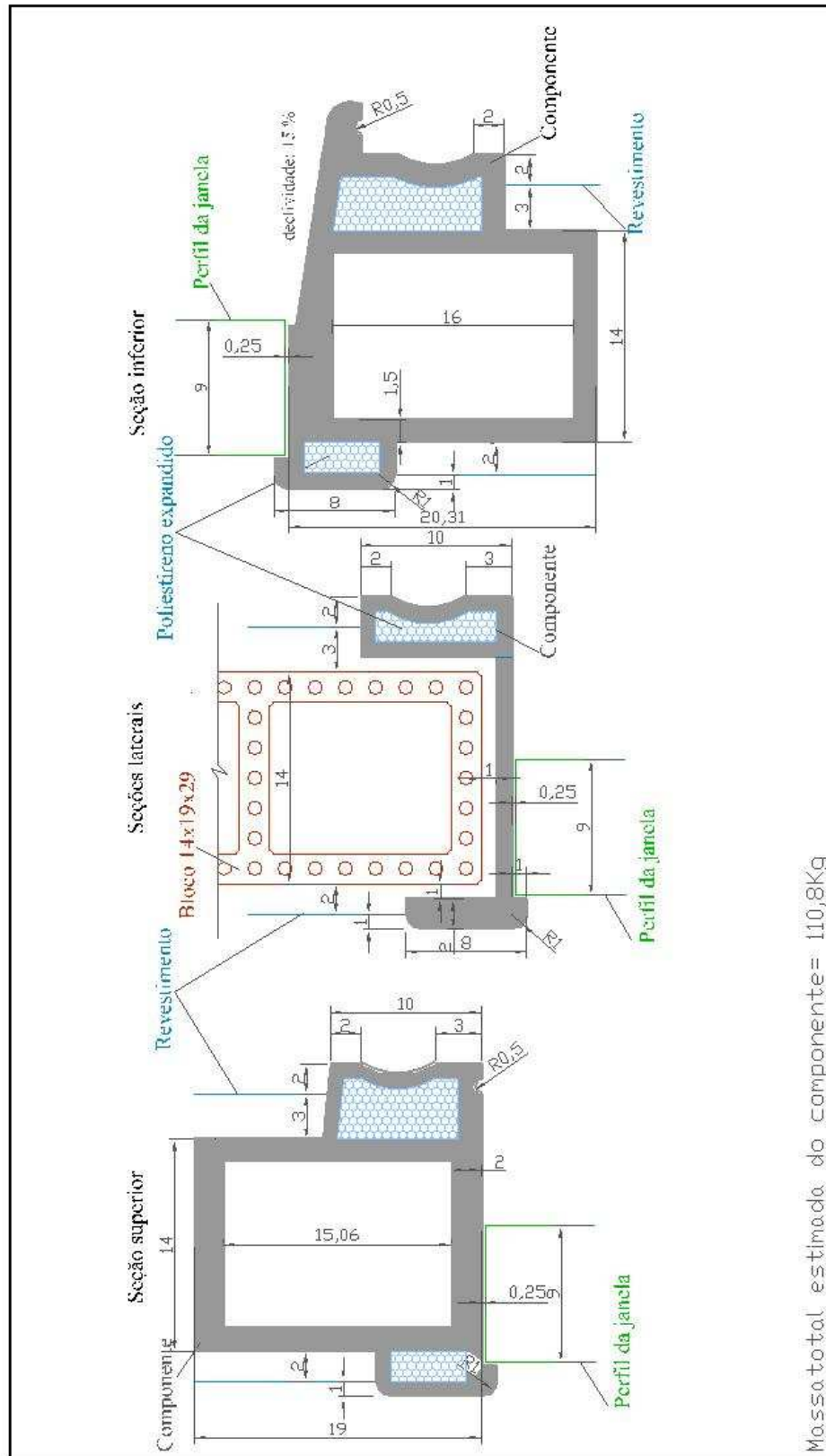


Figura 59: Proposta de componente para a interface janela/alvenaria (vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior).

Na figura 60 têm-se os cortes das seções laterais, superior e inferior (rotacionados) mostrando a locação exata do componente no vão de vedação de 121x121cm, bem como o vão disponível para a inserção da janela (117x119,7cm).

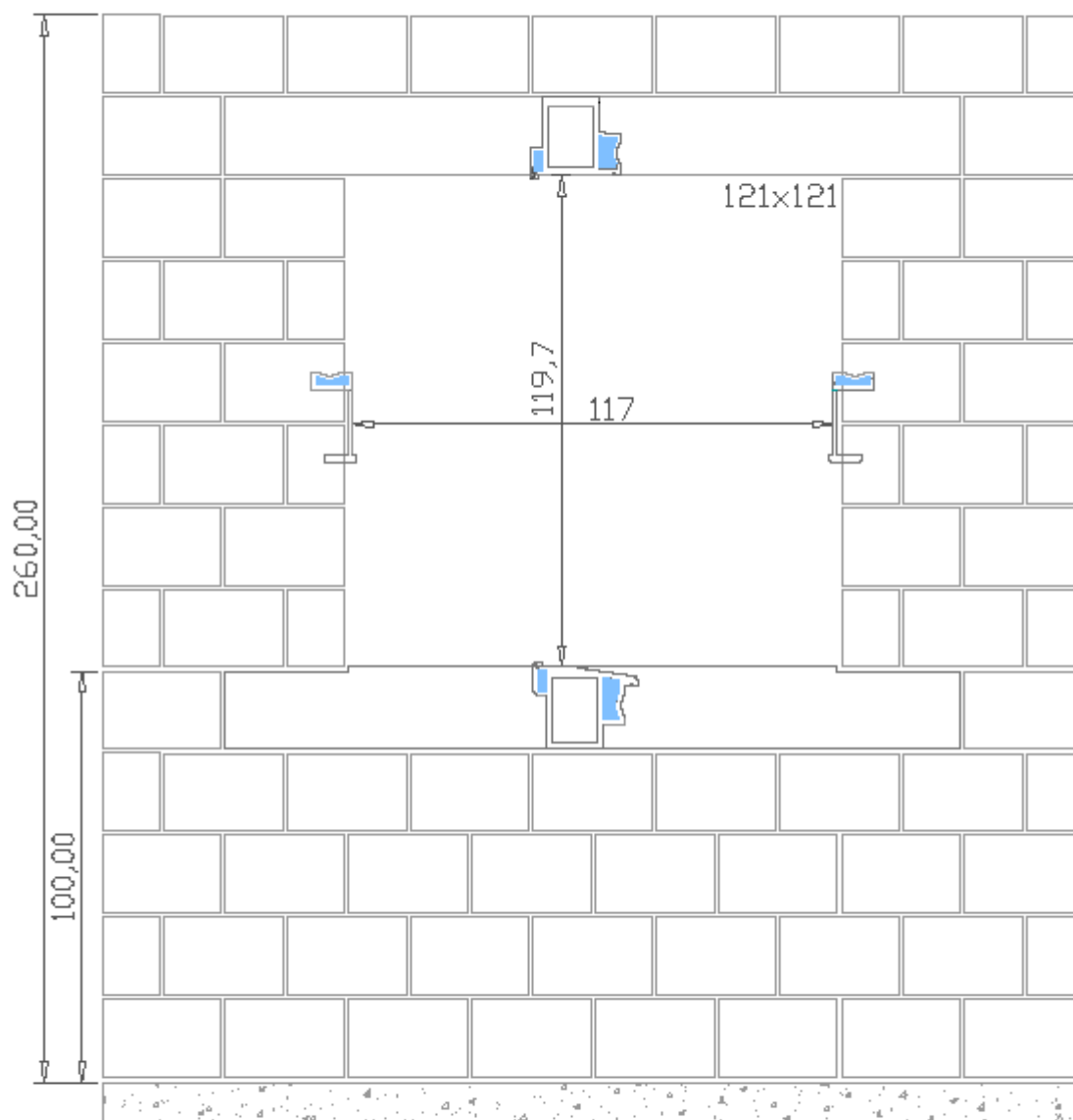


Figura 60: Vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior (rotacionados).

Este trabalho encerra com a sugestão desta proposta de solução para a interface janela/alvenaria. O próximo passo é otimização da sua geometria (análise estrutural) e a posterior análise de desempenho, verificando o real atendimento aos requisitos de desempenho listados no apêndice 1.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo aborda o resumo das conclusões obtidas através das análises realizadas nesta dissertação. Por fim são sugeridos temas para trabalhos futuros que possam dar prosseguimento às contribuições científicas nesta linha de pesquisa.

6.1 CONCLUSÕES FINAIS

O escopo desta dissertação foi o estudo das manifestações patológicas incidentes na interface esquadria/alvenaria e seu entorno, de edificações construídas em alvenaria estrutural modular, possibilitando a análise de suas causas e a elaboração recomendações, bem como propostas de soluções.

Com base nos dados obtidos através do levantamento de manifestações patológicas em empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial (PAR) localizados no estado do Rio Grande do Sul, realizado pelo grupo de pesquisa integrante ao projeto COMPOHIS, desenvolveu-se paralelamente, nesta dissertação, um estudo especificamente da região de entorno às esquadrias.

Utilizando o método de análise sistemática de manifestações patológicas elaborado por RICHTER (2007), que propõe um indicador de coeficientes de defeitos por unidade, foram quantificadas as manifestações patológicas incidentes nos empreendimentos vistoriados. Após o levantamento das ocorrências de manifestações patológicas, foram calculados os coeficientes CDU, sendo inicialmente separados por empreendimento e por face (interna ou externa à edificação). Constatou-se que as diferenças entre os coeficientes CDU por empreendimento e por elemento (face interna e externa) são consideradas significativas para um nível de significância de 95%. A incidência de manifestações patológicas nas faces externas foi aproximadamente 34,6% superior às faces internas.

Visando verificar a incidência de manifestações patológicas na região de entorno às esquadrias foram reunidos os percentuais referentes às manifestações atuantes nesta região e os referentes às manifestações incidentes em todas as demais regiões, como fissuras em

encontro de paredes, umidade próxima à base, descolamentos do revestimento, dentre outros. Concluiu-se que o percentual do número de ocorrências de manifestações patológicas na região de entorno às esquadrias representa aproximadamente 32,5% do total.

Com o intuito de verificar qual o tipo de manifestação (fissura, umidade, descolamento e defeito em relação à planicidade), bem como qual o local mais de maior incidência (próximo a laje, próximo à esquadria, próximo à base, encontro de paredes, isolado e generalizado); foram comparados os coeficientes CDU por tipo de manifestação e local de atuação. Assim, concluiu-se que a região com a maior incidência de manifestações patológicas neste sistema construtivo é a de entorno às esquadrias, e o tipo de manifestação com maior incidência é a fissura.

A incidência de fissuras próximo às esquadrias (tipo e local de manifestação com maior CDU: 0,14) é 45% superior a segunda manifestação patológica com maior incidência, a fissura isolada, seguida da umidade generalizada e fissura mapeada (sendo estas duas últimas sem diferença significativa entre elas).

Com o objetivo de analisar as diferentes formas de manifestações patológicas detectadas na região de estudo (entorno às esquadrias), discriminou-se inicialmente os coeficientes CDU por forma de manifestação patológica, para cada empreendimento estudado. Verificou-se que as diferenças entre os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestações foram consideradas significativas (para um nível de significância de 95%), tanto entre os empreendimentos quanto entre as formas de manifestações.

As manifestações patológicas predominantes nas faces internas foram a umidade, fissuras horizontais e fissuras verticais, ambas com incidências estatisticamente iguais.

Analisando a maneira na qual o CDU referente às manifestações patológicas ligadas às esquadrias é calculado, através do método original adotado, concluiu-se que seu valor é de certa forma subestimado. Frente a esta problemática de diluição das ocorrências de manifestações de entorno às esquadrias, foi proposto uma adaptação ao método, ou seja, para as formas (configurações) de manifestações patológicas incidentes na região de entorno às esquadrias, adotou-se no cálculo do CDU apenas a contagem das faces de paredes que possuíam esquadrias. Utilizando este procedimento, e realizando um novo comparativo dos coeficientes CDU para cada forma de manifestação patológica (faces internas) verificou-se que as formas de manifestações com maior incidência nas faces internas das paredes são umidade generalizada (0,082), fissuras na interface esquadria/revestimento (0,069) e umidade

abaixo da esquadria (0,061), estando estas três situadas no mesmo patamar, não apresentando diferença significativa entre elas. Em seguida, num segundo patamar tem-se 21 configurações nele enquadradas sem diferença significativa entre elas, sendo 11 ligadas às esquadrias. No terceiro patamar enquadraram-se o restante. Nesta análise chega-se a um CDU de 0,696 para as faces internas e reunindo todas as configurações incidentes na região de entorno às esquadrias tem-se um CDU de 0,354. Reforça-se o fato de que a incidência de manifestações patológicas (faces internas) na região de entorno às esquadrias é tão alta quanto a incidência de manifestações atuantes em outros locais.

Já nas faces externas, as manifestações patológicas predominantes foram fissuras horizontais, fissuras verticais e fissuras mapeadas, sendo as três, estatisticamente com mesma magnitude de incidência.

Diferentemente do que ocorreu com as faces internas em que a umidade generalizada foi a manifestação patológica com o maior CDU; nas faces externas não foi detectada umidade generalizada. Acredita-se que isto possa ser explicado pelo fato de as faces externas receberem maior incidência solar.

Adotando o mesmo procedimento anteriormente utilizado para as faces internas, verificou-se que a forma (configuração) de manifestação patológica com a maior incidência nas faces externas foi a fissura mapeada (0,24). Num segundo patamar (sem diferença significativa entre ambas) tem-se a fissura vertical isolada (0,087), fissura vertical sob o peitoril (0,085), fissura horizontal isolada (0,07), fissura vertical próximo ao teto (0,057), fissura horizontal sobre o peitoril (0,043), fissura na interface esquadria/revestimento (0,036), fissura inclinada na extremidade inferior da esquadria (0,034), fissura horizontal uma fiada abaixo da janela (0,034), fissura horizontal a meia altura da esquadria (0,031), fissura horizontal próximo ao teto (0,031), fissura horizontal na extremidade inferior da janela (0,029), fissura horizontal na extremidade superior da esquadria (0,024), fissura vertical na extremidade inferior da janela (0,019). Todas as demais configurações ficaram enquadradas num terceiro patamar, sem diferenças significativas entre elas. Nesta análise chega-se a um CDU de 0,875 para as faces externas e reunindo todas as configurações incidentes na região de entorno às esquadrias tem-se um CDU de 0,372.

Conclui-se que a incidência de manifestações patológicas na região de entorno às esquadrias, tanto nas faces internas quanto nas externas, é tão alta quanto a incidência de manifestações atuantes em outros locais, como: fissuras na interface laje /alvenaria, fissuras isoladas,

mapeadas, umidade e outras. Desta forma, ressalta-se a importância de direcionar estudos visando a redução das falhas atuantes na região de entorno às esquadrias, seja através da melhoria da técnica tradicional, ou então no desenvolvimento de novas soluções.

Nas faces internas, os empreendimentos com os maiores coeficientes CDU foram o PAR-01 (1,11) e o PAR-04 (0,73), não apresentando diferença significativa entre eles. Já nas faces externas os empreendimentos com os maiores coeficientes CDU foram o PAR-04 (2,23) seguido do PAR-08 (1,63).

Analisando as características dos empreendimentos (tabela 08), não foi possível perceber a influência delas no CDU. Por exemplo, não se pôde afirmar que o CDU é maior em edificações térreas, com 2 pavimentos ou mais; ou ainda, que o CDU seja maior em edificações construídas com blocos cerâmicos, de concreto ou tijolos maciços.

Com relação à idade dos empreendimentos, notou-se que entre os empreendimentos com maiores coeficientes CDU tem-se tanto edificações com as menores idades (2 anos) quanto com as idades mais avançadas (5 a 7 anos), ou seja, não se pôde afirmar que a incidência de manifestações patológicas foi maior em edificações com idades mais avançadas ou vice-versa.

Entretanto, percebeu-se que os empreendimentos localizados na região Metropolitana de Porto Alegre apresentaram os maiores valores de CDU, ou seja, maior incidência de manifestações patológicas. A razão para este fato, não pôde ser comprovada neste estudo, mas acredita-se que existe alguma relação com a mão-de-obra.

No item 5.2 do capítulo 5, visando a identificação de causas, foram abordadas especificamente as manifestações incidentes na região de entorno às esquadrias, detectadas através da aplicação da ferramenta pelo projeto COMPOHIS nos empreendimentos vistoriados. Ao todo foram identificadas 17 configurações de manifestações patológicas:

- Fissura na interface esquadria/revestimento;
- Fissura vertical sob o peitoril;
- Fissura horizontal na extremidade superior à esquadria;
- Fissura horizontal sob o peitoril;
- Fissura horizontal a meia altura da esquadria;
- Fissura inclinada na extremidade inferior à janela;
- Fissura vertical na extremidade inferior da janela;

- Fissura horizontal acima da esquadria;
- Fissura inclinada na extremidade superior da esquadria;
- Fissura vertical na extremidade superior da esquadria;
- Umidade acima da esquadria;
- Umidade abaixo da janela;
- Fissura escalonada na extremidade inferior da janela;
- Fissura vertical próximo ao meio do vão da esquadria;
- Descolamento pontual próximo a esquadria.

Baseando-se na bibliografia, bem como em evidências observadas em obras, foram descritas, para cada configuração de manifestação patológica, as possíveis falhas e suas respectivas causas, tanto para o projeto quanto para a execução.

Percebeu-se que as configurações encontradas já vêm sendo estudadas há muito tempo, portanto, suas possíveis causas são conhecidas, entretanto, continuam ocorrendo atualmente nas edificações. Através da análise de causas confirmaram-se as conclusões de Alexandre (2008) de que a ocorrência de uma falha pode estar relacionada a múltiplas causas, tanto no projeto quanto na execução.

No item 5.3 do capítulo 5 foram listadas uma série de recomendações técnicas ao sistema construtivo em alvenaria modular (região das esquadrias) utilizado atualmente em edificações residenciais do programa PAR. Dentre elas, destacam-se recomendações relacionadas ao peitoril, como a utilização de peitoris com barreiras a infiltrações, com declividade, com lacrimal, com o prolongamento longitudinal de suas extremidades em relação às faces laterais dos vãos das janelas e com prolongamento transversal em relação à superfície do revestimento. Estes detalhes evitam infiltrações na parede e sujidade no revestimento. Também destaca-se a importância de minimizar a quebra das arestas dos blocos situados nas extremidades do peitoril, evitando o preenchimento excessivo com argamassa e ainda destaca-se a importância da minimização da espessura da camada de argamassa entre o peitoril e a alvenaria, pois nestes dois casos a retração da argamassa tem provocado o aparecimento de fissuras.

Como alternativa para a redução de problemas na região de entorno às janelas sugere-se a utilização de um componente de conectividade na interface janela/alvenaria, porém

incorporando não apenas as funções do contra-marco, mas também de verga e contra-verga, que embora possua um custo elevado em relação ao contra-marco, ao assumir mais funções acaba diluindo seu custo no momento que minimiza gastos com mão-de-obra, pois globalmente acelera e contribui à racionalização da elevação da alvenaria e ainda etapas posteriores como revestimento e instalação das janelas.

Através da aplicação da ferramenta projetual proposta por Azambuja (2008), descrita no apêndice 1, foi possível comprovar que é possível desenvolver um produto através de um método racional e objetivo. Entretanto, ressalta-se que este trabalho encerra com a sugestão de uma proposta básica de solução para a interface janela/alvenaria. O próximo passo é a otimização da geometria desta solução e a posterior análise de desempenho, verificando o real atendimento aos requisitos de desempenho.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Baseando-se na problemática abordada neste trabalho, algumas sugestões de futuros trabalhos podem ser listadas:

- a) Continuidade ao estudo iniciado neste trabalho, otimizando a geometria de uma das propostas de componente, produzindo protótipos e analisando o desempenho;
- b) Estudos visando o desenvolvimento de novas propostas de componentes para a interface esquadria/alvenaria;
- c) Estudos dirigidos ao desenvolvimento de materiais de custos mais competitivos que possam ser utilizados na produção de componentes para a região de entorno às esquadrias, sejam na produção de novos componentes ou em substituição a materiais nobres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCI. Associação Brasileira da Construção Industrializada. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: Edição ABCI/Projeto/PW, 1990. 280p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706** – Coordenação modular da construção. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5708** – Vãos modulares e seus fechamentos. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5718** – Alvenaria modular. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5722** – Esquadrias modulares. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5725** – Ajustes modulares e tolerâncias. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5726** – Série modular de medidas. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5728** – Detalhes modulares de esquadrias. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5729** – Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136** - Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837** – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6486** – Caixilho para edificação - Janela, fachada cortina e porta externa – Verificação da estanqueidade à água. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821** – Caixilhos para edificação - Especificação. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13530** -Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432** – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1** - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação-Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2** - Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural-Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15575-4** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB- 1220** – Projeto e utilização de caixilhos para edificações de uso residencial e comercial - Janelas. Rio de Janeiro, 1989.

AZAMBUJA, J.A. **Metodologia para o desenvolvimento de produtos à construção civil** (não publicada). Porto Alegre, 2008. 38p. Relatório de pesquisa. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

AZZALIN, Maria. **Building Pathology database and maintenance approach in a well defined context: Calabrian Historical Centres**. DASTEC, 10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components, Lyon, France, 2005.

ALEXANDRE, Ilídio Francisco. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito**. Porto Alegre, 2008. 169p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ASHBY, Michael F. **Materials Selection in Mechanical Design**. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2nd ed, 1999, 502 p.

ASHBY, M. F. **Materials Selection in Mechanical Design**. Great Britain: Butterworth-Heinemann Publication, 2nd ed., 2004,

BARBOSA, K. C. **Avaliação experimental do fenômeno de retração em alvenaria de blocos de concreto**. São Carlos, 2005. 233p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de São Carlos.

BARTH, F. **Design de componentes e paginação de fachadas pré-fabricadas em CRV**. In: Simpósio Internacional - Componentes pré-moldados em cimento Reforçado com Fibras de Vidro - CRV. São Paulo: EPUSP, 2000 (cd).

BARTH, F.; FACCIO, J; BASTOS, P. **GRC Panels on The Façades of The Catedral da Sé**. In: GRC2003- 13 th International Glassfibre Reinforced Concrete Congress. 2003a. Barcelona.

BAUD, Gerard. **Manual de construção**. São Paulo (19--), 441p.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fibre Reinforced Cementitious Composites**. London, Elsevier Applied Science, 1990. 449 pp.

BIDWELL, T. G. **The Conservation of Brick Buildings, The Repair, Alteration and Restoration of Old Brickwork**. Londres, BDA, 1977.

BOMFIM, G. A. – **Metodologia para o Desenvolvimento de Projetos** – João Pessoa, Editora Universitária/UFPB, 1995.

BROOKES, A.J. **Cladding of buildings**. 3^o edition, London: E & FN Spon, 1998. 180p.

BRYMAN, Alan. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, London, 1989. 283 p.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Estimation of thermal and moisture movements and streses**. Garston, 1979. (Digest 227, part 1).

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

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Fondations de maisons: guide pratique pour la conception et l' exécution dès fondations de constructions petites et moyennes**. Bruxelles, 1983. (Note d' information technique 147).

CINCOTTO, M.A. **Patologia das Argamassas de Revestimentos: Análise e Recomendações. Tecnologia das Edificações**. São Paulo: Pini, 1991.

CINCOTTO, M.A.; SILVA, M.A.C; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaios**. Boletim 68/IPT. São Paulo, IPT, 1995.

CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE LÈTUDE ET LA DOCUMENTATION – CIB Report. **Working with the performance approach in building**. Publication 64. Rotterdam. 1982. 30 p.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Porto Alegre, p.79, 1999.

ELDRIDGE, H.J. **Construcción, defectos comunes**. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.

FERRANTE, Maurício. **Seleção de Materiais**. Editora UFSCar, São Carlos – SP, 1^a ed. 1996.

FERRANTE, Maurício. **Seleção de Materiais**. Editora UFSCar, São Carlos – SP, 2^a ed. 2002.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. Tese (Doutorado). São Paulo, EPUSP, 1992. 319 p.

FRIEDRICH EICHLER. **Patología de la construcción**. Barcelona: Ed. Blume, 1978.

GEYER, A.L.B.; BRANDÃO, R.M.L. **Patologias nas edificações com até cinco anos de idade, executadas no Estado de Goiás**. Goiânia, 2007. 122p.

GRANDJEAN, E. (1991). **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman. Trad. por João Pedro Stein.

GRIMM C.T.; KLINGNER R.E. **Masonry Cracks – Slide Show Script**. University of Texas, Austin, 2004.

HANNANT, D.J. **Fibre Cements and Fibre Concretes**. New York, John Wiley & Sons, Ltd., 1978. 219 p.

HARRISON, H.W., VEKEY R. C. de. **Walls, windows and doors: Performance, diagnosis, maintenance, repair and the avoidance of defects**. London: BRE – Building Research Establishment, 1998. 302 p.

IOSHIMOTO, E. **Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais**. PINI, São Paulo, 1988. Tecnologia das edificações – divulgação tecnológica – IPT.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Seminário Habitação: desempenho e inovação tecnológica**. São Paulo: IPT, 2005. 127 p.

ISSA, M.A.; ARMER, A. **Prestress losses in fibreglass pretensioned concrete compression members**. *Materials and Structures*, v.28, n.180, p.330-339, 1995.

KAMINETZKY, D. **Verification of Structural Adequacy**. Rehabilitation, Renovation and Preservation of Concrete and Masonry Structures. Detroit, MI, ACI, 141, 1985.

LANGER, H. **Trazado y composicion de edificios**. Barcelona: Labor, 1960, 211p.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Patologia das Construções**. São Paulo: EPUSP, Boletim técnico. 1986.

LIZUKA, M.T. **Instalação de esquadrias de alumínio: prática e inovação**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado Profissional em Habitação). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo-IPT.

LOURENÇO Paulo. B. **13th International Brick and Block Masonry Conference Amsterdam**, July, 2004.

LUCINI, Hugo C. **Manual técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias**. São Paulo: Ed. Pini, 2001.

LJUNGBERG, Lennart Y. Materials Selection and design for structural polymers. **Materials e Design**, Volume 24, 383-390, 2003 a.

MAANEN, John, Van. **Reclaiming qualitative methods for organizational research: a preface**, In *Administrative Science Quarterly*, vol. 24, no. 4, Dezembro de 1979, p 520-526.

MACHADO, Sofia L. **Sistemática de concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos para alvenaria estrutural**. Florianópolis, 1999. 181p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

MAGALHÃES, E.F. **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2004. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAJUMDAR, A.J.; LAWS, V. **Glass-fibre reinforced cement**. Oxford, BSP Professional Books, 1991. 197 pp.

MAMEDE, Fabiana C. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, 2001. 187p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Carlos.

MARQUES, André C. **Análise de similares: Contribuição ao desenvolvimento de uma metodologia de seleção de materiais e ecodesign**. Porto Alegre, 2008. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio grande do Sul.

MARTINS, Marcel G. **A inovação tecnológica na produção de edifícios impulsionada pela indústria de materiais e componentes**. São Paulo, 2004. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PALADINI, E. P., **Gestão da qualidade: teoria e prática**, São Paulo, editora Atlas S.A., 2000.

PEREIRA, Tatiana C. A. **Avaliação de desempenho de sistemas racionalizados de vedação para edifícios com estruturas metálicas**. Vitória, 2001. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Espírito Santo.

PETRUCCI, Helena Maria Cabeda. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída**. 2000. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE – PCI. **Recommended Practice for Glass Fiber Reinforced Concrete Panels**. Chicago, Precast/Prestressed Concrete Institute, 1994. 99 pp. (Revised Edition).

PROCTOR, B. A. **A review of the theory of GRC**. Cement and Concrete Composites, v.12, p. 53-61, 1990.

RAINER, P. **Movement Control in the Fabric of Buildings**, N. York, Nichols Publishing Company, 1983.

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

RAUBER, Felipe C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. Snata Maria, 2005. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria.

RICHTER, Cristiano. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. Porto Alegre, 2007. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROBINSON, G.; BAKER, M.C. **Wind-driven rain and buildings**. London: E. & F.N.Spon, 1991.

RODRIGUES, P.P.F. (1989). **Controle de qualidade na indústria de pré-fabricados**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

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

ROSSO, S. **Alvenaria estrutural: A gravidade como aliada**. Técnica. Ed. Pini. São Paulo. no 31. 60p.p.38-41. set./out. 1994.

SCHMITT, Heinrich. **Tratado de construcción: elementos, estructuras y reglas fundamentales de la construcción**, 5ª ed. Barcelona: G.Gili, 1974, 648p.

SABBATINI, Fernando H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria estrutural**. São Paulo: EPUSP, Boletim técnico. 1986.

SABBATINI, Fernando H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural Sílico- Calcária**. Dissertação de mestrado. EPUSP/USP, São Paulo, 1984, 298 p.

SABBATINI, Fernando H. O uso da alvenaria como estrutura. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 6., 1987, São Paulo. Palestra de abertura das seções técnicas. São Paulo: Epusp, 1987. p. 1-7.

SABBATINI, Fernando H.. O uso da alvenaria como estrutura. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 6., 1987, São Paulo. Processos construtivos de alvenaria estrutural: **técnicas e materiais adequados**. São Paulo: Epusp, 1987. p. 160 - 167.

SAHLIN, S. **Structural masonry**. NJ: Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 289p. 1974.

SCARTEZINI, L.M.B. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassas: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

SILVA, Vanessa G. **Diretrizes para o projeto de painéis de fachada em cimento reforçado com fibras de vidro**. São Paulo, 1998. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOUZA, Ubiraci E. L.; ARAÚJO, Luiz O. C.. **Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores**. São Paulo: EPUSP, Boletim técnico. 2001.

THOMAZ, E. **Trincas em Edificações: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, Escola politécnica da USP: IPT 1989.

VEFAGO, Luiz H. M. **Fachadas pré-fabricadas em argamassa reforçada com fibra de vidro em três estudos de caso na grande porto alegre**. Florianópolis, 2006. 193p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina.

VILLAGRA, R. M. T. V. Avellán; FORMOSO, C. T. **Avaliação da carga física de trabalho do pedreiro na execução de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos**. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Foz do Iguaçu, 2002, **Anais...**, Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

ZECHMEISTER, D. **Estudo para a padronização das dimensões das unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular**. Porto Alegre, 2005. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio grande do Sul.

**APÊNDICE 1 - PROPOSTA DE COMPONENTE DE CONECTIVIDADE
PARA A INTERFACE JANELA/ALVENARIA**

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na criação de um novo produto de forma que o torne competitivo no mercado é necessário inovar nos materiais, design e processos de fabricação, seguindo uma metodologia, em que o primeiro passo é a analisar as soluções já existentes, denominada “Análise de Similares”, que pode levar em consideração os diversos aspectos do design do produto: materiais utilizados, processos de fabricação, funcionalidade, questões ambientais, bem como as relações entre si e com o consumidor (MARQUES, 2008).

Para Ferrante (2002), os procedimentos que viabilizam um produto ou componente podem ser definidos como um diálogo entre projeto (design) e seleção de materiais. E que interatividade entre projeto, materiais e procedimentos de fabricação é fator que define a viabilização de um produto ou componente.

Segundo Bonfim (1995), é importante a utilização de uma metodologia durante a elaboração do projeto assim como os métodos, ferramentas utilizadas no desenvolvimento do produto, que sempre depende da capacidade técnica e criativa de quem os utiliza.

Neste trabalho, anteriormente à aplicação da metodologia de desenvolvimento do componente é feita uma análise de similares e uma abordagem da relação materiais x design.

1.2 ANÁLISE DE SIMILARES

A região de interface janela/alvenaria é conflitante do ponto de vista construtivo, pois há certa interrupção da elevação da parede no momento em que se chega à fiada na qual será inserida a contra-verga. Neste momento são introduzidos novos componentes ao sistema, representando quebra no ritmo de trabalho. Cuidados com o prumo e dimensões do vão requerem tempo considerável, o mesmo ocorre com a pingadeira em relação ao nivelamento e sua inserção ao vão.

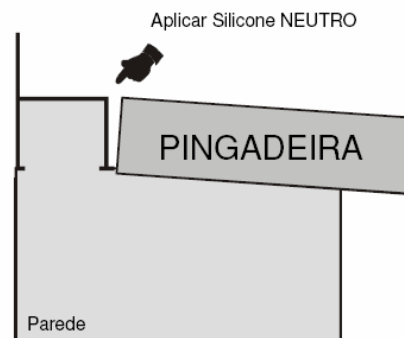
A introdução de componentes industrializados, como por exemplo, o contramarco, é interessante, entretanto, para obras populares há resistência em sua utilização em função do custo. Além de benefícios à produtividade estes componentes podem reduzir incidência de manifestações patológicas, se projetados adequadamente.

Através de uma pesquisa em empresas construtoras na região metropolitana de Porto Alegre, visando tomar conhecimento a respeito das suas experiências com elementos para a interface janela/alvenaria, chegou-se às seguintes conclusões:

- Os contra-marcos de concreto costumam apresentar problemas de estanqueidade (infiltração na face superior externa e extremidades inferiores); fissuras nas extremidades (junções entre as seções verticais e horizontais); peso excessivo e ruptura de extremidades.
- Os contra-marcos de alumínio (figura 61) apresentam bom desempenho como gabarito ao vão, no sentido de proporcionar a conclusão da execução do revestimento com o adiamento do custo das esquadrias para o final da obra. Entretanto, como não agrega tantas funções como o contramarco de concreto, acaba sendo uma solução de alto custo para ser adotado em edificações de interesse social.



(a)



(b)

Fonte: Empresa Atlântica, portas e janelas de alumínio (www.atlantica.ind.br).

Figura 61: (a) contramarco de alumínio; (b) esquema mostrando o posicionamento do contramarco e da pingadeira.

Há no mercado alguns componentes pré-moldados utilizados na interface janela/alvenaria, que basicamente são os contramarcos (figuras 62 e 63) e as molduras (figura 64). Com relação aos contramarcos produzidos em argamassa armada, destacam-se alguns objetivos:

- Servir de gabarito para o vão, agilizando a elevação da parede, pois uma vez apurado e nivelado dispensa preocupações com as dimensões do vão;
- Aumentar a precisão dimensional do vão da janela, dispensando ajustes ou preenchimentos excessivos, que são origens de manifestações patológicas;
- Melhorar a estanqueidade desta região que é propícia a infiltrações principalmente nas extremidades inferiores;
- Incorporar o peitoril em sua forma, assim o dispensando,
- Melhorar o acabamento externo através de moldura incorporada em sua forma.



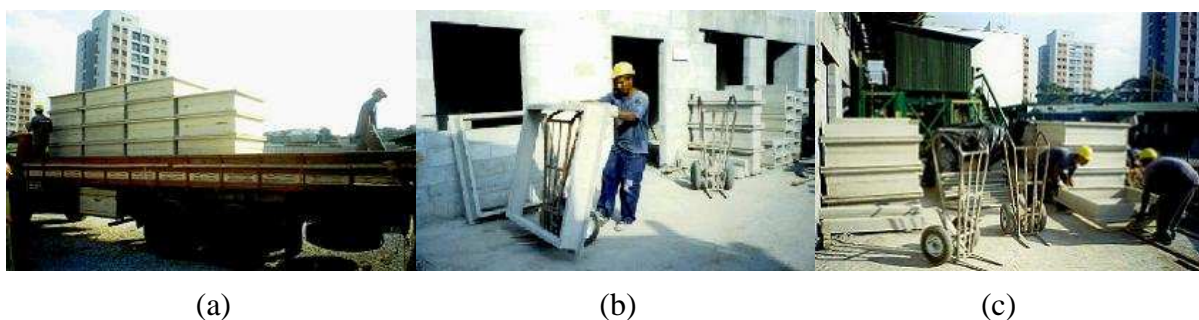
(a)



(b)

Fonte: Empresa Rockenbach (disponível em: www.rockenbach.ind.br)

Figura 62: (a) e (b): contramarco pré-moldado; elevação da alvenaria.



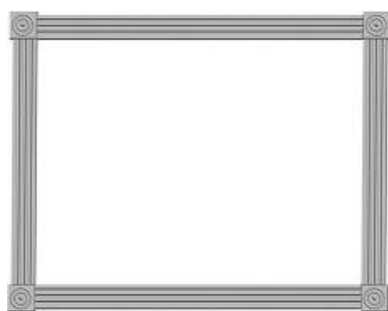
Fonte: Rockenbach (disponível em: www.rockenbach.ind.br)

Figura 63: (a), (b), (c): contramarco pré-moldado; transporte.

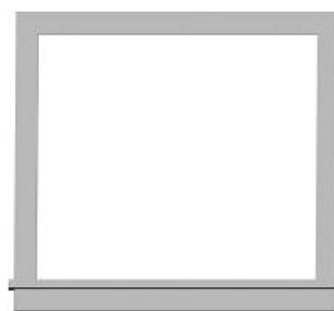
Os contramarcos produzidos em argamassa armada, dependendo de suas dimensões, apresentam algumas desvantagens, como: peso relativamente alto, quebra de extremidades no momento de transporte, fissuras nos cantos tornando-se pontos de infiltrações e entrada de água pela face superior (entre a moldura e o revestimento). Cabe ressaltar que as fotos apresentadas são apenas ilustrativas, não necessariamente estando relacionadas às desvantagens descritas acima. Estas desvantagens referem-se aos contramarcos em geral.

As molduras (figura 64) geralmente são fabricadas com EPS (isopor) revestido com tela de poliéster e argamassa sintética modificada com aditivo. São utilizadas principalmente para fins estéticos, caracterizando-se pela riqueza em detalhes, e ainda desempenham funções como:

- Cobrir as extremidades de contorno às janelas, que sendo locais propícios ao aparecimento de fissuras, acabam encobrendo certa parcela destes possíveis defeitos;
- Nas molduras com peitoril incorporado, dispensam serviços relacionados a ele, além de reduzir possíveis infiltrações nas extremidades inferiores, pois não possuem juntas entre a pingadeira e as faces laterais.



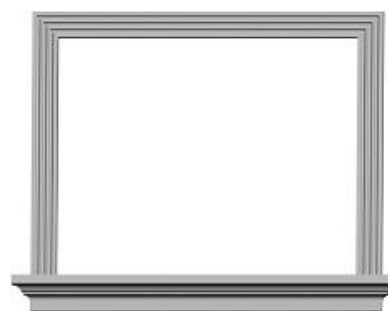
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Rockenbach (disponível em: www.rockenbach.ind.br)

Figura 64: (a), (b), (c) e (d): Molduras em EPS revestido com tela de poliéster e argamassa.

As molduras apresentam como desvantagens: seu custo, inviabilizando, por exemplo, o uso em habitações populares; também sua fragilidade ao impacto (principalmente nas extremidades) que podem ocorrer no momento do transporte ou ainda após sua colocação antes da conclusão da obra. Como geralmente possuem detalhes complexos, danos causados por impactos acidentais são difíceis de serem concertadas em obra. Assim, sua utilização demanda mão-de-obra com considerável nível de treinamento.

1.3 SELEÇÃO DE “MATERIAIS X DESIGN”

Segundo Ashby (1999), no processo relacionado ao design estão inseridas as decisões ligadas aos materiais do qual o produto deve ser composto bem como seu processo de fabricação e que normalmente a escolha do material é ditada pelo projeto, entretanto às vezes ocorrendo de outra maneira: o produto novo, ou a evolução do existente, foram sugeridos ou se fizeram possíveis pelo material novo.

O processo de seleção de materiais deve ser considerado uma tarefa interdisciplinar necessitando conhecimentos de outras áreas, como por exemplo, o marketing e o planejamento estratégico (FERRANTE, 1996).

Segundo Ljungberg (2003) *apud* Marques (2008), a seleção dos materiais pode ser realizada de distintas formas, entretanto, baseando-se em princípios similares; de forma que a seleção do material otimize o produto, principalmente nos seguintes aspectos: demandas estruturais e de função, métodos de produção, mercado ou demanda dos usuários, forma, preço, impacto ambiental e vida útil. O mesmo autor afirma que a mudança no material em determinado produto comumente altera o projeto para que haja otimização das características ou métodos de fabricação.

Ashby (1999) apresenta três critérios dos quais interagem entre si e que estão ligados à seleção do material: a função, o processo e a forma (figura 65).



Fonte: ASHBY (1999).

Figura 65: Critérios que estão ligados à seleção do material.

Ferrante (2002) afirma que o conceito básico que envolve os procedimentos de seleção pode ser denominado “filosofia do compromisso”, entendida como o eventual sacrifício de uma ou mais propriedades em benefício de uma otimização geral, o que pode ser muito complexo quando se tem grandezas inter-relacionadas, citando como exemplo o conflito da resistência

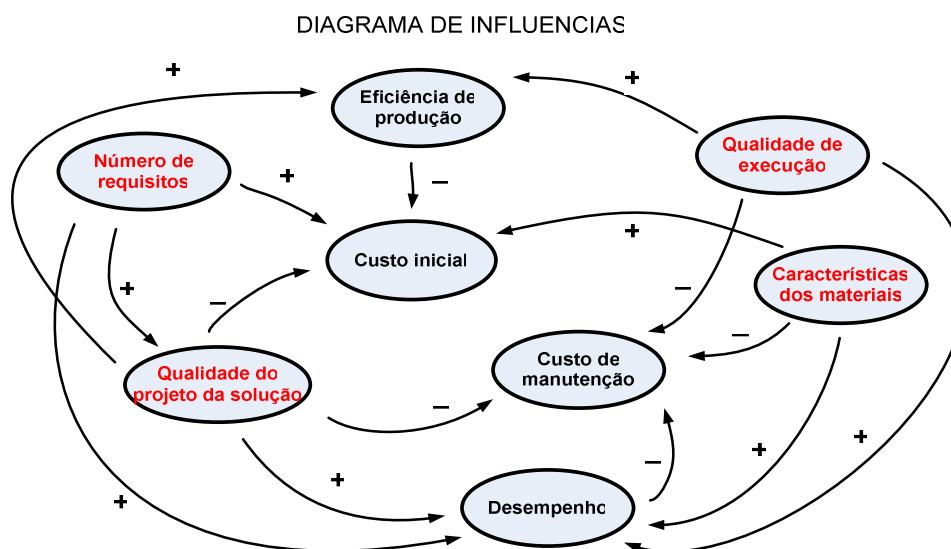
mecânica com a resistência à propagação de trincas (tenacidade), propriedades tipicamente excludentes.

1.4 PROJETO DO COMPONENTE

Neste trabalho, o desenvolvimento de uma proposta de componente de conectividade para a interface janela/alvenaria para a o sistema construtivo em alvenaria modular baseia-se numa metodologia (ainda não publicada) desenvolvida por Azambuja (2008), pesquisador do NORIE-UFRGS, que pode ser aplicada por uma pessoa ou por um grupo de pessoas. Algumas etapas como a definição dos requisitos de desempenho, definição das funções do componente, entre outras, são beneficiadas pelo trabalho em grupo (painel de especialistas, por exemplo), enquanto outras são indiferentes.

Inicialmente, através do grupo de pesquisa do NORIE foram abordados os aspectos envolvidos no desenvolvimento do componente: as funções a serem desempenhadas, a qualidade do projeto da solução (considerada aqui de forma genérica, sem especificação de dimensões), a qualidade da execução dos elementos, a qualidade dos materiais empregados, a eficiência da produção (ou visto de forma reversa, seus gargalos e ineficiências), o custo inicial do componente, o custo de manutenção do componente e, finalmente, o desempenho da solução adotada.

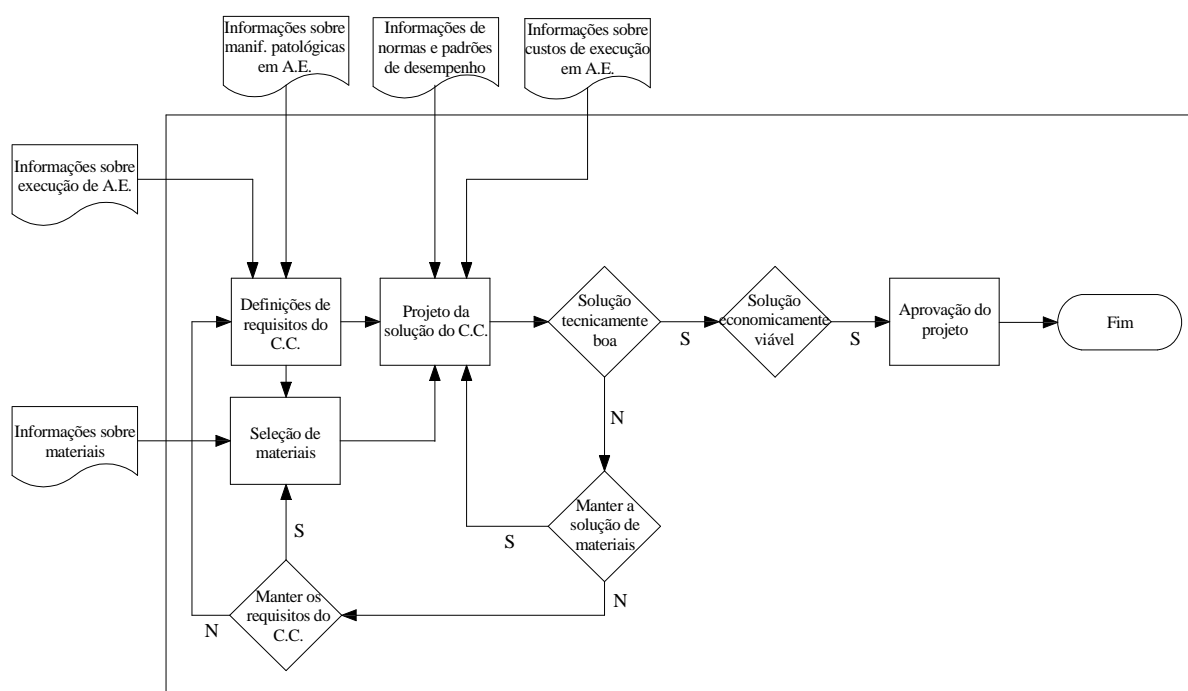
Visando identificar as relações entre estes aspectos, de forma a auxiliar decisões ao longo do processo de desenvolvimento do componente, Azambuja (2008) criou um diagrama de influências (figura 66).



Fonte: AZAMBUJA (2008).

Figura 66: Diagrama de influências identificando as relações entre os aspectos envolvidos no desenvolvimento de um componente.

A metodologia de projeto do componente seguirá o disposto no fluxograma apresentado na figura 67, proposto por Azambuja (2008), com a interatividade entre design e seleção de materiais, envolvendo informações relacionadas ao tipo de construção na qual o componente será inserido (alvenaria modular), informações sobre materiais, informações referentes à desempenho, custo e estudo de manifestações patológicas.



Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

Figura 67: Fluxograma do processo de projeto do componente proposto por Azambuja (2008).

A fase inicial do projeto do componente engloba a definição dos requisitos de desempenho do componente. Uma vez definidos os requisitos, prosseguindo-se o projeto, depara-se às duas variáveis de projeto disponíveis: material e geometria. Existe uma interação entre elas, visto que a definição do material cria algumas possibilidades e limitações à geometria. Em contrapartida, a definição de uma geometria limita o uso a determinados materiais, ou pelo menos torna mais atraente o uso de alguns materiais em detrimento de outros.

Após a fase de definição dos requisitos de desempenho, desenvolve-se um processo sistemático para a definição de material e outro para geometria. Após estes processos, verifica-se a qualidade técnica e viabilidade econômica da (s) solução (s) encontrada (s).

1.4.1 Definição dos requisitos de desempenho

Após uma breve introdução ao assunto, serão abordados os requisitos de desempenho propostos para a avaliação do componente para a interface janela/alvenaria.

A NBR 15575-1 (2008) apresenta a seguinte definição para requisitos:

“Condições que expressam qualitativamente os atributos que o edifício habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer as exigências do usuário”.

A edificação deve suportar os efeitos da degradação devido ao uso e ao ambiente, bem como manter o desempenho previsto em projeto, garantindo resistência, estabilidade e habitabilidade. Assim as edificações devem garantir o bem estar do usuário, respondendo satisfatoriamente a solicitações impostas pelo meio, como alterações climáticas, chuva, vento, ruído, radiação térmica e pela própria ocupação da edificação (impactos, adição de carregamentos e geração de umidade), (CIRIA, 1992a; HARRISON & VEKEY, 1998 *apud* Pereira 2001).

Comportamento em uso; esta é a definição para desempenho. Ou seja, o produto deve possuir propriedades que garantam o cumprimento de sua função durante a vida útil. Uma gama de ações em função de fenômenos de origem natural ou da própria utilização do edifício, que são denominadas condições de exposição, agem nas edificações. Assim, o desempenho da edificação é o resultado do equilíbrio estabelecido entre ela e o seu meio, que só ocorre com a edificação em uso. Entretanto, pode-se obter uma estimativa do seu desempenho potencial através da realização de ensaios e medidas em protótipos, da utilização de modelos matemáticos e físicos que simulem o comportamento do edifício, julgamento técnico e inspeções realizadas nos protótipos (SOUZA, 1988; MITIDIARI, 1998).

A avaliação de desempenho de um produto é fundamentada em requisitos e critérios de desempenho. Os requisitos e critérios baseiam-se nas exigências dos usuários, que definem os parâmetros para os atributos do produto e são entendidas como as necessidades que devem ser satisfeitas por este; caracterizadas pelo conjunto de influências ou ações atuantes sobre o produto durante sua vida útil e nas exigências dos métodos de ensaio para a avaliação de comportamento de uso (CIB, 1982).

As exigências dos usuários expressam o conjunto de necessidades do usuário a serem satisfeitas pelo produto, de forma que cumpra com suas funções (CIB, 1982; NBR 15575-1 *et al.*, 2008).

A NBR 15575-1 (2008) classifica as exigências dos usuários em três grupos: segurança, habitabilidade e sustentabilidade, sendo cada um destes subdividido em fatores específicos. Esta norma aborda uma série de exigências dos usuários que servem como referência ao estabelecimento dos requisitos, sendo subdividida da seguinte forma:

Exigências do usuário relativas à segurança:

- Segurança estrutural;
- segurança contra o fogo;
- segurança no uso e na operação.

Exigências do usuário relativas à habitabilidade:

- Estanqueidade;
- conforto térmico;
- conforto acústico;
- conforto lumínico;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- conforto tátil e antropodinâmico.

Exigências do usuário relativas à sustentabilidade:

- Durabilidade;
- manutenibilidade;
- impacto ambiental.

O projeto de um artefato é função de três variáveis: carga (ou demanda), material e forma (ASHBY, M. F., 2004). Entretanto, a carga normalmente não é uma variável à disposição do projetista, mas um dado do projeto, que deve ser definida aprioristicamente. Portanto, ele não pode alterá-la. Isto é, uma vez definido os requisitos de desempenho que devem ser atendidos pelo artefato, as cargas são decorrentes destes requisitos, de acordo com definições de desempenho fornecidas pelas normas. Deste modo, as únicas duas variáveis à disposição do projetista são material e forma (AZAMBUJA, 2008)

CIB (1982) utiliza o conceito de funcionalidade e baseia-se na definição de uma função ou funções do artefato. Já a NBR 15575-1 (2008) utiliza o conceito de requerimentos dos usuários. O conceito de requerimento utilizado pelo CIB é diferenciado daquele fornecido pela norma brasileira NBR 15575-1. No primeiro, usuário é todo aquele que, de alguma maneira, interage com a edificação (vizinhança, proprietários, funcionários da construção, projetistas e ocupantes da edificação). Na norma brasileira, usuário é definido apenas como o usuário final da edificação. Também é importante estabelecer diferenças entre os termos “função” e “requerimentos dos usuários” (AZAMBUJA, 2008).

Já uma exigência do usuário, por definição, refere-se àquele que utiliza a edificação. E tal exigência pode ser atendida durante qualquer momento em todo o ciclo de vida da edificação. Considerando que o termo “requerimento do usuário” é um termo consolidado e que um grande número de funções pode ser identificada como requerimentos com critérios claramente definidos em norma, este estudo retém o conceito de requerimento. Entretanto, este conceito terá o uso ampliado fornecido pelo CIB (CIB, 1982), através de duas definições: 1) serão considerados usuários todos aqueles que, de alguma maneira interagirem com o artefato a ser desenvolvido; 2) algumas funções serão específicas e não encontrarão critérios equivalentes em normas de requerimentos. Nestes casos, tais critérios são desenvolvidos e aprovados por um painel de especialistas (AZAMBUJA, 2008).

A NBR15575-4 (2008), que aborda os sistemas de vedações verticais externas e internas, apresenta os seguintes requisitos para os sistemas de vedações:

- Segurança estrutural;
- segurança contra incêndio;
- uso e operação;
- estanqueidade;
- desempenho térmico;
- desempenho acústico;
- desempenho lumínico;
- durabilidade e manutenibilidade;
- saúde;
- funcionalidade;
- conforto antropodinâmico;
- adequação ambiental.

O quadro 15 apresenta a lista geral de exigências dos usuários e requisitos de desempenho atribuídos ao componente tomando-se como base a NBR 15575-4 e um painel de especialistas, gerando uma configuração final à qual será adotada neste trabalho.

Como alguns requisitos necessitam de um nível maior de especificidade para que o componente possua a qualidade desejada. Esta especificidade é apresentada no quadro de requisitos específicos (quadro 16).

Quadro 15 – Lista geral de exigências dos usuários e requisitos de desempenho atribuídos ao componente.

GRUPO	EXIGÊNCIA	REQUISITO
Segurança	Segurança estrutural	<ul style="list-style-type: none"> Estabilidade e resistência estrutural. Rigidez e integridade física (fissuras). Resistência ao impacto de corpo duro e corpo mole.
	Segurança contra incêndio	<ul style="list-style-type: none"> Segurança estrutural em situação de incêndio.
Habitabilidade	Estanqueidade	<ul style="list-style-type: none"> Infiltração de água nas interfaces janela/componente e componente/alvenaria.
	Desempenho térmico	<ul style="list-style-type: none"> Isolamento térmico. Absorção de dilatações térmicas.
	Desempenho acústico	<ul style="list-style-type: none"> Isolamento acústico.
	Saúde, higiene e qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> Indisponibilidade a proliferação de microorganismos. Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à edificação.
	Conforto tátil	<ul style="list-style-type: none"> Conforto e segurança tátil.
Sustentabilidade	Durabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Durabilidade em uso normal.
	Manutenibilidade	<ul style="list-style-type: none"> Acessibilidade.
	Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Incorporação de energia. Reciclabilidade.
Construtibilidade	Trabalhabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Moldabilidade. Montabilidade.
	Conectividade	<ul style="list-style-type: none"> Coordenação modular. Gabarito do vão.
	Transportabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Ergonomia. Transportabilidade.
Economicidade	Viabilidade econômica	<ul style="list-style-type: none"> Valor competitivo

Quadro 16- Lista de requisitos específicos atribuídos ao componente.

REQUISITO	REQUISITO ESPECÍFICO
Moldabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Acabamento interno e externo.
Montabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Fixação da janela. Ligações estáveis e estanques entre sub-componentes.
Coordenação modular	<ul style="list-style-type: none"> Padronização Absorção de imprecisões dimensionais

A seguir serão abordados os requisitos de desempenho aos quais deverão ser atendidos pelo componente de conectividade para a interface janela/alvenaria a ser proposto neste estudo.

1.4.1.1 Segurança estrutural

Segundo a NBR 15575-4 (2008), os sistemas de vedação devem apresentar nível de segurança considerando-se as combinações passíveis de ocorrerem durante a vida útil do edifício ou sistema. Assim, os requisitos referentes à segurança estrutural dependerão das funções as quais o componente irá assumir. Portanto, caso seja projetado de forma a incorporar as funções de verga e contra-verga, deverá resistir às solicitações transmitidas pelas paredes, o que não ocorrerá para o caso de ser projetado sem função de verga e contra-verga.

É interessante, tanto técnica, quanto economicamente, que este componente incorpore o maior número de funções possíveis. Então os requisitos estarão baseados na hipótese de que o componente assumirá as funções de verga e contra-verga.

Uma pesquisa realizada por Mamede (2001) com o objetivo de estudar o fluxo de tensões ao redor das aberturas, através de simulação teórica por modelagem numérica com elementos finitos apresentou resultados que contribuem para o lançamento dos requisitos ligados à segurança estrutural. O estudo desta autora simula o carregamento num edifício de quatro pavimentos, cuja parede inferior (analisada) é solicitada pelo peso das paredes dos pavimentos superiores e pela contribuição das reações das lajes; o seu peso próprio foi desconsiderado.

As paredes foram consideradas com espessura de 14 cm, pé direito de 272 cm. Adjacentes às aberturas, foram consideradas paredes com 120 cm para cada lado, que segundo a autora é suficiente para que as tensões concentradas nos cantos das aberturas se estabilizem.

O carregamento do pavimento foi calculado com base em lajes maciças de concreto de 8 cm de espessura, vãos típicos de 3 m, armadas em uma única direção, o que resultou no valor da reação de 6 kN/m. As paredes externas receberam carregamento equivalente a 34 kN/m e as paredes internas 52 kN/m. A autora utilizou no processamento o Plane 42, quadrilateral, com quatro nós e dois graus de liberdade por nó, para estado plano de tensão. A estrutura foi discretizada por elementos espaçados de 10 cm. Todos os nós localizados na base da estrutura foram definidos como totalmente restritos.

Conforme alguns resultados do processamento da modelagem em elementos finitos esquematizado nas figuras 68 e 69 que representam o fluxo de tensões, Mamede (2001) descreve importantes conclusões.

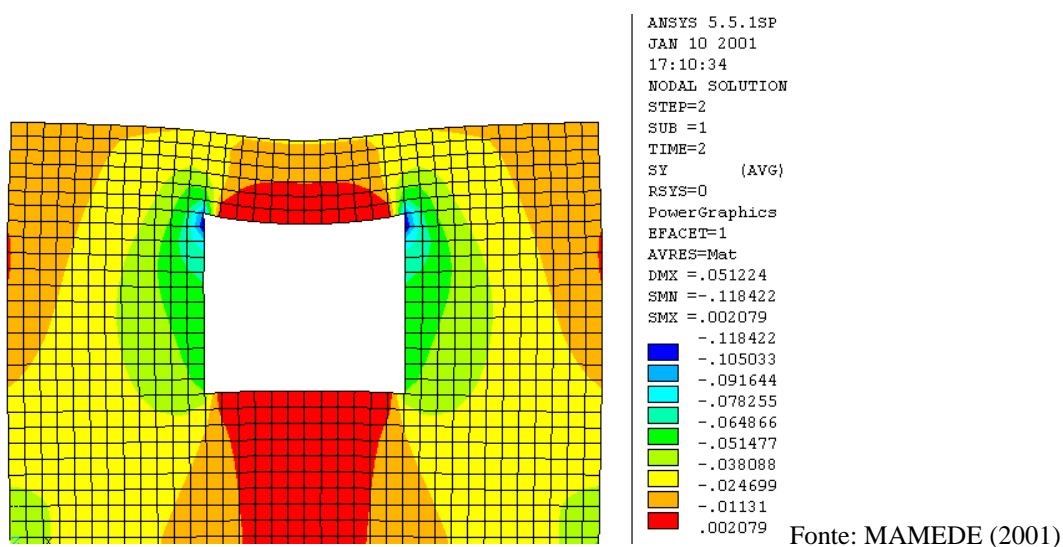
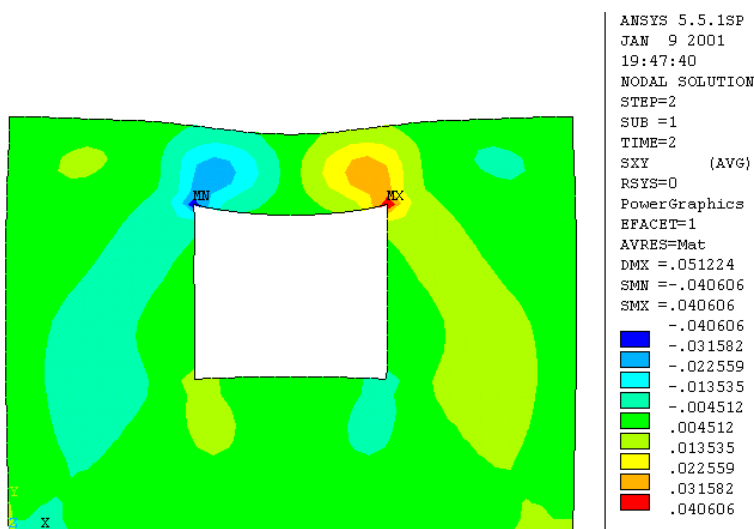


Figura 68: Tensões σ_y para J120x120x100 (kN/cm²)

Segundo Mamede (2001) o valor da tensão média de compressão atuante nas paredes adjacentes é de 0,036 kN/cm², sendo que nos cantos superiores das aberturas, há uma concentração de tensões de compressão. O valor desta tensão concentrada, 0,118 kN/cm², ultrapassa o valor admissível, adotado como o dobro da tensão média de compressão atuante nas paredes adjacentes (2x fMk), que resulta em 0,072 kN/cm². Mamede (2001) conclui que para absorver estas tensões concentradas nos cantos é necessário o prolongamento da verga em relação ao vão num comprimento inferior a um bloco, entretanto, aconselha o prolongamento em comprimento equivalente a um bloco de cada lado, pois aproveita a modulação e simplifica a execução.



Fonte: MAMEDE (2001).

Figura 69: Tensões τ_{xy} para J120x120x100 (kN/cm²).

O valor da tensão de cisalhamento atuando nos cantos superiores das aberturas é superior ao valor admissível especificado pela NBR 10837 (1989) que é 0,15 MPa (0,015 KN/cm²), comprovando a necessidade de armadura nessa região (MAMEDE, 2001). Nota-se pela figura 69 que o valor da tensão de cisalhamento máxima foi de 0,04 KN/cm².

Segundo Sabbatini (2003), as contra-vergas devem ultrapassar a lateral do vão em pelo menos $d/5$ ou 30 cm (o mais rigoroso dos dois, onde “d” é a largura do vão da esquadria) e as vergas, o apoio lateral deve ser de no mínimo de $d/10$ ou 10 cm (o mais rigoroso dos dois, onde “d” é a largura do vão da esquadria).

Segundo a NBR 10837 (1989) a verga deve ser dimensionada adotando as seguintes considerações:

- Considerar como carregamento o peso da parte da parede compreendida no triângulo isósceles definido sobre a abertura;
- a carga uniformemente distribuída de um pavimento acima do triângulo referido não será considerada no dimensionamento;
- da carga de um pavimento que atue sobre a parede dentro daquele triângulo, como carga uniformemente distribuída, só é considerada a parte compreendida no triângulo;
- para cargas concentradas deve-se considerar sua propagação num ângulo de 60°.

Com relação ao deslocamento máximo admitido nesta região, tem-se o limite de $L/500$, extraído da NBR 6118 (2003), sendo L o comprimento do vão. Entretanto, na execução tradicional de paredes que contenham vãos destinados a esquadrias, elas são inseridas após a acomodação da estrutura, portanto após os deslocamentos iniciais. Esta situação não ocorrerá quando da utilização do componente, pois ele será inserido durante a elevação da parede, e impedirá de imediato os deslocamentos. Como a folga entre a janela e o componente é mínima ao ponto de não admitir deslocamentos da ordem de $L/500$, não será possível adotar as recomendação da NBR 6118 (2003) com relação ao limite de deslocamento. Baseado nesta problemática, propõe-se que o limite para deslocamentos da alvenaria na região sobre e sob o vão da janela não deve exceder $L/1000$.

1.4.1.1.1 Requisito: Estabilidade e resistência estrutural

O componente deve garantir estabilidade e resistência estrutural do vão com segurança, considerando as combinações de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil.

1.4.1.1.1.1 Critério: nível de segurança

O componente deverá resistir à aplicação de cargas que simulem ações reais de uso, com nível de segurança igual ou superior ao coeficiente de segurança adotado para edificações residenciais em alvenaria estrutural atendendo a NBR 10837 (1989) e garantindo o mesmo nível de segurança nas regiões de maiores tensões, conforme demonstrado por Mamede (2001) anteriormente em 1.4.1.1.

1.4.1.1.1.2 Método de avaliação: Ensaio de resistência mecânica.

Para este ensaio, propõe-se que o componente receba carregamento de forma que seja simulada situação real de uso, inclusive a mais desfavorável, tanto com aplicações de cargas uniformemente distribuídas como concentradas, conjuntamente.

1.4.1.1.2 Requisito: Rigidez

O componente deverá possuir rigidez tal que os deslocamentos devidos às ações de carregamento normais de serviço não excedam os limites aos quais tornam-se visíveis ou comprometam a segurança ou a execução dos serviços posteriores.

1.4.1.1.2.1 Critério: Limite para deformações

Não serão aceitos deformações superiores a $L/1000$ (limite de deformações baseado nas recomendações da NBR 6118 (2003), entretanto adaptado para esta situação específica), quando o componente receber aplicação de carga equivalente a situações normais de uso, inclusive nas combinações de ações mais desfavoráveis, sendo L o comprimento do vão.

1.4.1.1.2.2 Método de avaliação: Medição da deformação através de deflectômetro.

1.4.1.1.3 Requisito: Resistência ao impacto de corpo duro.

Segundo a NBR 15575-4, os sistemas de vedações verticais internas e externas devem resistir ao impacto de corpo duro.

1.4.1.1.3.1 Critério: Impactos de corpo duro.

Esta mesma norma estabelece diferentes critérios de aceitabilidade para as vedações verticais internas e para as externas. Como o componente estará inserido nas vedações externas, adotou-se os critérios das vedações externas (conforme tabela f.5 da NBR 15575-4, 2008).

1.4.1.1.3.2 Método de avaliação

O método de avaliação a ser adotado será o recomendado pela NBR 15575-4 que infere à NBR 11675.

1.4.1.1.4 Requisito: Resistência ao impacto de corpo mole.

Segundo a NBR 15575-4, os sistemas de vedações verticais internas e externas devem resistir a choques acidentais gerados pela própria edificação ou choques provocados por tentativas de intrusões intencionais ou não, sendo simulados através de ensaio de impacto de corpo mole.

1.4.1.1.4.1 Critério: Impactos de corpo mole.

Esta mesma norma estabelece diferentes critérios de aceitabilidade para as vedações verticais, dependendo de sua tipologia: com ou sem função estrutural, externa ou interna. Neste

trabalho serão adotados os critérios propostos para vedações externas com função estrutural, devido ao fato de o componente estar situado externamente e desempenhar função estrutural (verga), conforme tabela F.3 da NBR 15575-4, 2008.

1.4.1.1.4.2 Método de avaliação

O método de avaliação a ser adotado será o recomendado pela NBR 15575-4 que infere à NBR 11675.

1.4.1.2 Segurança contra incêndio

A NBR15575-1 (2008) estabelece uma série de requisitos referentes à segurança contra incêndio, de forma que as exigências nela presentes são pautadas em:

- Baixa probabilidade de início de incêndio;
- Alta probabilidade dos usuários sobreviverem sem sofrer qualquer injúria;
- Reduzida extensão de danos à propriedade e à vizinhança imediata ao local de origem do incêndio.

Dentre os requisitos listados nesta norma, destaca-se o de segurança estrutural, sendo importante para a análise de desempenho do componente objeto deste estudo. Com relação a este requisito, a NBR15575-1 (2008) remete à NBR 14432 (2000) da qual deve ser atendida.

Segundo a NBR 14432 (2000) em função do tipo da ocupação/uso da edificação, é estabelecido o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), que é o tempo mínimo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio padrão.

Incêndio padrão é definido por esta norma como a elevação padronizada de temperatura em função do tempo, dada pela seguinte expressão:

$$\theta_g = \theta_0 + 345 \log(8t + 1)$$

onde:

t é o tempo, em minutos;

θ_0 é a temperatura do ambiente antes do início do aquecimento, em graus Celsius, geralmente tomada igual a 20°C;

θ_g é a temperatura dos gases, em graus Celsius, no instante t.

1.4.1.2.1 Requisito: Segurança estrutural em situação de incêndio.

Em situação de incêndio o componente deve minimizar o risco de colapso estrutural.

1.4.1.2.1.1 Critério:

O componente deverá possuir desempenho com relação ao incêndio, de forma que as recomendações da NBR 14432 (2000) sejam atendidas. Portanto, deverá garantir a segurança estrutural para um TRRF de 60min. Este limite fica estabelecido considerando que o componente será projetado visando sua aplicação à edificações residenciais de interesse social, que atualmente no Brasil, não estão sendo construídos com altura superior a 23m.

1.4.1.2.1.2 Método de avaliação

Análise através de exposição do componente a incêndio padrão conforme descrito na NBR 14432 (2000).

1.4.1.3 Estanqueidade

Segundo a NBR 15575-4 (2008), os sistemas de vedação vertical externos da edificação, incluindo a junção entre a janela e a parede devem permanecer estanques, e não apresentar infiltrações que proporcionam borrifamentos ou formações de gotas de água aderentes na face interna, entretanto podendo ocorrer pequenas manchas de umidade.

Para a análise de desempenho do componente propõe-se a adoção das recomendações da NBR15575-4 (2008), bem como da NBR 6486 (2000). Na tabela 11 são descritas as condições de ensaio de estanqueidade de sistemas de vedações verticais externas que variam em função das condições de exposição conforme as regiões brasileiras apresentadas na figura 70.

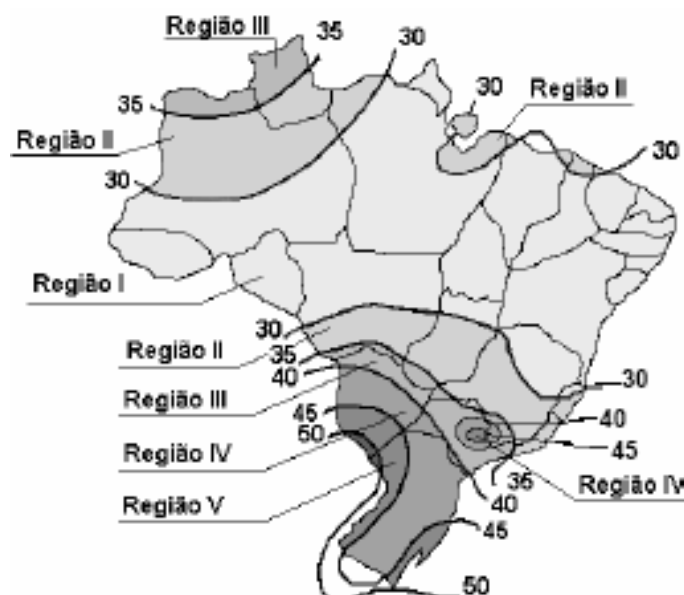


Figura 70 - Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento; “Vo” em m/s no Brasil (NBR 10821, 2000).

Tabela 11: Condições de ensaio de estanqueidade de sistemas de vedações verticais externas.

Região do Brasil	Condições de ensaio de paredes	
	Pressão estática em Pa	Vazão de água em L/m ² min.
I	10	3
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

Fonte: NBR15575-4 (2008)

Ressalta-se que é de conhecimento entre os pesquisadores da área de estudos relacionados ao vento, que valores superiores aos apresentados na tabela 11 podem ocorrer.

A tabela 12 contém os critérios de desempenho presentes na NBR15575-4 (2008) referente à manchamento por umidade na face oposta ao da incidência de água quando vedações verticais são submetidas ao ensaio através de aspersion de água, aos quais serão adotados na análise de desempenho do componente.

Tabela 12: Níveis de desempenho para estanqueidade à água de vedações externas (fachadas) e esquadrias.

Edificação	Tempo de ensaio (h)	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio.	Nível de desempenho
Térrea (só a parede de vedação)	7	10	M
		Sem manchas	I, S
Com mais de um pavimento (só a parede de vedação)	7	5	M
		Sem manchas	I, S
Esquadrias		Atender à ABNT NBR 10821	M

Fonte: NBR15575-4 (2008)

Como o componente está localizado na interface janela/alvenaria, há certa complexidade em avaliar o desempenho quanto à estanqueidade, visto que os ensaios de verificação de estanqueidade são aplicados ou na janela ou na parede. A NBR 6486 (2000) prescreve o método de verificação da estanqueidade à água da janela enquanto que os anexos C e D da NBR 15575-4 (2008) prescrevem o método de verificação da estanqueidade à água da parede.

1.4.1.3.1 Requisito: Infiltração de água nas interfaces janela/componente e componente/alvenaria.

O componente deve ser dimensionado de forma que garanta a estanqueidade tanto na interface janela/componente, quanto na componente/alvenaria em situações normais de uso.

1.4.1.3.1.1 Critério: Estanqueidade quando submetido à ação de água proveniente de chuva, considerando a ação do vento.

Não serão tolerados borrifamentos ou formações de gotas de água aderentes na face interna, tanto na interface janela/componente quanto na interface componente /alvenaria, entretanto sendo admitidos pequenas manchas de umidade, desde que em atendimento aos níveis da tabela 15, estabelecidos pela NBR15575-4 (2008).

1.4.1.3.1.2 Método de avaliação:

Propõe-se a análise através do método de ensaio prescrito pela NBR 6486 (2000), entretanto, inserindo-se na câmara de ensaio: a janela, o componente e contorno das quatro faces do componente com alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto revestido em argamassa tanto na face interna quanto externa. Esta proposta de adaptação ao método de ensaio visa a inclusão da verificação da estanqueidade referente à interface componente/alvenaria.

1.4.1.4 Desempenho térmico

Segundo a NBR 15575-1 (2008), a edificação habitacional deve atender as exigências de conforto térmico dos usuários, considerando a região de implantação e as respectivas características bioclimáticas citadas na NBR 15220-3 (2005).

Neste trabalho foi estabelecido como requisito o isolamento térmico, ao invés de conforto térmico, pois se torna mais adequado para este caso.

1.4.1.4.1 Requisito: Isolamento térmico

O componente deverá apresentar transmitância térmica e capacidade térmica a um nível tal que garanta o isolamento térmico de forma que não interfira negativamente ao conforto térmico proporcionado pelo sistema tradicional (sem o componente).

1.4.1.4.1.1 Critério: Transmitância térmica do componente.

Serão adotados como valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U), os prescritos pela NBR 15575-4 (2008), apresentados na tabela 13.

Tabela 13: Limites máximos de Transmitância Térmica.

Transmitância Térmica (U) em W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8.	
U ≤ 2,5	α ≤ 0,6	α > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

α é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: NBR 15575-4 (2008)

1.4.1.4.1.2 Método de avaliação: Conforme recomendação da NBR 15575-4 (2008), a qual adota os procedimentos da NBR 15220-2 (2005).

1.4.1.4.1.3 Critério: Capacidade térmica do componente.

Serão adotados como valores mínimos admissíveis para a capacidade térmica (CT), os estabelecidos pela NBR 15575-4 (2008), apresentados na tabela 14.

Tabela 14: Limites mínimos de Capacidade Térmica.

Capacidade térmica (CT) em KJ / m ² .K	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Fonte: NBR 15575-4 (2008)

1.4.1.4.1.4 Método de avaliação: Conforme recomendação da NBR 15575-4 (2008), a qual adota os procedimentos da NBR 15220-2 (2005).

1.4.1.4.1.5 Requisito: Absorção de dilatações térmicas

Embora as dilatações nas paredes em alvenaria tenham várias origens como: movimentações higroscópicas; variações de temperatura; ou processos químicos (como reações de expansão de materiais presentes nas juntas e ou blocos), geralmente o espaçamento das juntas de dilatação são estabelecidas segundo o tipo de componente. Em alvenaria de blocos de concreto, por exemplo, sua tendência é sofrer retração reversível, enquanto que na alvenaria de blocos cerâmicos sua principal causa de movimento é a expansão por variações de umidade e temperatura (VILATÓ, R. R.; FRANCO S. L., 1998).

Segundo o British standards institution (1985) *apud* Vilató, R. R.; Franco S. L. (1998), em alvenaria de blocos cerâmicos com paredes pouco restringidas ou não restringidas, podem-se expandir 1 mm/m durante a vida útil do edifício devido às variações de temperatura ou umidade.

Revisando a literatura a cerca do assunto referente a espaçamento entre juntas de movimentação para alvenarias, notou-se uma faixa entre 5,4 m a 14 m, sendo que o maior espaçamento recomendado para painéis com aberturas foi de 10,5 m. Como por exemplo conforme Drysdale, R. G.; Hamid, A. A.; Baker L. R. (1994) *apud* Vilató, R. R.; Franco S. L.

(1998), recomendam para alvenaria com blocos de concreto juntas a um intervalo de 6,6 m (para paredes interiores) e de 5,4 m (para paredes exteriores); enquanto que para alvenaria cerâmica, por esta ter um coeficiente de expansão térmica menor que o do concreto, recomendam intervalos de juntas até um máximo de 9 m.

Já o Código ACI (1991) *apud* Vilató, R. R.; Franco S. L. (1998) aborda recomendações mais gerais, portanto apenas afirmando a necessidade de localizar juntas nas aberturas e que estas não tenham um espaçamento maior a 7 m, ou três vezes a altura da parede. No convênio Epusp-encol (1988) também citado por Vilató, R. R.; Franco S. L. (1998) para painéis em blocos de concreto sem e com aberturas são especificados espaçamentos de 12 m e 9 m, respectivamente; enquanto que para painéis em blocos cerâmicos sem e com aberturas recomendam-se espaçamentos de 14 m e 10,50 m, respectivamente.

Entende-se que o componente a ser inserido na interface janela/alvenaria deverá possuir a capacidade de absorver dilatações decorrentes do comportamento em uso dos materiais a ele ligados, em especial à alvenaria, dada a sua comprovada relevância.

1.4.1.4.2 Critério: Dilatações térmicas da alvenaria.

O componente ou sistema de fixação deverá ser capaz de absorver dilatações da alvenaria da ordem de 1mm/m, considerando o espaçamento entre juntas usualmente recomendado pela literatura para paredes com aberturas: 10,5m.

O componente deverá permanecer sem sinais de degradação quando submetido ao ensaio de ação de calor e choque térmico descrito no anexo E da NBR 15575-4 (2008).

1.4.1.4.2.1 Método de avaliação: Verificação do comportamento através do método de ensaio de exposição à ação de calor e choque térmico, conforme proposto pela NBR 15575-4 (2008) em seu anexo E.

1.4.1.5 Desempenho acústico

Com relação à análise do desempenho acústico do componente, serão adotadas as recomendações da NBR 15575-4 (2008).

A habitação deve proporcionar isolamento acústico entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas e ainda proporcionar completo isolamento acústico ente dependências de uma mesma unidade quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual (NBR 15575-4, 2008).

1.4.1.5.1 Requisito: isolamento acústico

O componente deverá proporcionar isolamento acústico dentro dos limites estabelecidos pela normatização brasileira.

1.4.1.5.1.1 Critério: Índice de redução sonora ponderado da fachada

A unidade habitacional deverá apresentar índice de redução sonora ponderada conforme o nível de desempenho proposto pela NBR 15575-4 (2008), apresentado na tabela 15.

Tabela 15: Índice recomendado de redução sonora ponderado da fachada, R_w , para ensaio de laboratório.

Sistema	R_w dB	$R_w +5$ dB	Nível de desempenho
Fachada	30 a 34	35 a 39	M - recomendado
	35 a 39	40 a 44	I
	≥ 39	≥ 45	S

Fonte: NBR 15575-4 (2008)

1.4.1.5.1.2 Método de avaliação:

Conforme as recomendações da NBR 15575-4 (2008), a qual cita a norma ISSO 140-3 para a determinação dos valores do índice de redução sonora, R, em bandas de terço de oitava entre 100 Hz e 5000 Hz. Utilizar o procedimento especificado na ISO 717-1 para a determinação do valor do índice de redução sonora ponderado, R_w , a partir do conjunto de valores do índice de redução sonora de cada faixa de frequências.

Para este caso específico, talvez não seja necessária a avaliação do desempenho com relação a isolamento acústico utilizando ensaios. Caberá inicialmente uma análise do projeto, pois tratando-se de material e soluções tradicionais, sendo o componente dimensionado de tal forma que torne-se evidente o bom desempenho acústico, entende-se que seja suficiente, desde que possível de justificar seu desempenho, já que existem outros pontos indiscutivelmente mais críticos com relação ao isolamento acústico: como por exemplo os sistemas de vedações dos caixilhos que geralmente possuem frestas que embora garantam estanqueidade à água, não são eficientes ao isolamento acústico.

1.4.1.6 Saúde, higiene e qualidade do ar

Segundo a NBR 15575-1 (2008) as exigências relativas à saúde são regidas por regulamentos técnicos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Esta norma lista dois requisitos aos quais as edificações devem atender, entretanto, adota como critério e método de avaliação as recomendações descritas nas normas técnicas 001 e 002 da resolução n° 176 da Agência de Vigilância Sanitária, sendo avaliado o ar presente nos ambientes das edificações. Este método torna-se complexo e inviável de ser adotado neste estudo, pois deseja-se avaliar exclusivamente o componente.

1.4.1.6.1 Requisito: Indisponibilidade a proliferação de microorganismos

O material utilizado no componente não deve prejudicar as condições de salubridade, evitando a proliferação de microorganismos (como fungos e bactérias).

1.4.1.6.1.1 Critério: Grau de risco de proliferação de microorganismos

Entende-se que o material utilizado na produção do componente não deve possuir grau de risco de proliferação de microorganismos maior que dos materiais usualmente utilizados no interior às edificações: revestimento de argamassa a base de cimento, areia e cal, pintada ou não.

1.4.1.6.1.2 Método de avaliação: Análise do projeto.

1.4.1.6.2 Requisito: Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à habitação.

Os materiais utilizados na edificação devem limitar a presença de dióxido de carbono e aerodispersóides na atmosfera interna à habitação, limitando-a a níveis não prejudiciais à saúde dos ocupantes (NBR 15575-1, 2008).

1.4.1.6.2.1 Critério: Grau de risco de liberação de poluentes à atmosfera.

Entende-se que o material utilizado na produção do componente não deve possuir grau de risco de liberação de poluentes à atmosfera maior que dos materiais usualmente utilizados no interior às edificações: revestimento de argamassa a base de cimento, areia e cal, pintada ou não; em situação normal de uso.

1.4.1.6.2.2 Método de avaliação: Análise química do material.

1.4.1.7 Conforto tátil

A NBR 15575-1 (2008) aborda dois requisitos relacionados à conforto tátil e antropodinâmico, destacando-se o seguinte pela sua relevância ao componente objeto deste estudo:

1.4.1.7.1 Requisito: Conforto tátil e adaptação ergonômica

O componente não deve prejudicar as atividades normais dos usuários, quanto ao apoiar, limpar e semelhantes.

1.4.1.7.1.1 Critério: Adequação ergonômica.

O componente deverá ser projetado e instalado de maneira que o material utilizado em sua fabricação, bem como seus detalhes e formas geométricas não sejam capazes de provocar ferimentos aos usuários em condições normais de uso.

1.4.1.7.1.2 Método de avaliação: Análise do projeto e verificação através de simulação de uso.

1.4.1.8 Durabilidade

Segundo a NBR 15575-1 (2008), a durabilidade dos sistemas que integram a edificação estão ligadas à agressividade do meio ambiente, às propriedades dos materiais constituintes, bem como à interação entre ambos ao longo do tempo.

1.4.1.8.1 Requisito: Durabilidade em uso normal.

O componente deverá manter sua capacidade funcional durante a vida útil de projeto. Tanto o material constituinte do componente, quanto a suas formas geométricas devem estar voltadas na redução da periodicidade de manutenções e otimização de sua vida útil.

1.4.1.8.1.1 Critério: Vida útil

Adota-se como vida útil de projeto as recomendações presentes na NBR 15575-1 (2008), transcritas à tabela 16, que para as vedações externas tem-se $VUP \geq 40$.

Tabela 16: Vida útil de projeto (VUP).

Sistema	VUP (vida útil de projeto) mínima em anos
Estrutura	≥ 40
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: NBR15575-4 (2008)

1.4.1.8.1.2 Método de avaliação: Conformidade às recomendações da NBR 15575-1 (2008) frente à análise recomendada segundo norma específica ao material adotado.

1.4.1.9 Manutenibilidade

1.4.1.9.1 Requisito: Acessibilidade

Tanto o material constituinte do componente quanto a suas formas geométricas devem permitir acessibilidade, de forma que a manutenção seja facilitada.

1.4.1.9.1.1 Critério: periodicidade de manutenções.

Face a seu caráter estrutural, inclusive cabendo as exigências da NBR 15575-1 (2008) com relação à sua vida útil, entende-se que este componente não deve exigir periodicidade de manutenções superiores aos materiais a ele ligados: janela e alvenaria, em especial a este último, o qual será adotado como critério.

1.4.1.9.1.2 Método de avaliação: Análise de projeto

1.4.1.10 Impacto ambiental

Na escolha do material a ser utilizado para a produção do componente, bem como as demais soluções de projeto deverão focar-se em baixa incorporação de energia e alta reciclabilidade.

1.4.1.10.1 Requisito: Incorporação de energia.

Quando na escolha dos materiais para a produção do componente, será dada preferência ao de menor incorporação de energia, com menor impacto ambiental.

1.4.1.10.1.1 Critério: Grau de impacto ambiental.

Havendo alternativas de diferentes materiais com desempenho similar deve-se optar ao de menor impacto ambiental.

1.4.1.10.1.2 Método de avaliação:

Análise de impacto ambiental.

1.4.1.10.2 Requisito: Reciclabilidade

Quando na escolha dos materiais para a produção do componente, será dada preferência ao de maior reciclabilidade.

1.4.1.10.2.1 Critério: Grau de impacto ambiental.

Havendo alternativas de diferentes materiais com desempenho similar deve-se optar ao de maior reciclabilidade.

1.4.1.10.2.2 Método de avaliação:

Análise da reciclabilidade do material.

1.4.1.11 Trabalhabilidade

1.4.1.11.1 Requisito geral: Moldabilidade

Os detalhes do encaixes, bem como todos os demais detalhes, sejam reentrâncias ou saliências, devem ser formas geométricas que permitam sua moldagem.

1.4.1.11.1.1 Critério: capacidade de moldagem por processos convencionais.

O componente deverá ser moldado adotando-se processos convencionais de moldagem utilizadas pelas empresas do setor, pois a implantação de novas técnicas ou equipamentos afeta a viabilidade econômica.

1.4.1.11.1.2 Método de avaliação

Análise de projeto e verificação do processo de moldagem.

1.4.1.11.2 Requisito específico: Acabamento interno e externo

A região das esquadrias representa uma descontinuidade da parede, portanto, principalmente devido a manifestações patológicas ou aspectos ligados à estética, tornam-se necessárias soluções de acabamento interno e externo na interface janela/alvenaria.

O componente deverá garantir acabamento interno e externo tanto da interface janela/componente quanto da componente/alvenaria.

1.4.1.11.2.1 Critério: Qualidade de acabamento

A qualidade de acabamento interno e externo da região entre a janela e a alvenaria deverá ser igual ou superior ao proporcionado pelas esquadrias atualmente utilizadas nas edificações habitacionais de interesse social, tanto as providas de contramarco quanto as desprovidas.

1.4.1.11.2.2 Método de avaliação: Análise de projeto.

1.4.1.11.3 Requisito geral: Montabilidade

O componente, face a seu viés de racionalização do processo construtivo deverá atender a dois requisitos específicos relacionados à montabilidade:

1.4.1.11.3.1 Requisito específico: Fixação da janela

Dentre as funções do contramarco, destaca-se a de fixação racional da janela. Mamede (2001) lista também como vantagem dos contramarcos o fato de possibilitar a inserção da janela em etapa posterior à execução da alvenaria. A proposta de componente objeto deste estudo deve englobar esta função de contramarco, dada sua relevância ao sistema construtivo em alvenaria racionalizada. Assim, propõe-se que o componente deva ser projetado de forma que a janela seja fixada de forma racional e que garanta segurança aos usuários.

1.4.1.11.3.2 Critério: Fixação da janela sem necessidade de novos componentes.

As propriedades do material utilizado no componente bem como sua geometria devem ser favoráveis e dimensionados de forma que a fixação da janela possa ser executada sem a necessidade de inserção de novos materiais permanentes na interface janela/componente, à exceção de parafusos, buchas ou similares, sendo admitidos a utilização de ferramentas de instalação.

1.4.1.11.3.3 Método de avaliação: Análise de projeto.

1.4.1.11.3.4 Requisito específico: Ligações estáveis e estanques entre os sub-componentes.

As ligações entre os sub-componentes, caso seja necessário subdividi-lo (componente), devem prever encaixes de forma que colaborem com a estabilidade, evitando a utilização de excessivos escoramentos e devem ser estanques à incidência de água proveniente de chuva.

1.4.1.11.3.5 Critério: Estabilidade durante a montagem e estanqueidade à incidência de água da chuva.

Durante a montagem do componente na fase de elevação da alvenaria, não deve necessitar mais de 2 componentes de escoramento.

Quanto à estanqueidade, deve atender aos critérios de aceitabilidade descritos no item referente à estanqueidade.

1.4.1.11.3.6 Método de avaliação

Análise do projeto e verificação através do ensaio proposto na NBR 6486 (2000).

1.4.1.12 Conectividade

1.4.1.12.1 Requisito geral: Coordenação modular

A NBR 5706 (ABNT, 1977) define o módulo como a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência; adotando-se 10cm. Segundo a NBR 5731 (ABNT, 1982j), a medida modular é a medida igual ao módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo. Logo, a expressão da medida modular conforme NBR 5706 (ABNT, 1977) é dada por: $mM = n.M$, onde, mM é a medida modular, n é um número positivo inteiro qualquer e M é o módulo.

Segundo LUCINI (2001), através da coordenação modular se compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes, aumentando o nível racionalização. Este autor, através de um estudo visando desenvolver um processo de modulação de vãos de esquadrias, apresenta dimensões preferidas de janelas em função das dimensões dos vãos (conforme quadro 17).

Quadro 17: Vãos modulares e dimensões preferidas de esquadrias.

TIPOLOGIAS	VÃO MODULAR	ESQUADRIA: DIMENSÃO	VÃO VEDAÇÃO	VÃO ILUMINAÇÃO VENTILAÇÃO
Janela de correr 2 folhas.	1,20 x 1,20	1,15 x 1,15	1,21 x 1,21	1,10 x 1,10
	1,50 x 1,50	1,45 x 1,15	1,51 x 1,21	1,40 x 1,10
Janela de correr 3 folhas com veneziana.	1,20 x 1,20	1,15 x 1,15	1,21 x 1,21	0,55 x 1,10
	1,50 x 1,50	1,45 x 1,15	1,51 x 1,21	0,70 x 1,10
Janela de correr 2 folhas com persiana de enrolar	1,20 x 1,20	1,15 x 1,15	1,21 x 1,21	1,10 x 1,00
	1,50 x 1,50	1,45 x 1,15	1,51 x 1,21	1,40 x 1,00
Maxim-ar 1 folha	0,60 x 0,60	0,55 x 0,55	0,61 x 0,61	0,50 x 0,50
	0,80 x 0,60	0,75 x 0,55	0,81 x 0,61	0,70 x 0,50
	1,00 x 0,60	0,95 x 0,55	1,01 x 0,61	0,90 x 0,50

Fonte: Adaptado, Lucini (2001)

Os blocos atualmente utilizados nas edificações em alvenaria estrutural geralmente possuem as seguintes dimensões: 14x19x29 (bloco cerâmico) e 14x19x39 (bloco de concreto). Logo, sua modulação altimétrica coincide, entretanto a planimétrica diverge, embora para alguns vãos os blocos cerâmicos e de concreto resultam a mesma dimensão (conforme tabela 17).

Tabela 17: Vãos modulares e de vedação em aberturas (plano horizontal): em negrito os vãos compatíveis aos blocos cerâmicos e de concreto.

BLOCOS CERÂMICOS		BLOCOS DE CONCRETO	
Vão Modular (cm)	Vão de vedação (cm)	Vão Modular (cm)	Vão de vedação (cm)
60	61	60	61
75	76	80	81
90	91	100	101
105	106	120	121
120	121	140	141
135	136	160	161
150	151	180	180
165	166	200	201
180	181	220	221
195	196	240	241
210	211	260	261
225	226	280	281
240	241	300	301

Segundo Lucini (2001), a definição da junta vão-esquadria depende de um conjunto de fatores, entretanto conclui que pode ser estabelecida através da somatória da tolerância referente a execução e prumo do vão vedação, que fica entre 1 e 2 cm, sendo adotado 1,5 cm; com a junta mínima necessária para a fixação da esquadria (1,5 cm). O mesmo autor considera a tolerância dimensional da esquadria como sendo desprezível, por ser um produto industrializado. Na tabela 18, Lucini (2001) apresenta algumas relações dimensionais de vãos e esquadrias com suas juntas nominais.

Tabela 18 – Relação dimensional de vãos e esquadrias com suas juntas nominais.

Vão modular	Vão vedação	Dimensão Modular Esquadria	Dimensão Nominal Esquadria	Junta Nominal Total	Junta Nominal Perimetral
80 x 80	81 x 81	80 x 80	75 x 75	6,0	3,0
90 x 220	91 x 121	90 x 220	85 x 215	6,0	3,0
100 x 120	101 x 121	100 x 120	95 x 115	6,0	3,0
120 x 120	121 x 121	120 x 120	115 x 115	6,0	3,0
150 x 220	151 x 221	150 x 220	145 x 215	6,0	3,0

Fonte: LUCINI (2001)

1.4.1.12.2 Requisito específico: Padronização

As dimensões do componente devem atender aos preceitos da teoria da coordenação modular, além de garantir a compatibilidade aos demais componentes envolvidos nesta região.

1.4.1.12.2.1 Critério: Compatibilidade com dimensões preferidas de esquadrias e vãos modulares.

As dimensões do componente devem ser compatíveis às dimensões preferidas de uma das esquadrias sugeridas por Lucini (2001), descritas no quadro 17, bem como aos vãos originados pelos blocos cerâmicos e de concreto (tabela 17).

Com relação ao plano vertical, preferencialmente deve ser projetado de forma a evitar o uso de componentes compensadores ou blocos especiais.

1.4.1.12.2.2 Método de avaliação.

Análise do projeto e verificação das dimensões reais após moldagem.

1.4.1.12.3 Requisito específico: Capacidade de absorção de imprecisões dimensionais dos materiais.

O componente deverá ser dimensionado de forma que absorva as imprecisões dimensionais dos materiais a ele ligados.

1.4.1.12.3.1 Critério: Junta nominal perimetral entre o componente e a alvenaria.

A junta nominal perimetral entre o componente e a alvenaria deverá seguir os limites recomendados por Lucini (2001) referente à tolerância de execução e prumo (entre 1 e 2cm).

1.4.1.12.3.2 Método de avaliação: Análise de projeto.

1.4.1.12.3.3 Critério: Junta nominal perimetral entre o componente e a janela.

A junta nominal entre o componente e a janela deverá seguir as recomendações do fabricante da esquadria.

1.4.1.12.3.4 Método de avaliação: Análise de projeto.

1.4.1.12.4 Requisito: Gabarito do vão

Segundo Mamede (2001), os contramarcos pré-moldados, ao serem inseridos juntamente com a elevação da alvenaria, atuam como referência para o assentamento dos blocos do seu entorno, desempenhando função de gabarito do vão, além de outros aspectos positivos.

Para que o componente agregue valor e tenha sua viabilidade técnica atendida, entende-se que ele deva desempenhar a função de gabarito do vão durante a elevação da alvenaria, contribuindo de forma significativa à racionalização da produção.

1.4.1.12.4.1 Critério: Número de equipamentos envolvidos para a elevação da alvenaria na região de entorno à janela.

O componente deverá atuar como referência no assentamento dos blocos da região de entorno à janela de forma que garanta as dimensões visadas do vão sem a necessidade de outros equipamentos, à exceção dos destinados à sua colocação (nível e prumo) e escoramento.

1.4.1.12.4.2 Método de avaliação: Análise de projeto.

1.4.1.13 Transportabilidade

Embora haja uma tendência por parte das construtoras na utilização de guias em suas obras, mesmo em obras de menor valor agregado, como as habitações de interesse social; procura-se evitar a utilização de componentes que dependam sua utilização, pois geralmente está sobrecarregada de serviços. Logo, o ideal é que o componente seja projetado de tal forma que dispense a presença de guia em obra, ou seja, podendo ser transportado e instalado manualmente

1.4.1.13.1 Requisito: Ergonomicidade

Segundo Grandjean (1991) *apud* Mamede (2001) o peso dos elementos pré-moldados não devem ultrapassar 50 kg por operário, havendo a possibilidade das peças serem manuseadas por dois operários, elevando-se o limite de peso para 100 kg.

Conforme estudo sobre a avaliação da carga física de trabalho do pedreiro na execução de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos, realizado por Villagra e Formoso (2002), a força máxima média da capacidade muscular dos operários deste tipo de construção, quando submetidos a testes de avaliação de força muscular foi de 47,6 kg.

Define-se então que o componente deve ser projetado de forma que a massa de suas partes ou o elemento como um todo dispense a utilização de guia, podendo ser transportado e instalado manualmente garantindo ergonomicidade aos trabalhadores.

1.4.1.13.1.1 Critério: Massa

A massa de cada sub-componente ou do componente não deve exceder o dobro do limite máximo da força muscular média dos operários da indústria da construção civil, pois aceita-se que possam ser transportados por duas pessoas.

Adota-se como limite máximo aceitável para cada sub-componente ou do componente o valor de 95,2 Kg.

1.4.1.13.1.2 Método de avaliação

Pesagem através de balança comum.

1.4.1.13.2 Requisito: Transportabilidade: armazenamento estável e sem riscos de ruptura.

A forma geométrica do componente deve possibilitar seu armazenamento sem a necessidade de utilização de grande número de calços, não possuindo detalhes que quando apoiado sobre

superfície plana haja concentração de tensões, gerando riscos de ruptura, ou ainda exigindo escoramento.

1.4.1.13.2.1 Critério: Quantidade de componentes necessários para armazenamento estável e sem risco de ruptura.

O componente ou seus sub-componentes não devem necessitar mais de 2 calços quando apoiado em superfície plana, de forma que possam ser armazenados com estabilidade e sem que haja risco de ruptura.

O componente não deve apresentar ruptura ou fissura quando simulado sua queda livre a uma altura de 15cm sobre superfície plana, estando os calços posicionados.

Não será admitido a necessidade de elemento com função de escoramento no momento de armazenamento do componente ou seus sub-componentes.

Aceita-se que no mínimo uma de suas faces deva atender a estas três situações, desde esta face seja usualmente utilizada em situação real de armazenamento.

1.4.1.13.2.2 Método de avaliação

Análise do projeto e simulação de situação real de armazenamento, inclusive simulando incidente em que o componente ou seus sub-componentes são soltos em queda livre a uma altura de 15cm sobre superfície plana de concreto (superfície usualmente existente em obra, representando a laje). A altura de 15cm foi adotada por acreditar-se que representa uma situação real e de maior probabilidade de ocorrência, pois acredita-se que alturas superiores a esta representariam total imprudência do profissional envolvido no manuseio do produto.

1.4.1.14 Viabilidade econômica

A análise da viabilidade econômica para proposta de componente deste trabalho não é trivial, principalmente devido ao maior número de funções agregadas quando comparado aos seus similares: contramarco de alumínio, contramarco de concreto e molduras. Devido a isto, propõe-se que esta análise englobe o custo global da alvenaria e não apenas do componente.

1.4.1.14.1 Requisito: Preço competitivo.

As soluções de projeto do componente devem estar focadas na minimização do custo de produção, de forma que possa ser comercializado a preço competitivo.

1.4.1.14.1.1 Critério: Custo de produção da alvenaria.

Entende-se que a solução torna-se viável economicamente quando o processo de produção da alvenaria resulta em menor custo se comparado ao processo tradicional, embora o novo componente isoladamente represente maior custo em relação ao seu similar concorrente.

Portanto, será dada a preferência à solução de projeto que possuir menor custo de produção e será considerada viável economicamente se resultar em processo construtivo de alvenaria a custo menor ou igual ao tradicional.

1.4.1.14.1.2 Método de avaliação: Verificação de custos.

O método de avaliação da viabilidade econômica deve englobar o estudo paralelo do custo global dos processos produtivos atualmente utilizados comparando-os ao custo incorporado pelo processo que adota o componente proposto. Esta avaliação compreenderá os custos com materiais e mão-de-obra necessários para a elevação de uma seção de parede com a largura usualmente utilizada para cômodos aos quais serão adotados o componente e altura usual de pé-direito, excluindo-se custos das lajes.

1.4.2 Seleção do material

A metodologia propõe que seja elaborada uma listagem de propriedades desejáveis do artefato para auxiliar nos processos de definição de material e geometria. Então, no quadro 18, para cada requisito, são descritas as propriedades desejáveis do artefato, resultantes da combinação de material e geometria. Os quadros 18 ao 26 que serão apresentados a seguir foram propostos pelo autor deste método projetual (Azambuja, 2008), entretanto, os dados neles inseridos foram definidos pelo aplicador da ferramenta, sendo objeto desta dissertação.

Quadro 18: Propriedades desejáveis ao material em relação a cada requisito.

GRUPO	EXIGÊNCIA	REQUISITO	PROPRIEDADES DESEJÁVEIS AO MATERIAL
Segurança	Segurança estrutural	Estabilidade e resistência estrutural.	Resistência à compressão. Resistência à tração. Isotropia
		Rigidez e integridade física (fissuras).	Alta rigidez (alto módulo de elasticidade).
		Resistência ao impacto de corpo duro e corpo mole	Resistência à compressão. Resistência à tração. Isotropia
	Segurança contra incêndio	Segurança estrutural em situação de incêndio.	Baixa combustibilidade.
Habitabilidade	Estanqueidade	Infiltração de água nas interfaces janela/componente e componente/alvenaria.	Boa moldabilidade. Baixo coeficiente de dilatação térmica. Baixa porosidade. Estabilidade dimensional.
	Desempenho térmico	Isolamento térmico	Baixa condutibilidade térmica
		Absorção de dilatações térmicas	Estabilidade dimensional. Boa moldabilidade. Rigidez. Baixo coeficiente de dilatação térmica.
	Desempenho acústico	Isolamento acústico	Alta densidade. Baixa condutibilidade sonora.
	Saúde, higiene e qualidade do ar	Indisponibilidade a proliferação de microorganismos.	Baixa porosidade. Baixa diodegradabilidade.
		Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à edificação.	Atoxicidade. Estabilidade química.
Conforto tátil	Conforto e segurança tátil.	Boa moldabilidade.	
Sustentabilidade	Durabilidade	Durabilidade em uso normal.	Estabilidade química. Baixa diodegradabilidade.
	Manutenibilidade	Acessibilidade	Boa moldabilidade. Estabilidade química. Baixa diodegradabilidade.
	Impacto ambiental	Incorporação de energia	
		Reciclabilidade	Boa reciclabilidade
Construtibilidade	Trabalhabilidade	Moldabilidade	Boa moldabilidade
		Montabilidade	Estabilidade dimensional
	Conectividade	Coordenação modular	Estabilidade dimensional. Boa moldabilidade. Baixo coeficiente de dilatação térmica.
		Gabarito do vão	Alta rigidez. Estabilidade dimensional. Capacidade de ligar componentes com conexões dimensionalmente estáveis e estruturalmente seguras.
	Transportabilidade	Ergonomia	Boa moldabilidade
		Transportabilidade	Estabilidade dimensional. Resistência a compressão. Resistência à tração. Baixa massa específica
Economicidade	Viabilidade econômica	Valor competitivo	Boa moldabilidade

REQUISITOS ESPECÍFICOS		
REQUISITO	REQUISITO ESPECÍFICO	PROPRIEDADES DESEJÁVEIS AO MATERIAL
Moldabilidade	Acabamento interno e externo	Boa moldabilidade. Baixa fragilidade. Baixa biodegradabilidade. Baixa condutibilidade térmica
Montabilidade	Fixação da janela	Capacidade de adicionar componentes de fixação no corpo do elemento. Rigidez. Resistência à tração, compressão e torção. Estabilidade dimensional. Resistente a impactos.
	Ligações estáveis e estanques entre sub-componentes	Estabilidade dimensional. Boa moldabilidade. Baixo coeficiente de dilatação térmica.
Coordenação modular	Padronização	Estabilidade dimensional.
	Absorção de imprecisões dimensionais	Estabilidade dimensional. Boa moldabilidade. Baixo coeficiente de dilatação térmica.

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

1.4.2.1 Matriz requisitos X características

Seguindo as prescrições do método de Azambuja (2008), baseado nesta relação de requisitos de desempenho e propriedades desejáveis ao material, criou-se uma matriz de propriedades dos Materiais *versus* requisitos de desempenho. Esta matriz de propriedades foi elaborada por um grupo de especialistas em materiais, de forma que se tornasse o mais completa possível, embora a metodologia não fixasse limites.

Nesta matriz de propriedades *versus* requisitos de desempenho definiu-se a influência de cada propriedade em relação a cada requisito, ou seja, se cada propriedade influencia positiva ou negativamente a cada requisito, conforme descrito no quadro 19. Como algumas propriedades possuem influência em vários requisitos enquanto que outras influenciam apenas em um ou dois requisitos, optou-se por atribuir pesos para as propriedades. O peso para cada propriedade foi gerado através da seguinte expressão:

$$P = (\sum_{ni} \div \sum_T) + 1, \text{ onde:}$$

P: peso da propriedade;

\sum_{ni} : Somatório do número de requisitos influenciados pela propriedade;

\sum_T : Somatório de \sum_{ni} ;

Obs: Propriedades com influências positivas e negativas não são consideradas no cálculo.

Observam-se três situações nas colunas: somente sinais positivos, somente sinais negativos, ou os dois. Quando há somente sinais positivos, significa que todos os requisitos se beneficiam quando a característica tem um valor alto e que, quanto mais alto este valor, melhor para o desempenho geral do artefato. O inverso ocorre quando o sinal é negativo. Entretanto quando os dois sinais aparecem na coluna de determinada propriedade, alguns requisitos se beneficiam quando ela é alta, enquanto outros se beneficiam quando ela é baixa. Nestes casos, a característica não poderá auxiliar na definição do material.

Quadro 19: matriz de influência das propriedades nos requisitos

MATRIZ DE INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES NOS REQUISITOS																
		PROPRIEDADES														
EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	Condutibilidade sonora	Estabilidade química	Isotropia	Densidade	Resistência à tração	Moldabilidade	Resistência à compressão	Condutibilidade térmica	Biodegradabilidade	Fragilidade	Módulo de elasticidade	Coef. de dilatação térmica	Massa específica	Toxicidade	Combustibilidade
Segurança estrutural	Estabilidade e resistência estrutural.		+	+	+	+	+	+		-	-	+	-			
	Rigidez e integridade física (fissuras).											+				
	Resistência ao impacto de corpo duro e corpo mole			+		+		+		-	-					
Segurança contra incêndio	Segurança estrutural em situação de incêndio.		+	+	+	+		+	-			+				-
Estanqueidade	Infiltração de água nas interfaces janela/componente e componente/alvenaria.						+									
Desempenho térmico	Isolamento térmico				-											
	Absorção de dilatações térmicas					+		+	-		-		-			
Desempenho acústico	Isolamento acústico	-			+											
Saúde, higiene e qualidade do ar	Indisponibilidade a proliferação de microorganismos.									-						
	Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à edificação.		+							-					-	
Conforto tátil	Conforto e segurança tátil.						+			-						
Durabilidade	Durabilidade em uso normal.		+							-						
Manutenibilidade	Acessibilidade		+				+			-						

MATRIZ DE INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES NOS REQUISITOS <i>(continuação do quadro 19)</i>																
EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	PROPRIEDADES														
		Condutibilidade sonora	Estabilidade química	Isotropia	Densidade	Resistência à tração	Moldabilidade	Resistência à compressão	Condutibilidade térmica	Biodegradabilidade	Frágilidade	Módulo de elasticidade	Coef. de dilatação térmica	Massa específica	Toxicidade	Combustibilidade
Impacto ambiental	Incorporação de energia															
	Reciclabilidade		+								-					
Trabalhabilidade	Moldabilidade															
	Montabilidade															
Conectividade	Coordenação modular															
	Gabarito do vão						+					+	-			
Transportabilidade	Ergonomia				-		+							-		
	Transportabilidade		+	+	-	+		+			-			-		
Viabilidade econômica	Valor competitivo		+								-					
REQUISITOS ESPECÍFICOS																
REQUISITO	REQUISITO ESPECÍFICO															
Moldabilidade	Acabamento interno e externo		+				+				-	-				
Montabilidade	Fixação da janela					+	+	+			-	-	+	-		
	Ligações estáveis e estanques entre sub-componentes					+	+	+			-	-		-		
Coordenação modular	Padronização						+									
	Absorção de imprecisões dimensionais						+					-				
RESULTADO		-	+	+		+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
PESO		1,01	1,12	1,05		1,09	1,15	1,09	1,03	1,16	1,11	1,07	1,07	1,03	1,01	1,01

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

1.4.2.2 Avaliação de materiais

Na seqüência, seguindo as prescrições do autor do método, foi elaborada uma matriz que relaciona as mesmas propriedades do quadro 19 com cada opção de material para construção do artefato. Para isso, atribuiu-se notas numa escala de 0 a 10 para cada material em relação a cada propriedade, conforme descrito no quadro 20, que visa quantificar o desempenho de cada material para cada propriedade.

Na última linha do quadro 20 tem-se o resultado desejado para cada propriedade, representado por sinais positivos e negativos, ou seja, para o sinal negativo significa que quanto menor a nota referente àquela propriedade, melhor é o material e para o sinal positivo, quanto maior a nota melhor é o material.

A lista de alternativas de materiais foi elaborada tomando-se como base a experiência profissional do grupo de pesquisa do Norie (UFRGS).

1.4.2.3 Critérios de avaliação

Um critério de avaliação na matriz de propriedades x materiais é definido como um modo de atribuição de valor em uma escala pré-estabelecida, correspondente a uma característica avaliada por aquele critério. Segundo Azambuja (2008), autor da metodologia, as regras que definem os critérios de avaliação são as seguintes:

- a) um critério compreende uma definição da propriedade, uma unidade de medição da propriedade, a forma de aplicação do critério, uma escala contendo um mínimo e um máximo para aplicação do critério;
- b) sempre será estabelecida uma relação direta entre o valor da propriedade e a escala de aplicação do critério. Por exemplo, se a característica for resistência à tração, o critério dirá que quanto maior a resistência, maior será o valor numérico correspondente na avaliação do material;
- c) a escala de aplicação do critério variará entre os números 1 a 10;
- d) quando a variação entre os valores possíveis da propriedade ultrapassar duas ordens de grandeza, o critério deverá estabelecer a relação através de uma escala logarítmica neperiana (de base e) ou decimal (de base 10);
- e) quando a propriedade do material não apresentar uma unidade numérica, deverá ser substituída por outra unidade que a apresente e com a qual tenha correlação direta, ou deverá ser criada uma escala para a característica, clara o suficiente para que um especialista possa aplicá-la.

Quadro 20: matriz de desempenho dos materiais em relação a cada propriedade.

MATRIZ DE DESEMPENHO DOS MATERIAIS EM RELAÇÃO A CADA PROPRIEDADE																
MATERIAL		PROPRIEDADES														
		Condutibilidade sonora	Estabilidade química	Isotropia	Densidade	Resistência à tração	Moldabilidade	Resistência à compressão	Condutibilidade térmica	Biodegradabilidade	Fragilidade	Módulo de elasticidade	Coef. de dilatação térmica	Massa específica	Toxicidade	Combustibilidade
Concreto	Convencional	6	7	5	5	2	7	5	5	3	7	5	6	8	0	0
	Alta	6	7	5	5	2	7	8	5	2	7	6	6	8	0	0
	Com fibras de polipropileno	6	6	5	5	3	7	5	5	2	5	4	6	7	0	1
Madeira	Cedro	3	4	2	2	8	3	7	3	6	3	3	4	5	0	8
	Pinus	3	3	2	2	7	3	7	3	9	3	2	4	4	0	8
GRC (Glass reinforced concrete)		6	8	8	6	5	8	8	6	2	4	7	6	8	0	0
Aço carbono		8	4	10	8	10	9	10	9	7	2	9	9	10	0	0
Alumínio		7	6	10	6	8	7	8	10	1	3	8	10	6	0	0
Resultado desejado		-	+	+		+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

1.4.2.4 Escolha do material

No quadro 21 são apresentados, para cada material, o resultado da soma das notas das propriedades multiplicadas cada uma pelo seu respectivo peso (conforme quadro 20), separando-as em positivas e negativas. Deseja-se que o somatório das características positivas sejam altas e o somatório das características negativas sejam baixas, logo quanto maior a diferença entre estas, melhor será o material, portanto, sendo selecionado o material que possuir o maior resultado (maior diferença entre as características).

Quadro 21: matriz de desempenho dos materiais em relação a cada propriedade.

MATRIZ SELEÇÃO DO MATERIAL				
MATERIAL		CARACTERÍSTICAS POSITIVAS	CARACTERÍSTICAS NEGATIVAS	RESULTADO
Concreto	Convencional	34,0	-37,0	-3,0
	Alta resistência	38,4	-35,9	2,4
	Com fibras de polipropileno	33,0	-33,7	-0,7
Madeira	Cedró	29,5	-33,7	-4,2
	Pinus	26,2	-36,0	-9,8
GRC		48,1	-33,6	14,5
Aço carbono		56,7	-47,3	9,4
Alumínio		51,2	-38,8	12,4

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

Verifica-se que a maior diferença entre características positivas e negativas é a relacionada ao GRC, portanto, caracterizando o material que melhor atende aos requisitos estabelecidos para o componente objeto desta pesquisa, sendo assim, o material adotado.

Glassfibre Reinforced Cement (GRC) são compósitos constituídos por fibras de vidro resistentes a álcalis aleatoriamente dispersas ao longo de uma fase cimentícia contínua (matriz), podendo conter fillers, pigmentos e adições minerais (BENTUR; MINDESS, 1990; MAJUMDAR; LAWS, 1991; PCI, 1994, apud Silva, 1998).

As fibras de vidro desempenham função semelhante às barras de aço no concreto armado, e ainda aumentam a resistência à tração, à flexão e aos impactos. As fibras são distribuídas aleatoriamente na matriz cimentícia, evitando o aparecimento de fissuras e garantindo o aumento da tenacidade do compósito, através do acréscimo da capacidade de suporte de carga da matriz após a sua fissuração (PROCTOR, 1990; PCI, 1994; MAJUMDAR; LAWS, 1991).

O teor de fibras usualmente utilizado (de 3 a 5%) faz com que as fibras interfiram significativamente em algumas propriedades do compósito em relação à matriz pura, notadamente na resistência última à tração e à flexão e na resistência a impacto. A matriz, por constituir parcela superior a 95% do volume de compósito, determina o seu comportamento face a solicitações de compressão e cisalhamento interlaminar, entre outras propriedades (PCI, 1994; Cem FIL Ltd., 1997). A tabela 19 apresenta as propriedades de compósitos GRC.

Tabela 19 - Propriedades típicas de compósitos GRC aos 28 dias (adaptado, PCI, 1994).

PROPRIEDADE	28 DIAS
Resistência à compressão (MPa)	48,2 a 82,7
Flexão	
Tensão de escoamento (MPa)	6,2 a 10,3
Tensão de ruptura (MPa)	17,2 a 27,5
Módulo de elasticidade (GPa)	10,34 a 20,7
Tração Direta	
Tensão de escoamento (MPa)	4,8 a 6,9
Tensão de ruptura (MPa)	6,9 a 11,0

PROPRIEDADE	28 DIAS
Deformação na ruptura (%)	0,6 a 1,2
<i>Cisalhamento</i>	
Interlaminar (MPa)	2,75 a 5,5
In-plane (MPa)	6,9 a 11,0

1.4.3 Seleção da geometria

Conforme o fluxograma do projeto do componente, posteriormente à seleção do material, procede-se a definição das características da geometria e a seleção da geometria mais adequada. A seleção da geometria não segue a mesma linha metódica e racionalizada utilizada na seleção do material, devido principalmente ao fato de não existir uma coleção de geometrias que podem ser comparadas entre si da mesma maneira que os materiais foram. Portanto, o desenvolvimento de soluções de geometria torna-se mais intuitivo, embora haja certo grau de racionalidade através de uma série de etapas metodológicas que auxiliam na definição das melhores geometrias para o componente (AZAMBUJA, 2008).

1.4.3.1 Opções de solução

A seleção da geometria deste método inicia-se com a listagem das opções de solução (quadro 22) relacionadas a cada requisito de desempenho, de forma a lançar diretrizes a propostas finais de projeto.

As opções de solução posteriormente geram opções de geometria (quadro 23) para cada requisito de desempenho, obtendo-se uma coleção de geometrias. A análise das combinações destas soluções permitem definir sua compatibilidade e a viabilidade das soluções conjuntas. Uma vez que a geometria básica tenha sido definida, inicia-se a etapa de otimização, que consiste em utilizar ferramentas de análise de estruturas para refinar o projeto. É possível que sejam geradas várias soluções conjuntas de geometria. Neste caso, é importante passar ao próximo passo, de comparação entre elas (AZAMBUJA, 2008).

Quadro 22: Opções de solução para o componente.

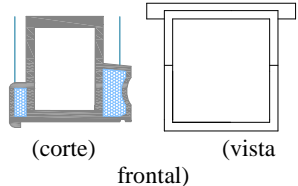
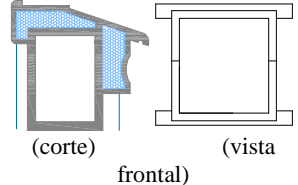
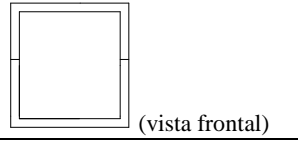
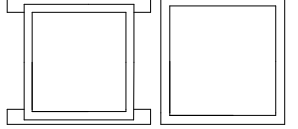
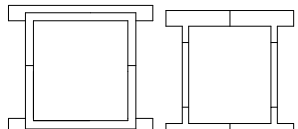
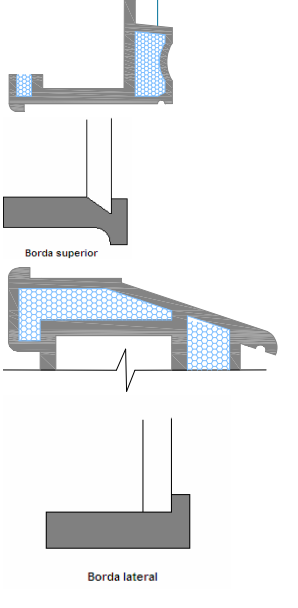
EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS
Segurança estrutural	Estabilidade e resistência estrutural.	Inclusão da função de verga;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
		Inclusão da função de contra-verga;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas; possibilidade de preenchimento da contra-verga com concreto.
		Inclusão da função de verga e contra-verga.	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas; possibilidade de preenchimento da contra-verga com concreto.
		Exclusão das funções de verga e contra-verga	Decréscimo do valor agregado do componente devido à exclusão destas funções.
	Rigidez e integridade física (fissuras).	Comportamento equivalente a um quadro rígido (ligações suficientemente rígidas).	Módulo de elasticidade do material; possibilidade de enrijecimento das ligações.
		Não comportando-se como quadro rígido.	
Resistência ao impacto de corpo duro e corpo mole	Formas geométricas proporcionando otimização em relação ao momento de inércia.	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.	
Segurança contra incêndio	Segurança estrutural em situação de incêndio.	Espessura da seção suficientemente resistente ao fogo.	Resistência do material em situação de incêndio.


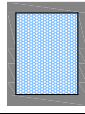
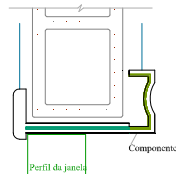
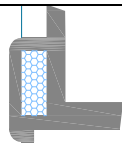
EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS
Estanqueidade	Infiltração de água nas interfaces janela/componente e componente/alvenaria.	Vedação através de barreiras físicas formadas pelo próprio material nas interfaces;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
		Vedação através de injeção de outros produtos como selantes, argamassa e outros.	Capacidade de aderência do material à produtos de vedação e argamassa.
Desempenho térmico	Isolamento térmico	Seções vazadas;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
		Inserção de material isolante;	Possibilidade de inserir elementos isolantes (isopor, por exemplo).
		Utilização de material de baixa densidade	Possibilidade de produzir material de baixa densidade.
	Absorção de dilatações térmicas	Folgas nas interfaces	Coefficiente de dilatação térmica dos materiais envolvidos.
Desempenho acústico	Isolamento acústico	Seções vazadas;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
		Inserção de elementos de vedação;	Possibilidade de inserir elementos de vedação (borracha, esponja, mastique, massa de calafetar, massa de vidraceiro)
		Seções com formas vedantes	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
Saúde, higiene e qualidade do ar	Indisponibilidade a proliferação de microorganismos.	Superfície com acabamento liso.	Possibilidade do material receber acabamento superficial liso.
	Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à edificação.	Acabamento sem extremidades ou superfície susceptíveis à desprendimentos por abraço ou impacto.	Toxicidade do material.
Conforto tátil	Conforto e segurança tátil.	Acabamento liso; Quinas arredondadas.	Possibilidade do material receber acabamento superficial liso.
Durabilidade	Durabilidade em uso normal.	Componente prolongando-se à face externa da edificação;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
		Componente não prolongando-se à face externa da edificação;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
Manutenibilidade	Acessibilidade	Acabamento superficial liso com detalhes: saliências ou reentrâncias;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
		Acabamento superficial texturado.	Possibilidade do material receber acabamento superficial texturado.
		Acabamento superficial texturado com detalhes: saliências ou reentrâncias;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
Impacto ambiental	Incorporação de energia		
	Reciclabilidade		
Trabalhabilidade	Moldabilidade		
	Montabilidade		
Conectividade	Coordenação modular		

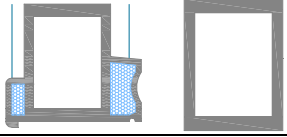

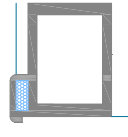
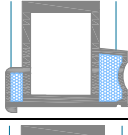

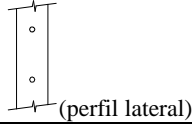
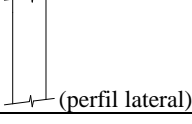
EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS
Conectividade	Gabarito do vão	Nível e prumo fornecidos pelo componente.	Seqüência ideal de execução (componente monolítico ou particionado); possibilidade de ligação entre as partes; possibilidade do material ser moldado em formas complexas.
		Dimensões do vão fornecidas pelo componente	
Transportabilidade	Ergonomicidade		
	Transportabilidade		
Viabilidade econômica	Valor competitivo	Seções vazadas;	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas (com seções vazadas).
		Seções maciças.	Acréscimo do custo e massa devido à maior gasto de material.
REQUISITOS ESPECÍFICOS			
REQUISITO	REQUISITO ESPECÍFICO	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS
Moldabilidade	Acabamento interno e externo	Seção sobrepõe-se às bordas internas de contorno à janela, assumindo função de guarnição.	Possibilidade do material ser moldado em formas complexas; possibilidade do material de receber pintura;
		Seção sobrepõe-se às bordas internas e externas de contorno à janela, assumindo função de guarnição (interna) e de moldura (externa).	
Montabilidade	Fixação da janela	Com elementos para fixação – posição pré-definida	Possibilidade de inserção de compontes de fixação para a janela.
		Sem pré-definição de posição.	
	Ligações estáveis e estanques entre sub-componentes	Caso o componente seja particionado: 1.Ligação através de encaixe simples. 2. Ligação através de inserção de componente de fixação.	Possibilidade de ligação estrutural entre partes; resistência do material à tração e compressão.
Coordenação modular	Padronização	Dimensões modulares ao vão	Blocos atualmente utilizados
		Dimensões modulares à janela	Janelas atualmente utilizadas
		Dimensões modulares ao vão e janela	Blocos e janelas atualmente utilizados
	Absorção de imprecisões dimensionais	Folga entre o componente e a alvenaria e entre o componente e a janela.	Tolerâncias e variações dimensionais da alvenaria, esquadrias e material proposto para o componente

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

Quadro 23: Opções de geometria para o componente.

EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	OPÇÕES DE GEOMETRIA
Segurança estrutural	Estabilidade e resistência estrutural.	Inclusão da função de verga;	 (corte) (vista frontal)
		Inclusão da função de verga e contra-verga.	 (corte) (vista frontal)
		Exclusão das funções de verga e contra-verga	 (vista frontal)
	Rigidez e integridade física (fissuras).	Comportamento equivalente a um quadro rígido (ligações suficientemente rígidas).	
		Não comportando-se como quadro rígido.	
	Resistência ao impacto de corpo duro e corpo mole	Formas geométricas proporcionando otimização em relação ao momento de inércia.	
Segurança contra incêndio	Segurança estrutural em situação de incêndio.	Espessura da seção suficientemente resistente ao fogo.	
Estanqueidade	Infiltração de água nas interfaces janela/componente e componente/alvenaria.	Vedação através de barreiras físicas formadas pelo próprio material nas interfaces;	 Borda superior Borda lateral
		Vedação através de inserção de outros produtos como selantes, argamassa ou outros materiais.	

EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	OPÇÕES DE GEOMETRIA
Desempenho térmico	Isolamento térmico	Seções vazadas;	
		Inserção de material isolante;	
	Absorção de dilatações térmicas	Utilização de material de baixa densidade	
		Folgas nas interfaces	
Desempenho acústico	Isolamento acústico	Seções vazadas;	
		Inserção de elementos de vedação;	
		Seções com formas vedantes	
Saúde, higiene e qualidade do ar	Indisponibilidade a proliferação de microorganismos.	Superfície com acabamento liso.	
	Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à edificação.	Acabamento sem extremidades ou superfície susceptíveis à desprendimentos por abrasão ou impacto.	
Conforto tátil	Conforto e segurança tátil.	Acabamento liso; Quinas arredondadas.	
Durabilidade	Durabilidade em uso normal.	Componente prolongando-se à face externa da edificação;	
		Componente não prolongando-se à face externa da edificação;	
Manutenibilidade	Acessibilidade	Acabamento superficial liso com detalhes: saliências ou reentrâncias;	
		Acabamento superficial texturado.	
		Acabamento superficial texturado com detalhes: saliências ou reentrâncias;	
Impacto ambiental	Incorporação de energia		
	Reciclabilidade		
Trabalhabilidade	Moldabilidade		
	Montabilidade		
Conectividade	Coordenação modular		
	Gabarito do vão	Nível, prumo e dimensões do vão definidos pelo componente.	

EXIGÊNCIAS	REQUISITOS	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	OPÇÕES DE GEOMETRIA
Transportabilidade	Ergonomia		
	Transportabilidade		
Viabilidade econômica	Valor competitivo	Seções vazadas;	
		Seções maciças.	
REQUISITOS ESPECÍFICOS			
REQUISITO	REQUISITO ESPECÍFICO	OPÇÕES DE SOLUÇÃO	OPÇÕES DE GEOMETRIA
Moldabilidade	Acabamento interno e externo	Seção sobrepõe-se às bordas internas de contorno à janela, assumindo função de guarnição.	
		Seção sobrepõe-se às bordas internas e externas de contorno à janela, assumindo função de guarnição (interna) e de moldura (externa).	
		Seção sem guarnição e sem moldura externa.	
Montabilidade	Fixação da janela	Com elementos para fixação – posição pré-definida	
		Sem pré-definição de posição.	
	Ligações estáveis e estanques entre sub-componentes	<p>Caso o componente seja particionado:</p> <p>1. Ligações através de encaixe simples.</p> <p>2. Ligações através de inserção de componente de fixação.</p>	
Coordenação modular	Padronização	Dimensões modulares ao vão	
		Dimensões modulares à janela	
		Dimensões modulares ao vão e janela	
Absorção de imprecisões dimensionais	Folga entre o componente e a alvenaria e entre o componente e a janela.		

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

Seguindo as prescrições de Azambuja (2008), a próxima etapa foi a atribuição da relevância de cada requisito com relação ao desempenho do componente. O nível de relevância foi atribuído numa escala de 0 a 10, onde 0 significa relevância nula e 10 significa máxima relevância. Desta forma tem-se a formulação dos pesos de cada requisito em relação ao desempenho do componente, os quais são apresentados no quadro 24.

Quadro 24: Nível de relevância de cada requisito em relação ao desempenho do componente.

ATRIBUIÇÕES DE RELEVÂNCIA AOS REQUISITOS			
GRUPO	EXIGÊNCIA	REQUISITO	RELEVÂNCIA
Segurança	Segurança estrutural	Estabilidade e resistência estrutural.	10
		Rigidez e integridade física (fissuras).	8
		Resistência ao impacto de corpo duro e corpo mole	8
	Segurança contra incêndio	Segurança estrutural em situação de incêndio.	5
Habitabilidade	Estanqueidade	Infiltração de água nas interfaces janela/componente e componente/alvenaria.	10
	Desempenho térmico	Isolamento térmico	2
		Absorção de dilatações térmicas	7
	Desempenho acústico	Isolamento acústico	2
	Saúde, higiene e qualidade do ar	Indisponibilidade a proliferação de microorganismos.	8
		Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à edificação.	8
Conforto tátil	Conforto e segurança tátil.	6	
Sustentabilidade	Durabilidade	Durabilidade em uso normal.	10
	Manutenibilidade	Acessibilidade	5
	Impacto ambiental	Incorporação de energia	3
		Reciclabilidade	3
Construtibilidade	Trabalhabilidade	Moldabilidade	xxxxxxxxxxxx
		Montabilidade	xxxxxxxxxxxx
	Conectividade	Coordenação modular	xxxxxxxxxxxx
		Gabarito do vão	9
	Transportabilidade	Ergonomicidade	8
		Transportabilidade	8
Economicidade	Viabilidade econômica	Valor competitivo	10
REQUISITOS ESPECÍFICOS			
REQUISITO	REQUISITO ESPECÍFICO		
Moldabilidade	Acabamento interno e externo		8
Montabilidade	Fixação da janela		10
	Ligações estáveis e estanques entre sub-componentes		9
Coordenação modular	Padronização		8
	Absorção de imprecisões dimensionais		8

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

1.4.3.2 Propostas de componente

Com base nas opções de geometria relacionadas a cada requisito, assim com suas respectivas relevâncias foram elaboradas propostas de componente, apresentadas nas figuras 71 a 78.

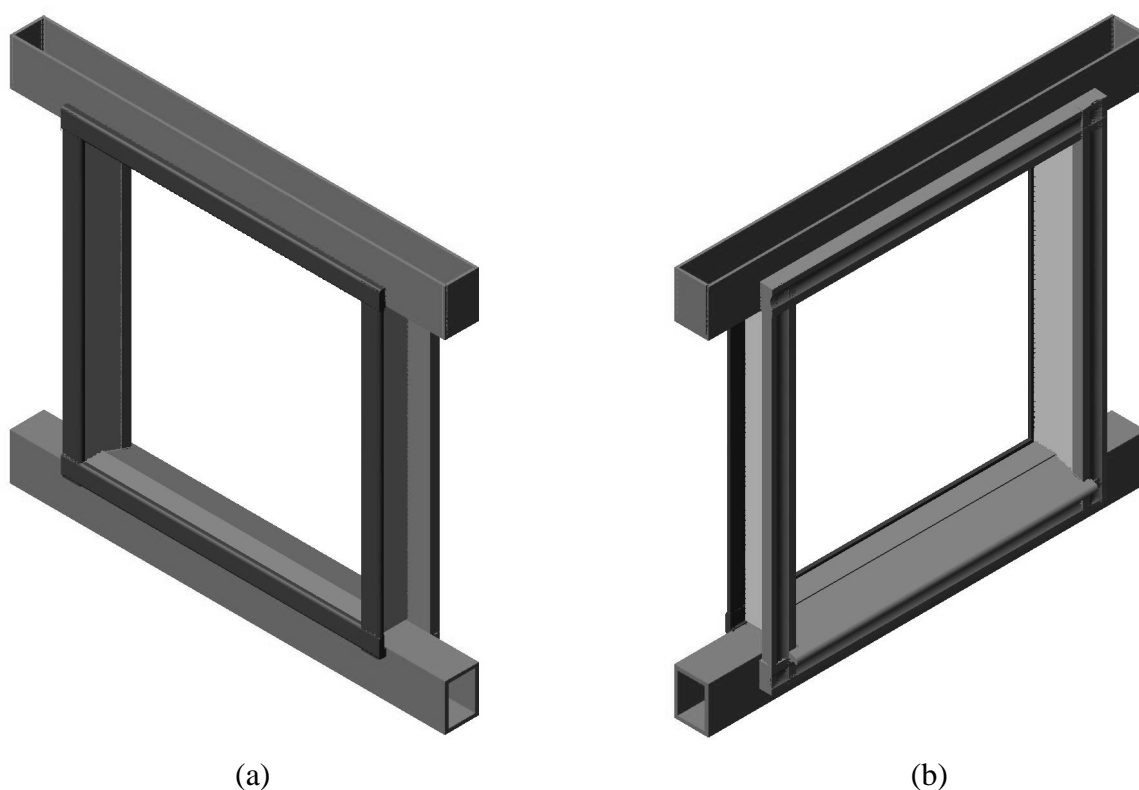


Figura 71: Projeto 01, vista 3d da face interna (a) e externa (b).

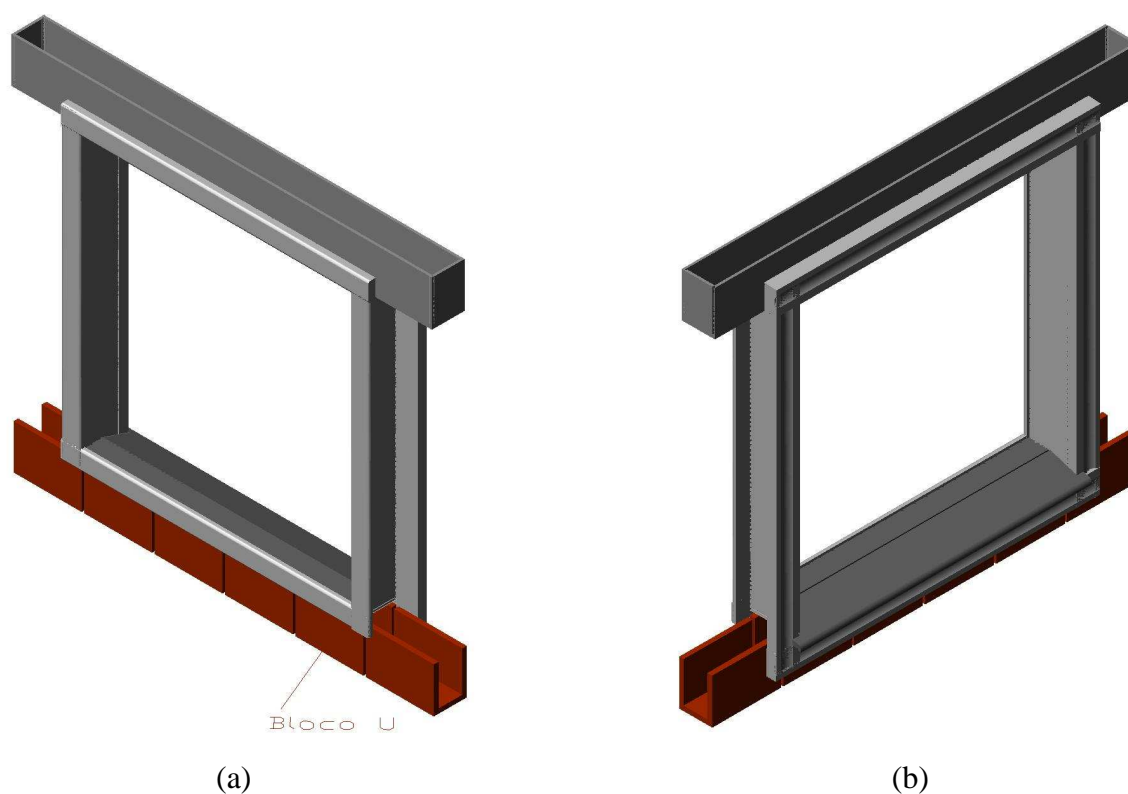


Figura 72: Projeto 02, vista 3d da face interna (a) e vista 3d da face externa (b).



Figura 73: Vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior do projeto 01 (a) com massa prevista de 109 Kg e do projeto 02 (b), com 86 Kg.

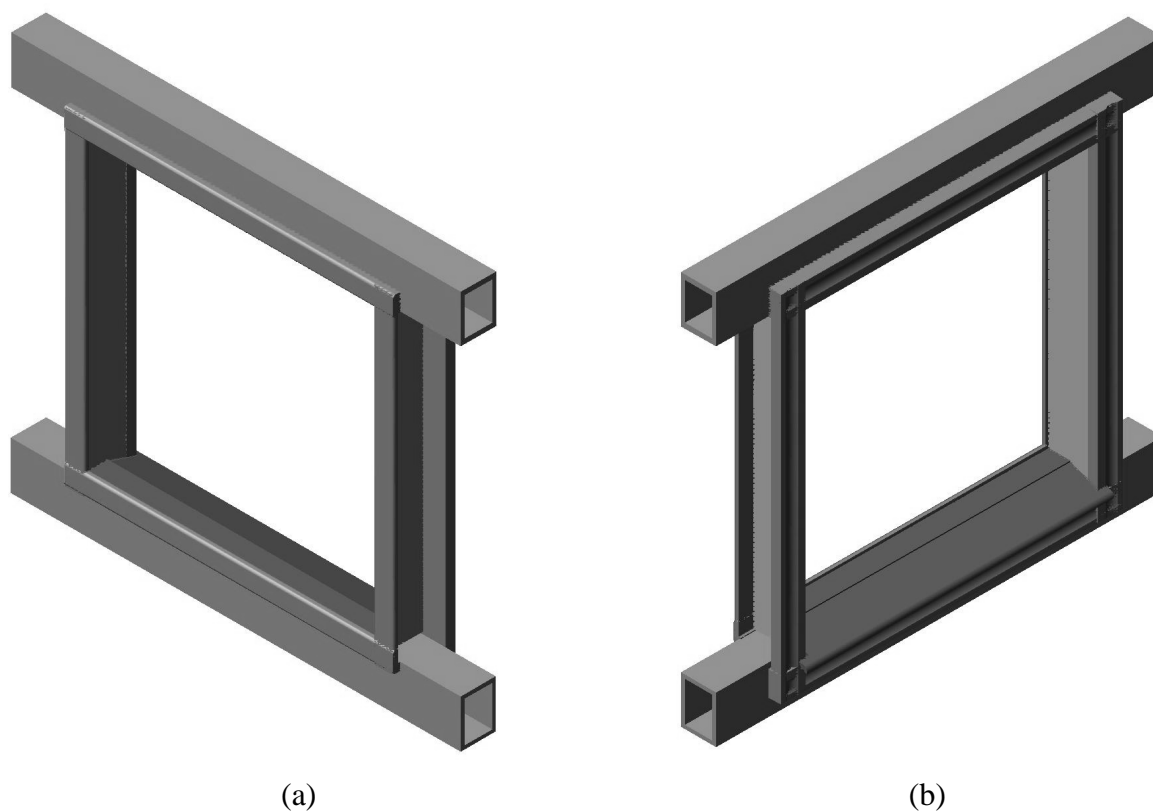


Figura 74: Projeto 03, vista 3d da face interna (a) e vista 3d da face externa (b).

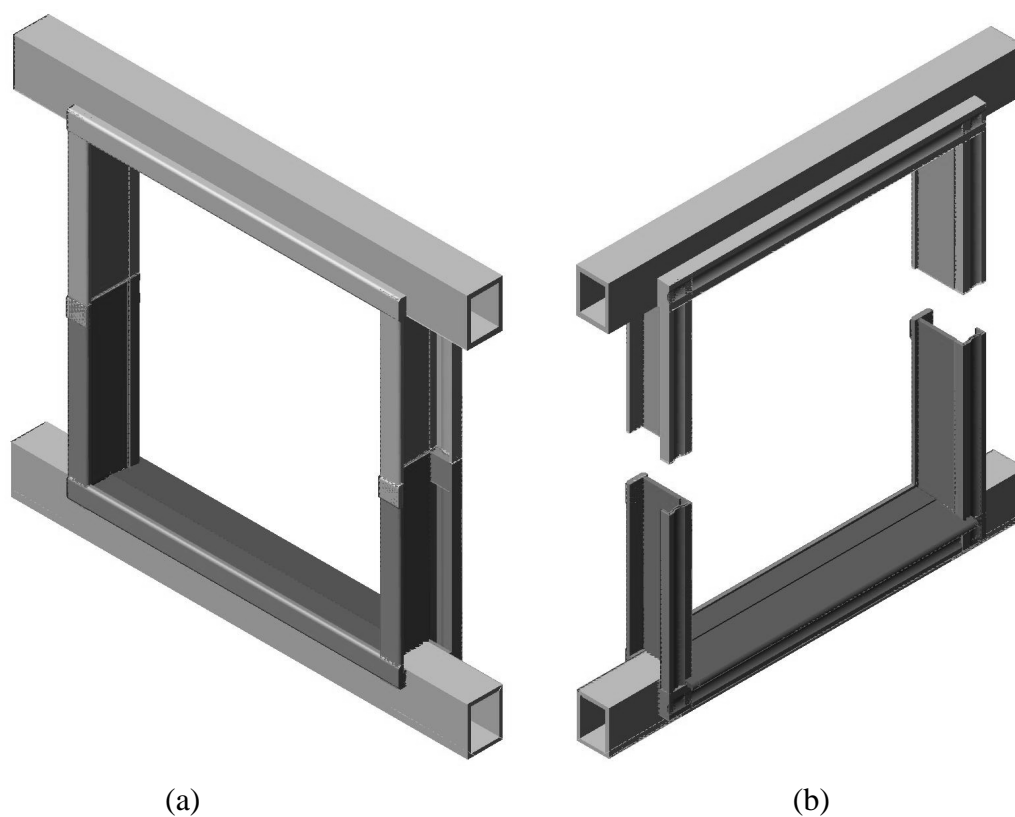


Figura 75: Projeto 04, vista 3d da face interna (a) e vista 3d da face externa (b).

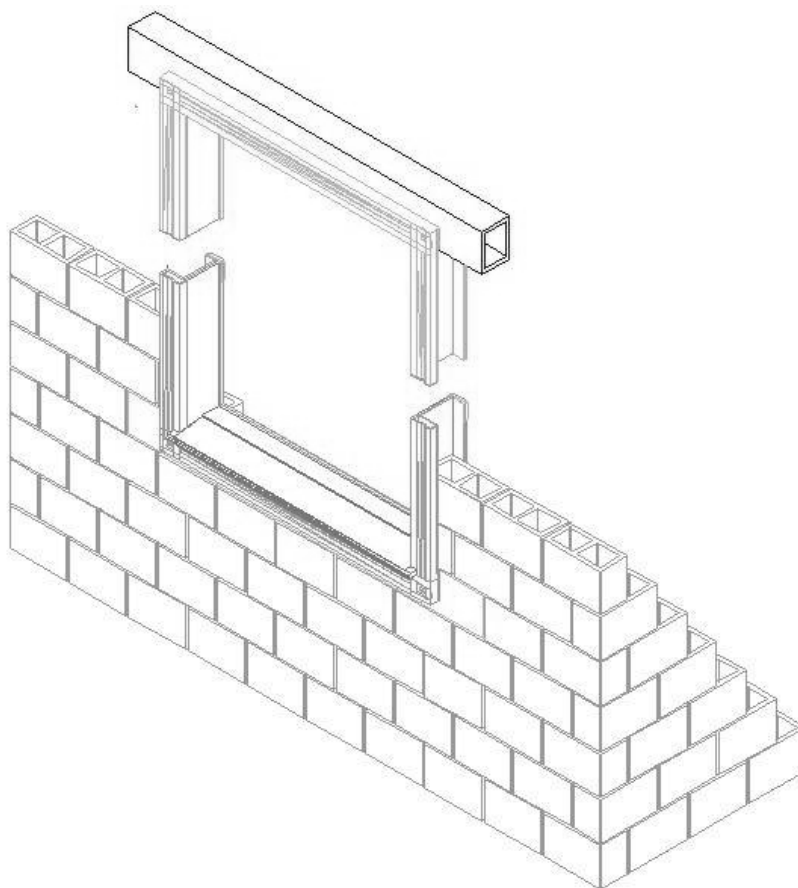


Figura 76: Projeto 04, vista 3d da face externa.

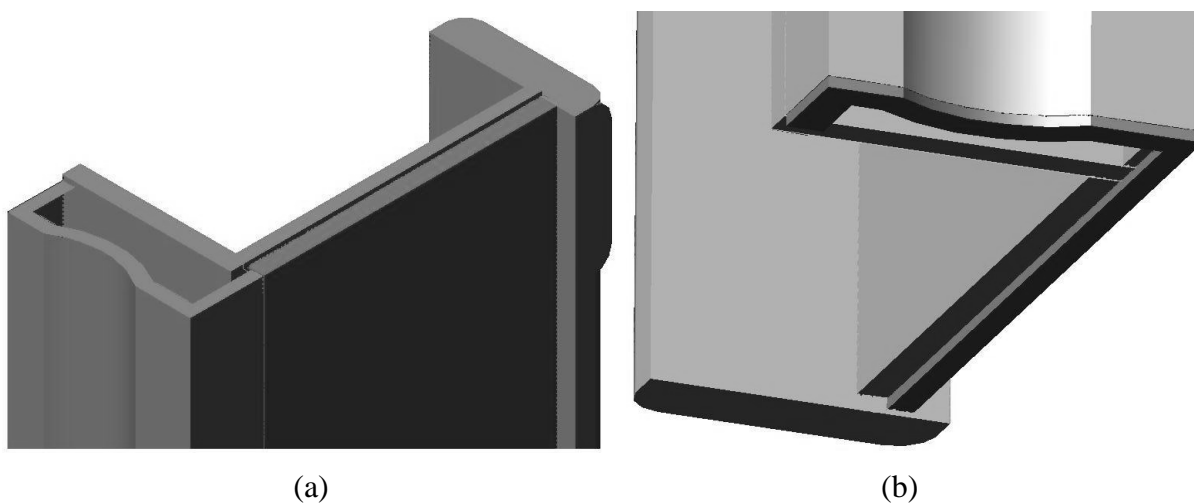


Figura 77: Projeto 04, detalhe da barreira de vedação na junção entre o componente inferior (a) e o superior (b).

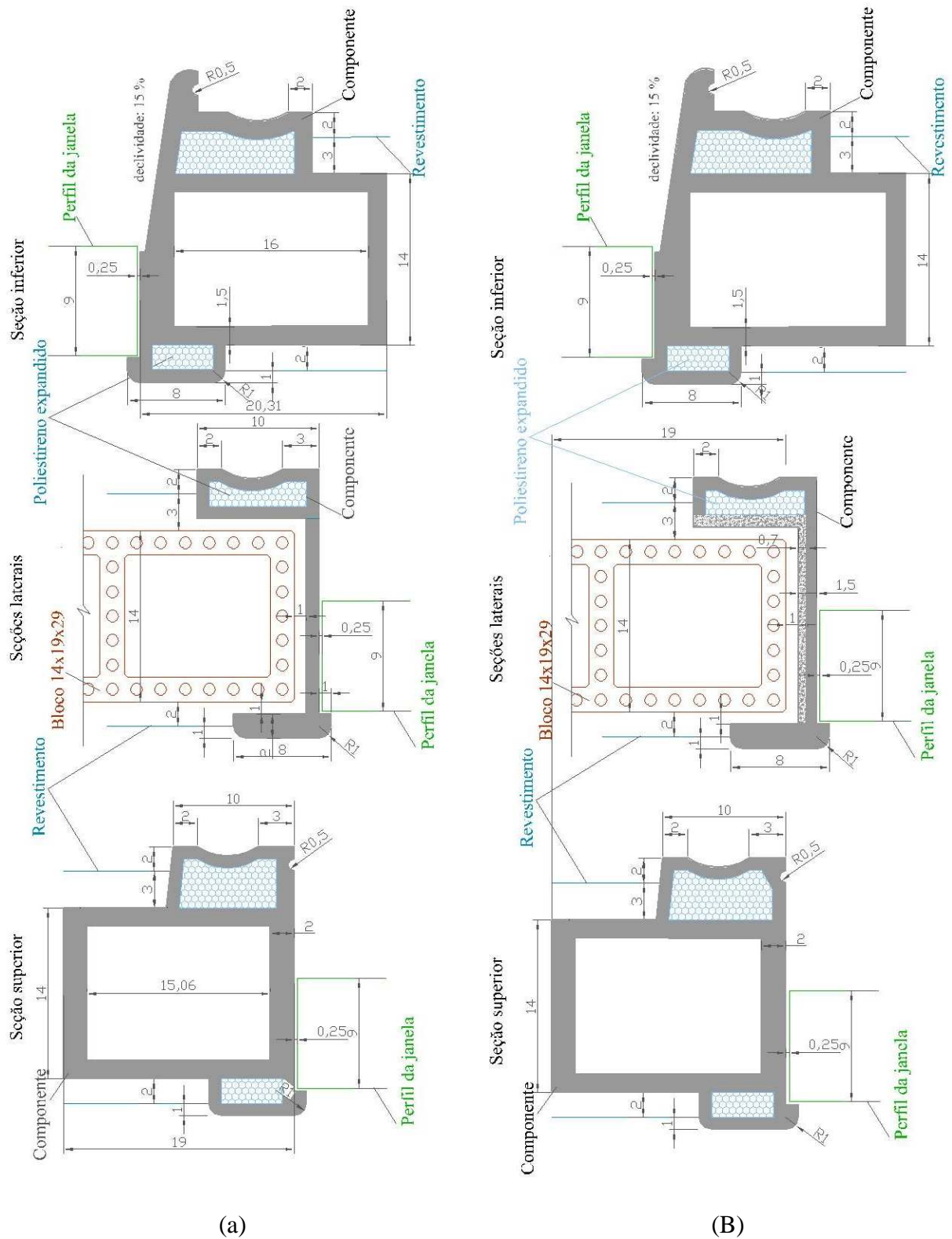


Figura 78: Vistas dos cortes das seções laterais, superior e inferior do projeto 03 (a) com massa prevista de 110,8 Kg e do projeto 04 (b), com 114 Kg.

1.4.3.3 Avaliação das soluções

O processo de avaliação de soluções consiste em comparar as respostas de desempenho das soluções em relação aos requisitos previamente definidos. Existem, como foi exposto na descrição do sistema projeto do componente, dois portais de verificação. Primeiramente, é necessário saber se cada uma das alternativas é tecnicamente correta e depois, se é economicamente viável, então o processo é conduzido à matriz de avaliação. A matriz de avaliação permite que todos os aspectos envolvidos sejam sumarizados em um único valor resultante, que é a soma de todas as avaliações individuais, avaliando a qualidade técnica da solução. Azambuja (2008) destaca algumas definições importantes: relevância, efetividade e resultados. Estas definições são apresentadas a seguir.

Relevância – A relevância demonstra a importância do requisito na solução. Uma relevância alta significa que a solução deve contemplá-la. Uma relevância baixa significa que o requisito poderá ser atendido parcialmente ou até mesmo não ser atendido.

Efetividade – A efetividade indica a capacidade da solução em atender ao requisito. Quanto mais plenamente é atendido, mais alta é a efetividade.

Resultado – O resultado será a multiplicação da relevância pela efetividade. A soma dos resultados de todos os requisitos indicará o resultado final daquela solução. Uma solução que obtenha alta efetividade em requisitos mais relevantes terá um resultado melhor que outra com maior efetividade em requisitos menos relevantes. Assim serão comparadas as soluções anteriormente apresentadas, gerando o resultado final, a solução mais adequada. Entretanto anteriormente a isso, será verificada sua viabilidade técnica e econômica.

1.4.3.3.1 Viabilidade técnica

Considera-se neste trabalho que uma solução é tecnicamente boa quando teoricamente atende aos requisitos de desempenho. No momento da criação das soluções já foram descartadas as soluções tecnicamente ineficazes, para não estender demasiadamente o trabalho. Logo, embora haja variações de eficiência com relação a alguns requisitos, as soluções propostas foram consideradas tecnicamente boas.

As propostas apresentadas neste trabalho são projetos básicos, portanto sua geometria deve ainda ser otimizada e verificada através de análise computacional. Só após esta etapa é que poderá ser verificado o atendimento aos requisitos de desempenho através dos ensaios e verificações sugeridas neste capítulo.

1.4.3.3.2 Viabilidade econômica

Conforme exposto nos requisitos de desempenho, entende-se que a solução torna-se viável economicamente quando o processo de produção da alvenaria resulta em menor custo se comparado ao processo tradicional, embora o novo componente represente maior custo, isoladamente, em relação ao seu similar concorrente.

Visando verificar a viabilidade econômica das propostas de componentes, fez-se um estudo do custo de produção de uma seção de alvenaria com a largura usualmente utilizada para cômodos aos quais serão adotados o componente e altura usual de pé-direito, excluindo-se custos com lajes, por serem iguais nos dois sistemas. Esta avaliação do custo de produção engloba gastos com material e mão-de-obra.

O quadro 25 apresenta a estimativa do custo de produção de uma seção de parede com 3m de comprimento por 2,60m de altura, com blocos cerâmicos e argamassa traço 1:2:9 utilizando as diferentes propostas de componentes.

Quadro 25: COMPARATIVO DE CUSTO GLOBAL DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL UTILIZANDO UM COMPONENTE NA INTERFACE JANELA/ALVENARIA (SEÇÃO DE PAREDE 3X2,60M)

Descrição do sistema construtivo	Solução tradicional			Proposta 01			Proposta 02			Proposta 03			Proposta 04		
	Verga (14x19x179cm) em concreto arm. moldada em bloco canaleta.	Verga (12x19x179cm) em concreto arm. moldada em canaleta do componente.			Verga (12x19x179cm) em concreto arm. moldada em canaleta do componente.			Verga (12x19x179cm) em concreto arm. moldada em canaleta do componente.			Componente monolítico incorporando funções: verga, contra-verga, pingadeira, contra-marco, moldura interna e externa.			Componente particionado incorporando funções: verga, contra-verga, pingadeira, contra-marco, moldura interna e externa.	
Contra-verga (12x9x179) em concreto arm. Moldado em bloco "U".	Componente monolítico incorporando funções: contra-verga, pingadeira, fôrma para a verga, contra-marco, moldura interna e externa.			Contra-verga (11x9x179) em concreto arm. Moldado em bloco "U".			Componente monolítico incorporando funções: pingadeira, fôrma para a verga, contra-marco, moldura interna e externa.			Componente monolítico incorporando funções: pingadeira, fôrma para a verga, contra-marco, moldura interna e externa.			Componente monolítico incorporando funções: pingadeira, fôrma para a verga, contra-marco, moldura interna e externa.		
Pingadeira de basalto polido (2x19x121cm);	Bloco cerâmico: 14x19x29cm			Bloco cerâmico: 14x19x29cm			Bloco cerâmico: 14x19x29cm			Bloco cerâmico: 14x19x29cm			Bloco cerâmico: 14x19x29cm		
Bloco cerâmico: 14x19x29cm	Meio bloco cerâmico: 14x19x14cm			Meio bloco cerâmico: 14x19x14cm			Meio bloco cerâmico: 14x19x14cm			Meio bloco cerâmico: 14x19x14cm			Meio bloco cerâmico: 14x19x14cm		
Meio bloco cerâmico: 14x19x14cm	Bloco canaleta cerâmico: 14x19x29cm			Bloco canaleta cerâmico: 14x19x29cm			Bloco canaleta cerâmico: 14x19x29cm			Bloco canaleta cerâmico: 14x19x29cm			Bloco canaleta cerâmico: 14x19x29cm		
Bloco canaleta cerâmico: 14x19x29cm	Bloco "U" cerâmico: 14x9x29cm			Bloco "U" cerâmico: 14x9x29cm			Bloco "U" cerâmico: 14x9x29cm			Bloco "U" cerâmico: 14x9x29cm			Bloco "U" cerâmico: 14x9x29cm		
Bloco "U" cerâmico: 14x9x29cm	Janela ven. correr 3f alumínio 120x120cm			Janela ven. correr 3f alumínio 120x120cm			Janela ven. correr 3f alumínio 120x120cm			Janela ven. correr 3f alumínio 120x120cm			Janela ven. correr 3f alumínio 120x120cm		
Janela ven. correr 3f alumínio 120x120cm	Argamassa de assentamento: 1:2:6			Argamassa de assentamento: 1:2:6			Argamassa de assentamento: 1:2:6			Argamassa de assentamento: 1:2:6			Argamassa de assentamento: 1:2:6		
Argamassa de assentamento: 1:2:6	Argamassa de revestimento: 1:2:9			Argamassa de revestimento: 1:2:9			Argamassa de revestimento: 1:2:9			Argamassa de revestimento: 1:2:9			Argamassa de revestimento: 1:2:9		
Argamassa de revestimento: 1:2:9	Perfil L/chumbadores para união das seções do componente.			Perfil L/chumbadores para união das seções do componente.			Perfil L/chumbadores para união das seções do componente.			Perfil L/chumbadores para união das seções do componente.			Perfil L/chumbadores para união das seções do componente.		
Perfil L/chumbadores para união das seções do componente.															
	Quant.	Unidade		Quant.	Unidade		Quant.	Unidade		Quant.	Unidade		Quant.	Unidade	
Verga	0,047614	m³	Verga	0,040812	m³	Verga	0,040812	m³	Componente (GRC)	110,8	Kg	Componente (GRC)	110,8	Kg	
Contra-verga	0,019332	m³	Componente (GRC)	97,8	Kg	Contra-verga	0,019332	m³	Componente (GRC)	86	Kg	Componente (GRC)	85	unid.	
Pingadeira	1,21	m	Bloco	85	unid.	Componente (GRC)	86	Kg	Bloco	85	unid.	Bloco	85	unid.	
Bloco	85	unid.	Meio-bloco	18	unid.	Bloco	85	unid.	Meio-bloco	18	unid.	Meio-bloco	18	unid.	
Meio-bloco	18	unid.	Bloco canaleta	0	unid.	Meio-bloco	18	unid.	Bloco canaleta	2	unid.	Bloco canaleta	2	unid.	
Bloco canaleta	8	unid.	Bloco "U"	0	unid.	Bloco canaleta	2	unid.	Bloco "U"	4	unid.	Bloco "U"	4	unid.	
Bloco "U"	4	unid.	Janela	1	unid.	Bloco "U"	4	unid.	Janela	1	unid.	Janela	1	unid.	
Janela	1	unid.	Argamassa de assent.	0,0724	m³	Janela	1	unid.	Argamassa de assent.	0,0724	m³	Argamassa de assent.	0,0724	m³	
Argamassa de assent.	0,08528	m³	Argamassa de revest.	0,318	m³	Argamassa de assent.	0,07427	m³	Argamassa de revest.	0,318	m³	Argamassa de revest.	0,318	m³	
Argamassa de revest.	0,3261	m³	Perfil L/chumb.	3	Kg	Argamassa de revest.	0,318	m³	Perfil L/chumb.	3	Kg	Perfil L/chumb.	3	Kg	
Perfil L/chumb.						Perfil L/chumb.	3	Kg	Perfil L/chumb.	3	Kg	Perfil L/chumb.	3	Kg	
	Unitário	Ítem		Unitário	Ítem		Unitário	Ítem		Unitário	Ítem		Unitário	Ítem	
Verga	R\$ 439,00	R\$ 20,90	Verga	R\$ 439,00	R\$ 17,92	Verga	R\$ 439,00	R\$ 17,92	Componente (GRC)	R\$ 1,90	R\$ 210,52	Componente (GRC)	R\$ 2,05	R\$ 227,14	
Contra-verga	R\$ 439,00	R\$ 8,49	Componente (GRC)	R\$ 1,90	R\$ 185,82	Contra-verga	R\$ 439,00	R\$ 8,49	Componente (GRC)	R\$ 1,90	R\$ 163,40	Componente (GRC)	R\$ 1,90	R\$ 163,40	
Pingadeira	R\$ 40,61	R\$ 49,14	Bloco	R\$ 1,21	R\$ 102,85	Componente (GRC)	R\$ 1,90	R\$ 163,40	Bloco	R\$ 1,21	R\$ 102,85	Bloco	R\$ 1,21	R\$ 102,85	
Bloco	R\$ 1,21	R\$ 102,85	Meio-bloco	R\$ 0,85	R\$ 15,25	Bloco	R\$ 1,21	R\$ 102,85	Meio-bloco	R\$ 0,85	R\$ 15,25	Meio-bloco	R\$ 0,85	R\$ 15,25	
Meio-bloco	R\$ 0,85	R\$ 15,25	Bloco canaleta	R\$ 1,70	R\$ 13,56	Meio-bloco	R\$ 0,85	R\$ 15,25	Bloco canaleta	R\$ 1,70	R\$ 3,39	Bloco canaleta	R\$ 1,70	R\$ 3,39	
Bloco canaleta	R\$ 1,70	R\$ 13,56	Bloco "U"	R\$ 1,70	R\$ 6,78	Bloco canaleta	R\$ 1,70	R\$ 3,39	Bloco "U"	R\$ 1,70	R\$ 6,78	Bloco "U"	R\$ 1,70	R\$ 6,78	
Bloco "U"	R\$ 1,70	R\$ 6,78	Janela	R\$ 450,00	R\$ 450,00	Bloco "U"	R\$ 1,70	R\$ 6,78	Janela	R\$ 450,00	R\$ 450,00	Janela	R\$ 450,00	R\$ 450,00	
Janela	R\$ 450,00	R\$ 450,00	Argamassa de assent.	R\$ 141,60	R\$ 10,25	Janela	R\$ 450,00	R\$ 450,00	Argamassa de assent.	R\$ 141,60	R\$ 10,25	Argamassa de assent.	R\$ 141,60	R\$ 10,25	
Argamassa de assent.	R\$ 141,60	R\$ 12,08	Argamassa de revest.	R\$ 117,70	R\$ 37,43	Argamassa de assent.	R\$ 141,60	R\$ 10,25	Argamassa de revest.	R\$ 117,70	R\$ 37,43	Argamassa de revest.	R\$ 117,70	R\$ 37,43	
Argamassa de revest.	R\$ 117,70	R\$ 38,38	Perfil L/chumb.	R\$ 6,90	R\$ 20,70	Argamassa de revest.	R\$ 117,70	R\$ 37,43	Perfil L/chumb.	R\$ 6,90	R\$ 20,70	Argamassa de revest.	R\$ 117,70	R\$ 37,43	
Perfil L/chumb.	R\$ 6,90	R\$ 20,70	Total (material)	R\$ 717,42	R\$ 840,21	Perfil L/chumb.	R\$ 6,90	R\$ 20,70	Total (material)	R\$ 847,00	R\$ 847,00	Total (material)	R\$ 863,62	R\$ 863,62	
Total (material)	R\$ 717,42	R\$ 717,42				Total (material)	R\$ 836,71	R\$ 836,71	Total (material)	R\$ 847,00	R\$ 847,00	Total (material)	R\$ 863,62	R\$ 863,62	
	Quant.	Unidade		Quant.	Unidade		Quant.	Unidade		Quant.	Unidade		Quant.	Unidade	
Servente	2,34	H/homem	Servente	1,64	H/homem	Servente	1,97	H/homem	Servente	1,40	H/homem	Servente	1,40	H/homem	
Pedreiro	4,68	H/homem	Pedreiro	3,28	H/homem	Pedreiro	3,93	H/homem	Pedreiro	2,81	H/homem	Pedreiro	2,81	H/homem	
Grua	0,12	H	Grua	0,17	H	Grua	0,17	H	Grua	0,17	H	Grua	0,17	H	
	Unitário	Ítem		Unitário	Ítem		Unitário	Ítem		Unitário	Ítem		Unitário	Ítem	
Servente	R\$ 7,25	R\$ 16,97	Servente	R\$ 7,25	R\$ 11,88	Servente	R\$ 7,25	R\$ 14,25	Servente	R\$ 7,25	R\$ 10,18	Servente	R\$ 7,25	R\$ 10,18	
Pedreiro	R\$ 11,50	R\$ 53,82	Pedreiro	R\$ 11,50	R\$ 37,67	Pedreiro	R\$ 11,50	R\$ 45,21	Pedreiro	R\$ 11,50	R\$ 32,29	Pedreiro	R\$ 11,50	R\$ 32,29	
Grua	R\$ 200,00	R\$ 24,00	Grua	R\$ 200,00	R\$ 34,00	Grua	R\$ 200,00	R\$ 34,00	Grua	R\$ 200,00	R\$ 34,00	Grua	R\$ 200,00	R\$ 34,00	
Total (mão-de-obra)	R\$ 94,79	R\$ 94,79	Total (mão-de-obra)	R\$ 83,55	R\$ 83,55	Total (mão-de-obra)	R\$ 93,46	R\$ 93,46	Total (mão-de-obra)	R\$ 76,47	R\$ 76,47	Total (mão-de-obra)	R\$ 76,47	R\$ 76,47	
CUSTO TOTAL	Solução tradicional	R\$ 812,21	Proposta 01	R\$ 923,76	R\$ 923,76	Proposta 02	R\$ 930,17	R\$ 930,17	Proposta 03	R\$ 923,47	R\$ 923,47	Proposta 04	R\$ 940,09	R\$ 940,09	
			Acréscimo em relação à tradicional	13,73%		Acréscimo em relação à tradicional	14,52%		Acréscimo em relação à tradicional	13,70%		Acréscimo em relação à tradicional	15,74%		

O comparativo de custos mostra que as propostas resultam em valores em torno de 13,7% a 15,74% superiores em relação ao sistema tradicional.

Uma análise mais precisa de custos seria a realização de um estudo durante a execução da alvenaria, pois muitos dados presentes na análise de custos apresentados no quadro 25 tiveram de ser estimados com base na prática profissional, por falta de fontes de informações específicas a este tema.

Não foi considerada neste comparativo de custos a questão relacionada a gastos com correções de manifestação patológicas que muitas vezes ocorrem no sistema construtivo tradicional. Portanto, como na utilização do componente de conectividade, acredita-se que a probabilidade do surgimento de manifestações patológicas seja inferior se comparado ao sistema tradicional, esta diferença de custo entre os dois sistemas deverá ser reduzido e dependendo do custo da intervenção necessária para a correção dos problemas, o sistema composto pelo componente de conectividade pode tornar-se economicamente mais viável que o sistema tradicional.

1.4.3.3.3 Análise teórica da efetividade das soluções

A última etapa desta metodologia proposta por Azambuja (2008) é a análise da efetividade de cada solução, ou seja, de cada proposta atender aos requisitos de desempenho. Assim, no quadro 26 foram atribuídas notas para a efetividade esperada para cada proposta em relação a cada requisito de desempenho, variando de 0 a 10. Sendo o resultado, o produto entre a relevância e a efetividade e o resultado final a o somatório dos resultados de cada requisito. Portanto quanto maior o resultado final, maior a capacidade da referida proposta em atender aos requisitos de desempenho.

Quadro 26: Análise teórica da efetividade das soluções em atenderem aos requisitos de desempenho. Obs: E: efetividade, R: resultado.

Análise teórica da efetividade das soluções em relação aos requisitos de desempenho											
Requisitos	Relevância	Sistema tradicional		P 1		P 2		P 3		P 4	
		E	R	E	R	E	R	E	R	E	R
Estabilidade e resistência estrutural.	10	10	100	10	100	9	90	10	100	9	90
Rigidez e integridade física (fissuras).	8	7	56	10	80	10	80	10	80	9	72
Resistência ao impacto de corpo duro e corpo mole	8	10	80	10	80	10	80	10	80	10	80
Segurança estrutural em situação de incêndio.	5	10	50	10	50	10	50	10	50	10	50
Infiltração de água nas interfaces janela/comp. e comp./alvenaria.	10	3	30	10	100	10	100	10	100	9	90
Isolamento térmico	2	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
Absorção de dilatações térmicas	7	8	56	9	63	9	63	9	63	9	63
Isolamento acústico	2	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
Indisponibilidade a proliferação de microorganismos.	8	9	72	10	80	10	80	10	80	9	72
Impedir a liberação de poluentes na atmosfera interna à edificação.	8	10	80	10	80	10	80	10	80	10	80
Conforto e segurança tátil.	6	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60

Análise teórica da efetividade das soluções em relação aos requisitos de desempenho												
Requisitos	Relevância	Sistema tradicional		P 1		P 2		P 3		P 4		
		E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	
Durabilidade em uso normal.	10	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	
Acessibilidade	5	10	50	9	45	9	45	9	45	9	45	
Incorporação de energia	3	9	27	8	24	8	24	8	24	8	24	
Reciclabilidade	3	8	24	7	21	7	21	7	21	7	21	
Gabarito do vão	9	5	45	10	90	10	90	10	90	10	90	
Ergonomicidade	8	10	80	8	64	8	64	8	64	10	80	
Transportabilidade	8	10	80	7	56	7	56	7	56	9	72	
Valor competitivo	10	10	100	8	80	8	80	8	80	8	80	
REQUISITOS ESPECÍFICOS												
Acabamento interno e externo	8	6	48	10	80	10	80	10	80	9	72	
Fixação da janela	10	7	70	10	100	10	100	10	100	10	100	
Ligações estáveis e estanques entre sub-componentes	9	6	54	10	90	10	90	10	90	9	81	
Padronização	8	8	64	9	72	9	72	9	72	9	72	
Absorção de imprecisões dimensionais	8	10	80	8	64	9	72	9	72	9	72	
RESULTADO FINAL		ST	1446	P1	1619	P	2	1617	P3	1627	P4	1606

Fonte: adaptado de Azambuja (2008).

Conclui-se que a proposta P3 obteve o melhor desempenho, portanto sendo esta a proposta final escolhida. Percebe-se que a solução tradicional resulta em desempenho inferior a todas as propostas e que a diferença de entre elas é muito pequena, pois suas geometrias são semelhantes. Portanto como a diferença entre as soluções é muito pequena, seus desempenhos reais poderão ser semelhantes, logo, conclui-se que todas as quatro propostas possuem bom desempenho.

Esta análise teórica foi importante para a escolha metódica das soluções, entretanto a análise prática de desempenho será fundamental, visto que a teórica é apenas uma estimativa.

Este trabalho encerra-se com um projeto básico de componente, portanto o próximo passo é a otimização da geometria desta solução (através de análise estrutural) e a posterior análise de desempenho, verificando o real atendimento aos requisitos de desempenho listados neste capítulo.