



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Civil

ISEL



**ARGAMASSAS TRADICIONAIS DE REVESTIMENTO DE PAREDES:
FENDILHAÇÃO E SUA REPARAÇÃO**

ANTÓNIO BELO CARDOSO LEAL

Trabalho de Projecto para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador: Professor Mestre João Manuel Barrento da Costa

Júri:

Presidente: Professor Mestre Manuel Brazão de Castro Farinha

Vogal: Professor Mestre Rui Alberto da Silva Martins Isidoro

NOVEMBRO DE 2009

RESUMO

A fendilhação de argamassas tradicionais de revestimento de paredes surge como uma anomalia frequente em edifícios antigos e recentes, difícil de avaliar e controlar, dada a dependência de factores variáveis no tempo e à complexidade dos fenómenos envolvidos aos quais estão associadas diversas causas.

O mercado apresenta uma grande variedade de soluções para a reparação de fendas de rebocos tradicionais, que não se encontra sistematizada em documentação técnica.

Neste trabalho de projecto é proposta uma metodologia, de bases técnicas simples, para a análise das fendas dos rebocos tradicionais, tendo em conta a sua tipologia e as causas que lhe deram origem. Pretende-se, no fundo, sistematizar as principais técnicas de reparação de fendas de rebocos tradicionais, existentes no mercado, de modo a constituir instrumentos simples e objectivos que possam ajudar os profissionais do sector.

Com este trabalho são propostas e sintetizadas as principais tipologias de fendilhação de rebocos tradicionais, causas prováveis e técnicas de reparação.

Na metodologia proposta, são caracterizadas e classificadas as principais tipologias de fendilhação, relacionadas com as causas prováveis, de modo a orientar e a facilitar a selecção dos materiais e técnicas de reparação mais adequadas.

Assim, é efectuada a caracterização das técnicas de reparação, com base numa pesquisa do mercado, através de documentação recolhida e consequente análise e posterior tratamento.

PALAVRAS-CHAVE

Argamassas Tradicionais

Revestimento de Paredes

Fendilhação

Reparação

Rebocos

Tipologia

Causas

Técnicas

ABSTRACT

The cracking of traditional rendering mortars appears as a frequent abnormality in old and new buildings, which is difficult to assess and control, due to the dependence of time-varying factors and the complexity of the phenomena involved, which are associated to various causes.

The market offers a wide range of solutions for the repair of cracks of traditional plasters, which is not systematic in the technical documentation.

In this project work it is proposed a method of simple technical basis for the analysis of cracks of traditional plasters, considering their type and their causes. In fact this project work, aims to systematize the main techniques of repairing cracks in traditional plaster on the market, in order to get simple and objective tools that can help the professionals.

In this work it is proposed and summarized the main types of traditional crack in plastering, it's probable causes as well as repairing techniques.

In the proposed approach, are characterized and classified the main types of crack-related probable causes, in order to guide, make the selection of materials easier and the most appropriated techniques of restoration.

Thus, the repairing techniques are characterized, based on a market research, through documents obtained and its subsequent examination and treatment.

KEY WORDS

Traditional Mortar

Wall Render

Cracking

Repair

Plaster

Typology

Causes

Techniques

AGRADECIMENTOS

Sendo este trabalho mais uma etapa importante do meu percurso académico e pessoal, quero expressar a minha mais sincera gratidão a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para a concretização do mesmo:

Ao Professor Mestre João Manuel Barrento da Costa, agradeço a orientação, estímulo e empenho, mas sobretudo o facto de ter sido mais que um orientador para mim, também um amigo.

Em especial queria agradecer à minha esposa e filhas o apoio, incentivo e carinho que sempre demonstraram para que pudesse atingir este objectivo.

Índice

Capítulo I	1
Introdução	1
1.1 <i>Interesse e Justificação do Trabalho</i>	1
1.2 <i>Objectivos do Trabalho</i>	2
1.3 <i>Estrutura do Trabalho</i>	2
Capítulo II	3
Estado da Arte	3
Capítulo III	5
Rebocos de Argamassas Tradicionais	5
3.1 <i>Tipos de Argamassas Tradicionais de Revestimento de Paredes</i>	5
3.2 <i>Patologias mais Frequentes em Rebocos Tradicionais</i>	6
3.2.1 <i>Fendilhação</i>	6
3.2.2 <i>Eflorescências e Criptoflorescências</i>	6
3.2.3 <i>Perda de Aderência</i>	6
3.2.4 <i>Biodeterioração</i>	8
3.2.5 <i>Perda de Coesão ou Desagregação</i>	8
3.2.6 <i>Erosão</i>	9
3.2.7 <i>Sujidade</i>	9
Capítulo IV	11
Rebocos Tradicionais – Fendilhação	11
4.1 <i>Introdução</i>	11
4.2 <i>Mecanismos da Fendilhação</i>	12
4.3 <i>Tipologias de Fendilhação</i>	12
4.3.1 <i>Caracterização</i>	12
4.3.2 <i>Classificação das Causas Prováveis das Diferentes Tipologias de Fendilhação</i>	16

4.4 Causas Prováveis das Diferentes Tipologias de Fendilhação.....	17
4.4.1 Acções Ambientais	17
4.4.2 Acção Excessiva de Cargas Exteriores ou Esforços	33
4.4.3 Ataques Químicos	39
4.4.4 Movimentos da Fundação	39
4.4.5 Causas Atribuíveis ao Reboco	45
4.4.6 Causas Atribuíveis ao Suporte	50
Capítulo V	55
Reparação de Fendas de Rebocos Tradicionais	55
5.1 Introdução	55
5.2 Técnicas para Caracterização da Tipologia e de Controlo de Evolução das Fendas.....	55
5.3 Classificação de Reparação de Fendas de Rebocos Tradicionais	64
5.3.1 Fendas Estabilizadas.....	64
5.3.2 Fendas Não Estabilizadas	81
5.4 Metodologia para a Escolha da Técnica de Reparação de Fendas de Rebocos Tradicionais mais Adequada.....	87
Capítulo VI.....	99
Conclusão e Desenvolvimentos Futuros.....	99
6.1 Conclusão	99
6.2 Desenvolvimentos Futuros.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101

Índice de Figuras

<i>Figura 1 – História das argamassas [31].....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 - Destacamento do reboco.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3 - Biodeterioração do reboco.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-E5), por expansão da parede por aumento do teor de humidade [12].....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-D3), associada a variações do teor de humidade dos materiais, argamassa de fraca resistência à tracção ou devido à expansão do tijolo com a humidade [12].....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-B3), a meio de uma parede de enchimento de uma estrutura reticulada, com reduzida resistência à tracção, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12]</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-B1), junto aos pilares, com ligações menos resistentes do que a parede, numa parede de enchimento de uma estrutura reticulada, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12].....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C2), nos cantos de uma abertura, onde se verifica maior concentração de esforços, numa parede de enchimento de uma estrutura reticulada, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12]</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-A7), associada a variações do teor de humidade dos materiais, devida à transferência de humidade do solo para a parede [12]</i>	<i>21</i>
<i>Figura 10 – Ilustração de fendilhação de rebocos, associada a variações do teor de humidade dos materiais, devida à transferência de humidade do solo para a parede</i>	<i>21</i>
<i>Figura 11 – Tipologia de vista em planta do desenvolvimento dos deslocamentos de origem térmica, numa laje de cobertura com os bordos vinculados às paredes de sustentação, deslocamento nulo num eixo de simetria</i>	<i>22</i>
<i>Figura 12 – Tipologia de vista em corte do desenvolvimento dos deslocamentos de origem térmica, numa laje de cobertura com os bordos vinculados às paredes de sustentação, deslocamento nulo num eixo de simetria</i>	<i>23</i>
<i>Figura 13 – Fendilhação horizontal no perímetro da cobertura (F-A3). Desenvolvimento dos deslocamentos de origem térmica, numa laje de cobertura com os bordos vinculados às paredes de sustentação.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 14 – Fendilhação de paredes sem carga vertical significativa, devida aos movimentos térmicos das coberturas planas.....</i>	<i>24</i>

<i>Figura 15 – Tipologia de fendilhação de paredes sem carga vertical significativa (F-C5;F-A3), devida aos movimentos térmicos das coberturas planas [12].....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 16 – Tipologia de fendilhação inclinada (F-10;F-B1) nos painéis de parede extremos de alvenaria, devida aos movimentos térmicos na estrutura reticulada de betão armado [12].....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 17 – Tipologia de fendilhação contínua, em degraus, pelas juntas de argamassa (F-C1) devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Argamassa com fraca resistência à tracção [16].....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 18 – Fendilhação contínua, em degraus, pelas juntas de argamassa (F-C1) devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Argamassa com fraca resistência à tracção</i>	<i>26</i>
<i>Figura 19 – Tipologia de fendilhação vertical, contínua (F-B3), devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Tijolos com fraca resistência à tracção [16]</i>	<i>27</i>
<i>Figura 20 – Ilustração da fendilhação vertical, contínua (F-B3), devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Tijolos com fraca resistência à tracção</i>	<i>27</i>
<i>Figura 21 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C2), nos cantos de uma abertura, onde se verifica maior concentração de esforços, numa parede de enchimento de uma estrutura reticulada, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12].....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 22 – Tipologia de vista em planta de cunhais não travados, sua fendilhação típica (F-E5), devido à expansão térmica da própria parede</i>	<i>28</i>
<i>Figura 23 – Tipologia de vista em alçado de cunhais não travados, e sua fendilhação típica (F-E5), devido à expansão térmica da própria parede [16].....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 24 – Vista em alçado de cunhais, fendilhação típica (F-E5), devido à expansão térmica da própria parede</i>	<i>29</i>
<i>Figura 25 – Representação em corte de encurvadura de uma parede esbelta, confinada rigidamente por lajes estruturais dando origem a um fendilhação horizontal (F-A1) devido à expansão térmica da própria parede [16]</i>	<i>30</i>
<i>Figura 26 – Tipologia de fendilhação horizontal (F-A3), na ligação da platibanda à laje de cobertura e na ligação da parede à laje de piso, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão</i>	<i>30</i>
<i>Figura 27 – Fendilhação horizontal (F-A3), na ligação da platibanda à laje de cobertura e na ligação da parede à laje de piso, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão</i>	<i>31</i>
<i>Figura 28 – Tipologia de fendilhação inclinada a partir da esquina da abertura (F-C2), na zona de encontro entre a laje de cobertura em terraço e a parede resistente exterior, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão [16].....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 29 – Tipologia de fendilhações horizontais (F-A3), no pórtico de betão armado, nas zonas de solidarização da laje de cobertura em terraço às paredes subjacente, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão [16]</i>	<i>32</i>

<i>Figura 30 – Fendilhação típica de rebocos a partir das esquinas de aberturas, de uma porta e de uma janela, devido à concentração excessiva de esforços (F-C2) [33].....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 31 – Tipologia de fendilhação de rebocos nas zonas de apoio do lintel (F-C1) e a partir das esquinas inferiores da abertura (F-C2) devido à concentração excessiva de esforço [12].....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 32 – Tipologia de fendilhação de rebocos nas zonas de apoio do lintel (F-C1) e a partir das esquinas inferiores da abertura (F-C2) devido à concentração excessiva de esforço [12].....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 33 – Fendilhação de rebocos nas zonas de apoio do lintel (F-C1) e a partir das esquinas inferiores da abertura (F-C2) devido à concentração excessiva de esforço</i>	<i>35</i>
<i>Figura 34 – Tipologia de fendilhação na zona enfraquecida da parede (F-E1), onde se verifica uma redução localizada da sua secção [16].....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 35 – Tipologia de propagação de fendilhações desde o local de aplicação da carga, devido à acção excessiva de cargas exteriores concentradas [12]</i>	<i>36</i>
<i>Figura 36 – Tipologia de fendilhações devido à acção de vigas transversais (F-C4) [12].....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 37 – Tipologia de fendilhações devido à aplicação de cargas exteriores, concentradas e elevadas na parede (F-C4). [12]</i>	<i>37</i>
<i>Figura 38 – Tipologia de fendilhações típicas numa parede sem aberturas, horizontais junto à base (F-A7) devido à aplicação de cargas exteriores uniformemente distribuídas</i>	<i>37</i>
<i>Figura 39 – Tipologia de fendilhações típicas numa parede sem aberturas, verticais e paralelas entre si (F-B2), devido à aplicação de cargas exteriores uniformemente distribuídas.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 40 – Fendilhação vertical no limite entre os dois edifícios contíguos, de diferentes dimensões e com o mesmo tipo de fundação (F-B5), entre outras fendilhações.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 41 – Fendilhação de rebocos (F-B3), devido a assentamentos diferenciais em fundações contínuas, provocadas por deformações do terreno nos extremos da parede, sem aberturas</i>	<i>41</i>
<i>Figura 42 – Tipologia de fendilhação (F-C7) de rebocos devida a assentamentos diferenciais em fundações directas assentes sobre zonas de aterro e de escavação [16]</i>	<i>41</i>
<i>Figura 43 – Tipologia de fendilhação (F-C7) de rebocos devida a assentamentos diferenciais em fundações directas assentes sobre zonas de aterro e de escavação.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 44 – Ilustração da fendilhação de rebocos (F-C7) devida a assentamentos diferenciais em fundações directas assentes sobre zonas de aterro e de escavação.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 45 – Tipologia de fendilhações inclinadas no edifício de menor porte (F-C7), provocadas por assentamentos diferenciais devido à construção de um edifício vizinho de maior porte, criou interferência no bolbo de tensões do edifício de menor porte</i>	<i>43</i>

<i>Figura 46 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C7) devida a variações do teor de humidade do terreno argiloso, por acção de vegetação de grande porte localizada próxima do edifício [16].....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 47 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C7) devida a assentamentos diferenciais provocados por rebaixamento do lençol freático de solos argilosos, causado por grandes escavações nas proximidades da construção [16]</i>	<i>44</i>
<i>Figura 48 – Fendilhação de rebocos com elevado teor em ligante (F-D2)</i>	<i>45</i>
<i>Figura 49 – Fendilhação de rebocos devido à retracção restringida do reboco (F-D1).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 50 – Tipologia de fendilhação de rebocos com baixo teor em ligante [13]/[33].....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 51 – Tipologia de fendilhação de rebocos com elevado teor em ligante [13]/[33].....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 52 – Fendilhação de rebocos devido à retracção restringida do reboco (F-D1).....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 53 – Fendilhação de rebocos devido à retracção restringida do reboco (F-D5).....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 54 – Tipologia da criação de uma junta natural através da fendilhação de rebocos (F-B6), em paredes de grande altura, devido à ausência de juntas de dilatação na parede [16].....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 55 – Tipologia da criação de juntas naturais através da fendilhação de rebocos (F-B6), impedida pelos pavimentos, em paredes de grande comprimento, devido à ausência de juntas de dilatação na parede [16]....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 56 – Tipologia de fendilhação horizontal nos pilares devido à retracção do betão das vigas superiores..</i>	<i>53</i>
<i>Figura 57 – Tipologia de fendilhações diagonais (F-C10) nas paredes devido a forças de corte nas alvenarias, criadas pela retracção do betão da estrutura [41].....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 58 – Tipologia de fendilhação horizontal da parede, devido a rotura por corte por retracção do betão armado da laje [41].....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 59 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-A8; F-C2) em paredes resistentes, devido à retracção do betão armado das lajes intermédias.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 60 – Exemplo de registo gráfico de fendilhações de paredes</i>	<i>56</i>
<i>Figura 61 – Tipologia de fixação do injector à superfície da fenda [38].....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 62 – Tipologia de fixação do injector no interior da fenda, numa furação próxima da fenda e que a intersecta [38].....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 63 – Injecção de resinas de preenchimento na reparação de fendas [38].....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 64 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção em “V” com argamassas de preenchimento</i>	<i>69</i>
<i>Figura 65 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção rectangular, com argamassas de preenchimento</i>	<i>69</i>

<i>Figura 66 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção em “V”, da selagem com mástique acrílico nas duas faces laterais da fenda, no fundo da fenda aberta, e do preenchimento, na zona de alargamento da fenda, com argamassa reforçada com rede de fibra de vidro.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 67 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura da fenda, de secção rectangular, da selagem com mástique de poliuretano nas duas faces laterais da fenda e do preenchimento, na zona de alargamento da fenda, com argamassa reforçada com rede de fibra de vidro.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 68 – Tipologia de reparação local da fenda estrutural, através do alargamento da abertura, de secção rectangular, da selagem do fundo da fenda com mástique de poliuretano, do reforço estrutural com grampo de aço e de preenchimento com argamassa armada com rede de fibra de vidro protegida contra os álcalis</i>	<i>75</i>
<i>Figura 69 – Tipologia de corte horizontal de junta de movimentação.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 70 – Tipologia de junta de movimentação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção em “V”, e da aplicação de uma selagem flexível, com banda elástica e mástique de poliuretano.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 71 – Tipologia de junta de movimentação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção rectangular, e da aplicação de uma selagem flexível, com banda elástica e mástique de poliuretano</i>	<i>84</i>
<i>Figura 72 – Tipologia de selagem flexível, com banda elástica e adesivo sintético [39].....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 73 – Tipologia de dessolidarização local do revestimento [12].....</i>	<i>86</i>

Índice de Quadros

<i>Quadro I - Classificação de tipologias de fendilhação de rebocos [6;12;33;37].....</i>	<i>13</i>
<i>Quadro II - Classificação de causas de fendilhação de rebocos proposta, associada a tipologias características de fendilhação de rebocos [6;12;33;37].....</i>	<i>16</i>
<i>Quadro III – Equipamentos e técnicas para avaliação de fissuras</i>	<i>57</i>
<i>Quadro IV- Síntese de requisitos, características e ensaios para as argamassas de reparação de fendas de paredes em edifícios antigos [41]</i>	<i>62</i>
<i>Quadro V - Síntese das técnicas de reparação de fendas [44]</i>	<i>89</i>

Capítulo I

Introdução

1.1 Interesse e Justificação do Trabalho

As argamassas tradicionais utilizadas no revestimento de paredes, também designadas por rebocos tradicionais, desempenham um papel relevante na regularização dos paramentos e na protecção das alvenarias face à agressão dos agentes climatéricos, servindo também de suporte a diversos tipos de acabamentos.

As argamassas tradicionais de reboco são uma das soluções correntes de revestimentos de paredes no nosso país. Os rebocos são um dos elementos mais expostos às acções de impacto mecânico e ambiental e, em geral, os primeiros a necessitar de acções de reabilitação.

Nos edifícios antigos e, também, nos recentes, verifica-se uma frequente inadequação das composições e dos procedimentos de execução dos rebocos tradicionais resultante dos curtos prazos de execução das construções, da falta de mão-de-obra especializada e do seu elevado custo, originando o aparecimento de diversas patologias como o descolamento, as eflorescências e outras, em especial a fendilhação, com graves consequências no desempenho desses rebocos face às exigências que lhe são requeridas, nomeadamente, na aderência ao suporte, estanquidade à água nas fachadas, durabilidade e aspecto estético.

O bom comportamento dos rebocos tradicionais depende da natureza e estado de superfície dos suportes em que são aplicados, das características dos materiais que os constituem, do traço e cuidados na amassadura, da preparação do suporte, do número e espessura das diferentes camadas e do processo de aplicação, bem como do meio onde se inserem as construções.

A eliminação da fendilhação depende do conhecimento das causas que podem estar na origem bem como das técnicas de reparação.

O interesse para a realização deste trabalho vem da constatação da necessidade, existente no meio técnico nacional, de uma ferramenta fácil que auxilie os técnicos nas fases de inspecção, de diagnóstico e de propostas de reparação (ficha de reparação) para as patologias que originam fendilhações nos rebocos.

1.2 Objectivos do Trabalho

Pretende-se com este trabalho apoiar os profissionais da construção, de uma forma simples e sistemática, dando conhecimento, relativo aos rebocos tradicionais, dos tipos de fendas, suas causas prováveis e técnicas de reparação.

O trabalho tem como objectivo sintetizar conhecimentos e informação técnica dispersa existente, relativamente aos rebocos tradicionais, suas tipologias de fendilhação, causas prováveis e técnicas de reparação possíveis.

O trabalho a desenvolver será delimitado por objectivos parcelares conforme a seguir se descreve:

Caracterização das argamassas tradicionais de revestimento de paredes, constituição, comportamento e patologias;

Classificação das tipologias de fendilhação mais frequentes em rebocos tradicionais;

Caracterização e classificação das causas prováveis associadas a estas tipologias;

Sistematização das principais técnicas de reparação das fendas de rebocos tradicionais tendo em conta os produtos disponíveis no mercado e métodos de aplicação conseguidos através de documentação e entrevistas recolhidas, e consequente análise e tratamento;

Propostas de ficha de diagnóstico e reparação de anomalias.

A análise será feita com base em pesquisa bibliográfica técnica e documentação normativa.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em seis capítulos e anexos, com informação complementar de fichas técnicas de alguns produtos de reparação.

No **Capítulo I** define-se o contexto do desenvolvimento do trabalho.

No **Capítulo II** descreve-se o Estado da Arte.

No **Capítulo III** faz-se uma descrição dos tipos de argamassas tradicionais de revestimento de paredes relacionados com o comportamento e as patologias mais frequentes.

No **Capítulo IV** caracterizam-se, analisam-se e classificam-se as causas prováveis associadas a determinado tipo de fendilhação e referem-se os mecanismos responsáveis pela mesma.

No **Capítulo V** definem-se os métodos e descrevem-se as técnicas que se aplicam na reparação de fissuras em rebocos e indicam-se os produtos de reparação, em função dos diferentes tipos de movimento, abertura e profundidade das fissuras.

No **Capítulo VI** apresentam-se as conclusões do trabalho e a sugerem-se futuros desenvolvimentos.

Em anexo apresentam-se duas fichas de diagnóstico e reparação de fissuras.

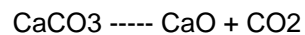
Capítulo II

Estado da Arte

A origem das argamassas advém da necessidade do homem primitivo construir abrigos que pudessem satisfazer as suas necessidades básicas, tendo sido produzidas e utilizadas por povos antigos como pelos Aztecas ou as populações que habitaram na antiga Galileia.

As argamassas passaram por vários estágios de desenvolvimento, acompanhando a evolução dos conhecimentos, nomeadamente as descobertas efectuadas nos ligantes. A descoberta do fogo permitiu o evidenciar das características aglutinantes das argilas e calcários quando em contacto com a água.

Os primeiros fornos conhecidos para a produção de argamassas datam analogamente de há cerca de 10 000 anos, produzindo-se cal por ustulação de pedra calcária, a cal viva, chegando-se posteriormente à cal hidratada.



A cal hidráulica foi o primeiro aglomerado não hidráulico a surgir, um pó branco e fino.

Outro produto que fora obtido por meio da cozedura foi o gesso.

O uso de aditivos e adjuvantes foi iniciado pela civilização Romana. Utilizavam argamassas constituídas por cinzas vulcânicas, pó de tijolo, areias, cal hidratada e matérias orgânicas como gorduras, sebo de boi, borras de azeite, etc.

Contudo a necessidade de realização de obras em zonas marítimas e fluviais conduziram ao aparecimento dos ligantes hidráulicos. Os primeiros estudos foram desenvolvidos pelo engenheiro inglês John Smeaton (1724-1792), mas seria o seu compatriota Joseph Aspdin (1824) a patentear o fabrico do cimento Portland.

Após esta fase, os mercados de cal hidráulica e cimento desenvolveram-se em Inglaterra, França e, no final do século XIX, em Portugal com a construção da fábrica de cimento Tejo em Alhandra (1892).

Durante anos o cimento Portland passou a substituir a cal hidráulica e a cal hidratada como ligante nas obras de construção civil, dadas as características que apresentava.

Até ao período do pós-guerra, todas as argamassas eram produzidas na obra onde iriam ser aplicadas. As matérias-primas teriam de ser transportadas para a obra individualmente, onde seriam armazenadas, até ao momento da sua preparação e posterior utilização, sendo então misturadas, nas proporções pretendidas e em seguida aplicadas.

O estaleiro da obra deveria dispor de espaço suficiente não apenas para o armazenamento das matérias-primas, como também para a sua mistura.

Por este processo era inevitável afectar a mão-de-obra à tarefa de dosear e preparar as argamassas, embora, pelo que poucas garantias existiam acerca da constância da qualidade das argamassas produzidas.

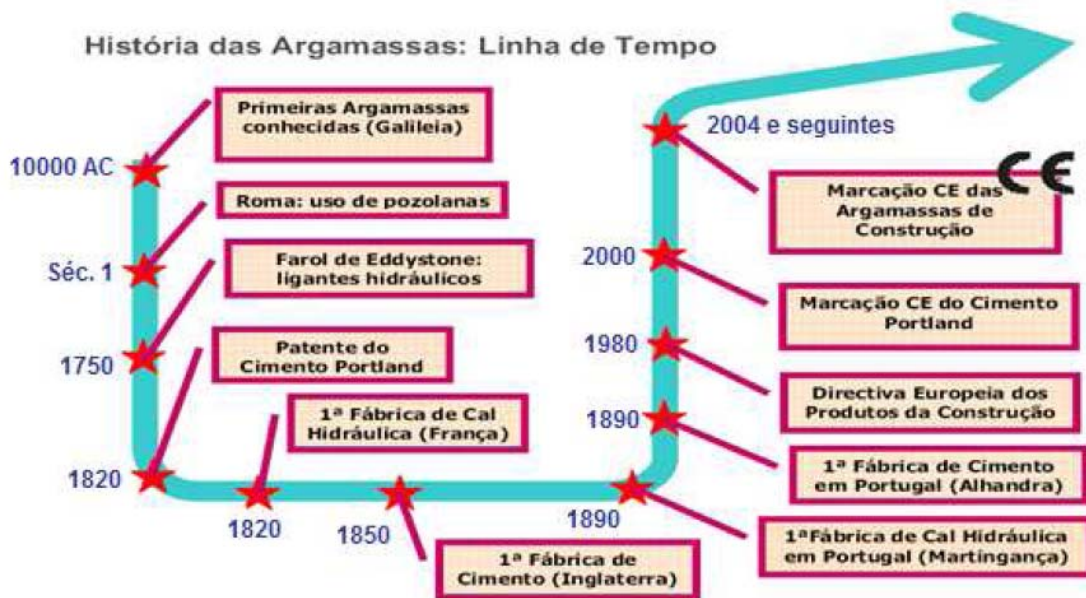


Figura 1 – História das argamassas [31]

Na indústria moderna, são cada vez mais as preocupações com a racionalização dos custos, cumprimento de prazos, qualidade e durabilidade do trabalho acabado, questões ligadas à limpeza e arrumação do estaleiro em obra, com falta de espaço disponível para os estaleiros em obra nomeadamente nos centros urbanos.

Assim, o velho método tradicional de preparação das argamassas em estaleiro de obra torna-se cada vez menos adequado e com resposta a partir dos anos 1950 foi desenvolvida a tecnologia para a produção industrial de argamassas de construção.

Hoje em dia verifica-se que uma grande percentagem de argamassas utilizadas na construção é produzida em obra, tornando-se uma das principais causas para o aparecimento de anomalias.

Actualmente, nos grandes empreendimentos, utilizam-se argamassas de construção industriais, em que as misturas das várias matérias-primas são realizadas em fábrica, de forma controlada, utilizando os mais modernos equipamentos.

As argamassas de construção, são expedidas para o cliente prontas a serem misturadas com água (argamassas secas) ou pronta a aplicar (argamassas estabilizadas, semelhante ao betão pronto).

A expedição é feita em saco ou a granel, para o silo colocado em obra.

Capítulo III

Rebocos de Argamassas Tradicionais

3.1 Tipos de Argamassas Tradicionais de Revestimento de Paredes

As argamassas tradicionais de revestimento de paredes são designadas de acordo com os ligantes que entram na sua composição: [5;32]

Argamassas de cal aérea - As argamassas de cal aérea caracterizam-se por baixa resistência à flexão, à compressão e ao desgaste; elevada deformação na rotura; baixa retracção e endurecimento lento na presença do ar. Devido às suas características são muito utilizadas na reabilitação de monumentos e edifícios antigos.

Argamassas de cimento - As argamassas de cimento apresentam uma rápida e elevada retracção, tendência para a fendilhação e uma baixa trabalhabilidade. As argamassas de cimento têm uma tendência maior para a fendilhação do que as argamassas de cal aérea.

Argamassas bastardas de cimento e cal aérea - As argamassas de cimento e cal aérea, utilizadas no nosso país, em rebocos de reabilitação, caracterizam-se por uma maior trabalhabilidade, maior deformabilidade na rotura, maior porosidade e menor tendência para a fendilhação.

Argamassas bastardas de cimento e cal hidráulica - As argamassas bastardas de cimento e cal hidráulica utilizadas nas novas construções e em reabilitação, caracterizam-se por uma menor resistência, uma evolução da retracção mais lenta, uma boa trabalhabilidade e uma menor tendência para a fendilhação, comparativamente com as argamassas de cimento.

Argamassas de cal hidráulica - As argamassas de cal hidráulica utilizadas em obras de reabilitação, caracterizam-se por uma menor resistência mecânica, menor retracção, boa trabalhabilidade e menor tendência à fendilhação, com um coeficiente de capilaridade mais elevado comparativamente com as argamassas bastardas de cimento e cal hidráulica.

Argamassas bastardas de cal aérea e gesso - estuque tradicional - As argamassas bastardas de cal aérea e gesso são utilizadas no revestimento liso de paredes interiores, como estuque tradicional. Devido à sua facilidade de preparação, elevada trabalhabilidade e rapidez de aplicação, o estuque projectado, tem vindo a substituir o estuque tradicional.

3.2 Patologias mais Frequentes em Rebocos Tradicionais

3.2.1 Fendilhação

A fendilhação de revestimento de paredes tem uma importância fundamental no âmbito da patologia de edifícios e será desenvolvida no Capítulo IV.

3.2.2 Eflorescências e Criptoflorescências

As eflorescências e criptoflorescências são exsudações de sais minerais solúveis em água, que se caracterizam pela formação de uma substância de aparência cristalina ou filamentosa, geralmente de cor esbranquiçada e que aflora à superfície, modificando o aspecto do revestimento.

A humidade, a existência de sais solúveis nos materiais constituintes do revestimento ou no suporte, a pressão hidrostática para transportar os sais dissolvidos para a superfície, que após um período de secagem, cristalizam, são as condições necessárias para que se produza esta patologia.

Os carbonatos de cálcio e magnésio, os sulfatos de cálcio, magnésio, sódio e potássio, os cloretos de cálcio, potássio e magnésio; os nitritos e os nitratos de potássio, sódio e amónio são os tipos de sais solúveis que podem causar as patologias referidas.

As eflorescências surgem quando a cristalização dos sais se efectua na superfície exterior do revestimento.

As criptoflorescências acontecem quando a cristalização dos sais ocorre antes de estas chegarem à superfície nos poros e nos vasos capilares dos materiais.

3.2.3 Perda de Aderência

A perda de aderência entre o reboco e o seu suporte ou entre as camadas de reboco, podem acontecer através do descolamento, do abaulamento ou do destacamento da camada de reboco.

O descolamento identifica-se quando o reboco submetido à percussão, se ouve um som cavo, caracterizado pelo afastamento do reboco relativamente ao seu suporte.

O abaulamento consiste no deslocamento do reboco em conjunto, convexidades em zonas localizadas da sua superfície.

O destacamento caracteriza-se pela separação definitiva do reboco em relação ao seu suporte.

O descolamento do reboco relativamente ao seu suporte acontece devido à perda de aderência do reboco à base. A perda de aderência pode ter origem na falta de rugosidade do suporte, na sujidade do suporte, na falta de humedecimento conveniente do suporte, no excesso de água na amassadura, no pouco doseamento de ligante na argamassa de revestimento e na aplicação do salpisco em

condições atmosféricas desfavoráveis como calor excessivo que provoca a evaporação rápida da água da amassadura antes do ligante hidratar e ganhar presa e a espessura excessiva do reboco.



Figura 2 - Destacamento do reboco

O descolamento entre as camadas de reboco tradicional poderá ter origem nas condições climáticas desfavoráveis, o desrespeito pelos períodos mínimos de secagem entre as aplicações das sucessivas camadas, o não cumprimento da degressividade do teor em ligante desde a primeira camada até à última aplicada e insuficiente rugosidade da superfície da camada precedente.

O abaulamento tem como origem a presença prolongada de água no suporte, origina a cristalização de sais expansivos existentes entre o reboco e o suporte que ao dilatarem provocam descolamento do reboco.

O destacamento é causado por movimentos diferenciais entre o suporte e o reboco dando origem a rotura por corte da ligação entre os mesmos.

3.2.4 Biodeterioração

A biodeterioração é uma patologia existente na superfície dos revestimentos, provocada por organismos ou microrganismos vivos, animais ou vegetais; musgos; líquens; algas; fungos; plantas e animais, quer pela sua presença, quer pelo ataque dos mesmos ou excreção de produtos do seu metabolismo.

Nas fendas e cavidades existentes nos revestimentos, os microrganismos depositam-se e multiplicam-se. A falta de ventilação, a presença prolongada de humidade, a iluminação, o pó e a sujidade agravam a proliferação dos microrganismos na superfície dos revestimentos contribuindo para a sua degradação.



Figura 3 - Biodeterioração do reboco

3.2.5 Perda de Coesão ou Desagregação

A perda de coesão ou desagregação é caracterizada pela perda de união entre os componentes do reboco, transformando-o num material frágil e susceptível à desagregação devido a uma considerável perda das partículas que o compõe.

Este tipo de patologia pode ser devida a um reboco fraco, com resistência mecânica baixa, sem dureza superficial e com pouca união entre as partículas constituintes, à cristalização de sais com destruição da estrutura porosa, à acção de organismos e microrganismos ou ainda reacções químicas que se processam entre o reboco e os compostos de um ar atmosférico poluído.

3.2.6 Erosão

A erosão consiste na destruição, por desgaste, do reboco, com perda de parte do seu material ou modificação da sua superfície.

A patologia na superfície do reboco, tem origem na acção de agentes atmosféricos, esforços mecânicos, perda de coesão do reboco, água infiltrada no interior dos poros superficiais do reboco conduzindo a micro-fissuração no interior e posteriormente à erosão.

3.2.7 Sujidade

A sujidade consiste na acumulação de poeiras, fuligem e outras partículas poluentes existentes na atmosfera, sobre a superfície dos revestimentos.

O transporte de partículas sobre a superfície dos revestimentos é feito pelo vento, associado ou não à chuva.

A retenção de sujidade é maior numa superfície mais porosa e com maior rugosidade.

Capítulo IV

Rebocos Tradicionais – Fendilhação

4.1 Introdução

Os revestimentos de paredes são dos primeiros elementos do edifício sujeitos a uma degradação visível resultante da exposição às acções de impacto ambiental e mecânico.

As argamassas tradicionais de revestimento de paredes apresentam uma elevada sensibilidade de comportamento devido à sua constituição, natureza e estado de superfície dos suportes onde estão aplicados e ao meio onde se inserem, podendo originar patologias diversas, entre as quais a fendilhação.

A fendilhação é uma patologia não estrutural, bastante frequente, que se observa nos rebocos de paredes.

A fendilhação, principalmente nos rebocos de paredes exteriores, condiciona a capacidade do revestimento permitindo a infiltração da água através das fendas, afectando o conforto termo-higrométrico, a estética e a durabilidade dos paramentos.

A fendilhação é uma descontinuidade física, localizada, que surge, sempre que as acções actuantes a que os revestimentos estão sujeitos, ultrapassam a sua capacidade resistente.

As referidas acções actuam através de choques e cargas suspensas; cargas transmitidas por elementos estruturais; deslocamentos do suporte transmitidos ao reboco; variações de temperatura e humidade.

A capacidade dos rebocos, resistirem às acções actuantes depende das propriedades dos materiais, dos componentes que os constituem, do modo de execução, da natureza e estado do suporte em que são aplicados e do comportamento dos materiais no meio ambiente onde estão inseridos.

A fendilhação de argamassas tradicionais de revestimento de paredes é uma das patologias mais difíceis de avaliar e controlar devido à sua dependência de vários factores e à complexidade dos fenómenos envolvidos.

Aos fenómenos da fendilhação estão associadas diversas causas que se podem relacionar com determinadas tipologias, cujo conhecimento tem como objectivo uma reparação adequada e minimizar uma nova ocorrência de fendilhação.

4.2 Mecanismos da Fendilhação

As acções que dão origem à fendilhação são as cargas aplicadas, os deslocamentos e as alterações de volume dos materiais.

As cargas são responsáveis pela criação de um estado de tensão. As grandezas envolvidas são sempre tensões normais e tensões tangenciais em relação a uma direcção pré-definida no ponto do material em análise.

O deslocamento relativo de duas secções paralelas de um elemento construtivo dá origem a deformações que são responsáveis pela criação de tensões.

As deformações podem dar-se segundo um eixo normal ou segundo um eixo paralelo a essas secções.

A variação de volume dos materiais resulta da sua livre expansão ou retracção ocasionada por fenómenos físicos ou químicos, temperatura e humidade.

4.3 Tipologias de Fendilhação

4.3.1 Caracterização

A fendilhação é uma das patologias mais comuns dos rebocos tradicionais, aparece como uma reacção a que estão sujeitos os rebocos.

As causas da fendilhação podem ser diversas e a sua detecção nem sempre é fácil. É importante conhecer essas causas e descobrir como apareceram, com o fim de se realizar uma reparação adequada e minimizar novas ocorrências.

Os parâmetros que caracterizam uma tipologia de fendilhação são:

- Abertura.
- Profundidade.
- Comprimento.
- Padrão.
- Deslocamento relativo.
- Frequência.

A fim de apurar a causa que deu origem a uma determinada tipologia de fendilhação no reboco tradicional, é necessário fazer uma descrição completa, quanto possível, da fendilhação tendo em conta os aspectos seguintes:

- Na abertura, verificar a sua dimensão e se esta é constante ou varia ao longo do tempo.
- Na profundidade, verificar a sua dimensão se é superficial no reboco ou se irá além deste atingindo o suporte e mesmo a estrutura.
- No comprimento, segundo a direcção preferencial de desenvolvimento.
- Na direcção, se esta é vertical, horizontal, inclinada ou mista.
- No traçado, se é linear, curva, contínua ou descontínua, quebrada e em malha.
- No padrão, a ordem de aparecimento, espaçamento, repetição e quantidade.
- Na localização, com o tempo, se está estabilizada, se está activa, se é progressiva, se a abertura abre e fecha e se a extensão aumenta.

Se existem outras patologias relacionadas com a fendilhação como entrada de água, destacamentos, esboroamentos dos bordos da fendilhação.

A frequência de novas fendilhações, se estão, ou não, a surgir novas fendilhações.

No contexto geral se a construção está a respeitar os fins previstos em projecto, se existiram recentemente intervenções na construção, se existem construções recentes na envolvente e se as construções vizinhas sofrem do mesmo tipo de fendilhação.

Quadro I - Classificação de tipologias de fendilhação de rebocos [6;12;33;37]

F-A	FENDILHAÇÃO LINEAR, SENSIVELMENTE HORIZONTAL
F-A1	Numa parede esbelta, rigidamente confinada por lajes ou vigas estruturais.
F-A2	Nas juntas horizontais de assentamento da alvenaria.
F-A3	Na ligação da parede à laje de cobertura, ou na primeira ou segunda junta superior de argamassa, acima da qual a parede pode ser arrastada com a cobertura, provocando o desalinhamento dos dois bordos da fendilhação.
F-A4	No topo da fachada, contínua ou descontínua, acompanhada por fendas inclinadas 30° a 45° com a horizontal e paralelas entre si. Os cantos podem apresentar fendas com destacamentos a 45°.
F-A5	No cimo das paredes, descontínua, com abertura eventualmente variável.
F-A6	Na base da parede, na primeira ou na segunda junta inferior de assentamento da alvenaria, acompanhada ou não por fendilhações diagonais nos cantos superiores da parede.
F-A7	Junto à base da fachada, em geral coincidente com a segunda ou terceira fiada de assentamento da alvenaria.
F-A8	No cimo das paredes, na união entre a alvenaria e a face inferior de lajes ou vigas estruturais, de betão armado.

F-B	FENDILHAÇÃO LINEAR, SENSIVELMENTE VERTICAL
F-B1	Ao longo das zonas de transição entre a alvenaria (rigidamente confinada) e os pilares estruturais.
F-B2	Paralelas entre si, podendo ter espaçamentos regulares entre si.
F-B3	A meio das paredes. A fenda pode atravessar a parede, apresentando uma abertura significativa.
F-B4	A meio da parede na zona inferior, acompanhada ou não por fendilhações diagonais nos cantos superiores da parede.
F-B5	No limite entre diferentes tipos de fundações de diferentes profundidades, acompanhadas ou não, por fendilhações inclinadas para o lado da fundação menos profunda (ou no limite entre dois edifícios contíguos de diferentes dimensões e com o mesmo tipo de fundação, acompanhadas ou não, por fendilhações inclinadas para o lado do edifício de menor porte).
F-B6	Partindo do topo da fachada, acompanhada ou não por direcções paralelas de fendilhação.

F-C	FENDILHAÇÃO INCLINADA
F-C1	Contínua, “denteada” ou “em degraus”, seguindo as juntas entre os blocos de alvenaria, partindo das extremidades do lintel em direcção à abertura do vão, ou reflectindo elementos resistentes, com escadas ou patamares.
F-C2	Em torno de aberturas (portas, janelas, etc.), em geral a partir das esquinas das aberturas (sob o lintel, soleira ou peitoril). A fenda pode abrir segundo outras direcções conforme se afasta do ponto de origem. A abertura da fenda é maior junto às aberturas.
F-C3	45° nos cantos inferiores da parede, sem aberturas, acompanhada ou não por direcções paralelas de fendilhação.
F-C4	30° a 45° com a vertical, com padrão simétrico, com eventual esmagamento localizado.
F-C5	Diversas fendilhações inclinadas e paralelas entre si, no topo da parede do último piso, acompanhadas ou não por uma fendilhação inclinada com traçado descendente no sentido da dilatação.
F-C6	Paralelas entre si, nas duas direcções, com maior incidência em torno das aberturas.
F-C7	Partindo ou não de aberturas, na direcção que vai desde o ponto da parede onde ocorreu o maior assentamento, descendo até ao ponto de menor assentamento, acompanhada ou não por direcções paralelas de fendilhação, que podem interligar vãos. Eventual abertura brusca das fendilhações.
F-C8	Única fendilhação oblíqua, muito significativa, em particular junto aos cunhais
F-C9	Paralelas entre si, na transição entre zonas solicitadas com carregamentos não uniformes ou em torno de pilares com assentamentos.
F-C10	De grande desenvolvimento nos painéis extremos de alvenaria e nos andares superiores.
F-C11	Partindo do apoio de consolas, acompanhada ou não, ao longo do seu desenvolvimento, por diversas fendilhações horizontais paralelas entre si.

F-D	FENDILHAÇÃO COM PADRÃO
F-D1	Fendilhação de malha irregular, tipo “pele de crocodilo”, interligadas em polígonos de arestas até 200 mm. Por vezes surgem malhas secundárias no interior da malha mais marcada.
F-D2	Fendilhação de malha irregular, tipo “pele de crocodilo”, interligada em polígonos de arestas superiores a 200 mm, acompanhada por degradação (manchas ou empolamento) dos bordos das fendas. Por vezes surgem malhas secundárias no interior da malha mais marcada.
F-D3	Malha sensivelmente ortogonal, contínua ou descontínua, segundo as juntas de blocos de alvenaria, acompanhada ou não por manchas de humidade nas zonas afectadas. O padrão da malha pode surgir espaçado em intervalos regulares. Pode ainda surgir, fendilhação mais fina no interior da malha definida por essas fendas.
F-D4	Microfendilhação de malha muito fina, geralmente muito delgadas e superficiais.
F-D5	Fendas largas e profundas, geralmente com direcção vertical ou horizontal, formando uma malha tão larga que as fendas parecem isoladas.
F-D6	Fendilhação profunda e larga, abrangendo o suporte e o reboco, com direcções aleatórias ou segundo o contorno das juntas entre os blocos de alvenaria.

F-E	FENDILHAÇÃO EM ZONAS SINGULARES, SEM PADRÃO
F-E1	Fendilhação coincidindo com zonas de mudança de geometria na parede ou com zonas onde se verifica uma transição acentuada da temperatura. A fenda segue as zonas de variação da geometria da parede ou as zonas de transição de diferentes temperaturas. A fenda pode abrir segundo outras direcções conforme se afasta do ponto de origem.
F-E2	Fendilhação nas zonas da ligação da alvenaria a elementos construtivos (pórticos de betão armado, pilares, vigas, lajes, caixas de estore, aros de portas e janelas, etc.).
F-E3	Fendilhação interna da parede, no tijolo, nas juntas ou nas ligações respectivas, devido à dilatação diferencial do tijolo e da argamassa.
F-E4	Fendas isoladas e finas, de direcção aleatória, sem a propagação da fenda.
F-E5	Fendilhação linear ou em degraus, de paredes confinantes a 90° (ligação de paredes de fachada a paredes interiores, cunhais não travados, etc.).
F-E6	Fendilhações muito finas (0,2 a 0,3 mm), junto às aberturas e outros elementos singulares ou às zonas frágeis da parede, em paredes com comprimento inferior a 6,0 m.
F-E7	Fendilhações aumentando com a variação da frequência das vibrações e com a sua duração, de máquinas ou equipamentos vibratórios.

4.3.2 Classificação das Causas Prováveis das Diferentes Tipologias de Fendilhação

As argamassas de revestimento tem como finalidade proteger a parede da acção da água, da acção química da poluição e sais solúveis contidos nos materiais, na acção directa dos agentes climáticos, de acções mecânicas de choque e erosão, e expressar a sua estética num dado contexto arquitectónico.

Quadro II - Classificação de causas de fendilhação de rebocos proposta, associada a tipologias características de fendilhação de rebocos [6;12;33;37]

C-A	ACÇÕES AMBIENTAIS
C-A1	Variações de humidade nos materiais.
C-A2	Variações de temperatura em coberturas.
C-A3	Variações de temperatura em estruturas reticuladas.
C-A4	Variações de temperatura nas próprias paredes.
C-A5	Choque térmico.
C-A6	Ciclos gelo-degelo.

C-B	ACÇÃO EXCESSIVA DE CARGAS EXTERIORES OU ESFORÇOS
C-B1	Concentração excessiva de cargas exteriores ou esforços.
C-B2	Acções mecânicas ou movimentos vibratórios.
C-B3	Sismo.

C-C	ATAQUES QUÍMICOS
C-C1	Corrosão de elementos metálicos.
C-C2	Expansão das argamassas por acção dos sulfatos (reação com sais).

C-D	MOVIMENTOS DA FUNDAÇÃO
C-D1	Assentamentos diferenciais de fundações.
C-D2	Variação do teor de humidade de solos argilosos.

C-E	REBOCOS
C-E1	Deficiente dosagem na execução da argamassa.
C-E2	Ausência de reforços no reboco.
C-E3	Deficiente adaptação do reboco ao suporte.
C-E4	Retracção restringida do reboco.
C-E5	Espessura inadequada do reboco.

C-F	SUPORTE
C-F1	Absorção excessiva do suporte.
C-F2	Ausência de juntas de dilatação.
C-F3	Comportamentos diferenciais de suportes heterogéneos.
C-F4	Deformação excessiva da estrutura de suporte da alvenaria.
C-F5	Retracção do suporte de betão.

Os revestimentos são normalmente dos elementos construtivos que, em virtude da exposição a que estão sujeitos, se deterioram mais rapidamente, apresentando a patologia fendilhação.

As causas da fendilhação mais comuns são as mudanças de temperatura e humidade e as menos comuns são as devidas a movimentos da fundação.

A fendilhação dos rebocos é uma consequência da fendilhação do suporte aderente ou uma deformação do suporte para além do limite elástico do reboco.

A fendilhação dos rebocos pode ser independente da fendilhação ou deformação do suporte, como no caso da retracção das argamassas constituintes por excesso de ligante.[6;12;33;37]

4.4 Causas Prováveis das Diferentes Tipologias de Fendilhação

4.4.1 Acções Ambientais

4.4.1.1 Envelhecimento e Degradação Natural dos Materiais e das Estruturas

Desde a construção do edifício que os materiais e as estruturas podem estar sujeitos a diversas acções responsáveis pelo seu envelhecimento e degradação.

Assim:

- Condições climáticas interiores e exteriores como o vento, humidades, radiação solar, temperatura, gelo, variação de nível freático, sais solúveis e matérias em suspensão no ar;
- Desastres naturais com sismo, cheias e raios;
- Ataques biológicos e microbiológicos como insectos, bactérias, líquens, fungos, algas, musgos, bolores e plantas diversas;
- Acções botânicas com raízes de árvores e arbustos;
- Animais de pequeno porte;
- Acções mecânicas, como deformações do suporte, vibrações, retracção e cargas excessivas;
- Erros de projecto, deficiências de fabrico, poderão causar degradação dos materiais e das estruturas;
- Falta de acção do Homem como ausência da manutenção, poluição atmosférica, uso indevido, vandalismo.

4.4.1.2 Variações de Humidade dos Materiais

As argamassas de revestimento, bem como o tijolo cerâmico, apresentam uma estrutura porosa que permite trocas permanentes de humidade com o ambiente onde estão inseridos.

As trocas de humidade provocam alterações de volume, expansões e contracções que no caso de existirem barreiras a impedir essas movimentações, criam tensões que originam fendilhações.

A variação do teor de humidade dos materiais de estrutura porosa depende das características de cada material e está relacionado com os mecanismos de fixação e transferência de humidade como a absorção, condensação e a capilaridade.[28]

A humidade pode ser proveniente de diversas vias, nomeadamente, do excesso de água utilizada na produção dos materiais, na execução da obra de uma deficiente protecção dos materiais em estaleiro, do terreno e de causas fortuitas como anomalias nos dispositivos de distribuição e de drenagem de água, perda de estanquidade de janelas e portas.

A tipologia de fendilhação devido à exposição ou à contracção dos materiais constituintes das alvenarias, quer por efeito de variações de humidade quer por efeito de variações de temperatura, é semelhante.[12]

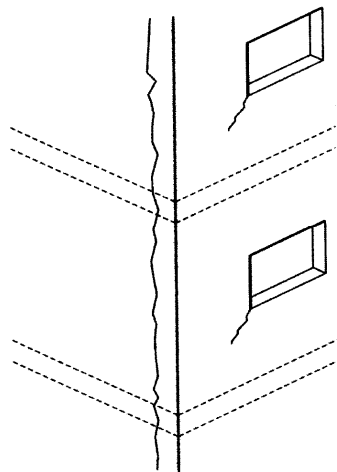


Figura 4 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-E5), por expansão da parede por aumento do teor de humidade [12]

A expansão, por aumento do teor de humidade, só provoca fendilhação considerável em paredes não confinadas, em fachadas-cortina com apoios e grampeamento inadequados ou em elementos construtivos confinantes, nomeadamente, em paredes perpendiculares àquelas em que se verifica a expansão.

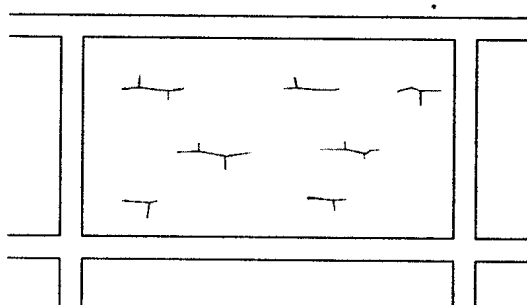


Figura 5 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-D3), associada a variações do teor de humidade dos materiais, argamassa de fraca resistência à tracção ou devido à expansão do tijolo com a humidade [12]

A fendilhação apresentada na Figura 5 segue o traçado das juntas, se os tijolos apresentam uma resistência à tracção elevada e a argamassa é mais fraca.

A fendilhação é vertical, podendo mesmo atravessar os tijolos, se estes têm uma baixa resistência à tracção. Figura 6.

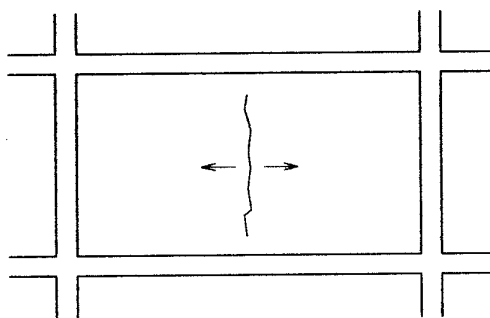


Figura 6 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-B3), a meio de uma parede de enchimento de uma estrutura reticulada, com reduzida resistência à tracção, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12]

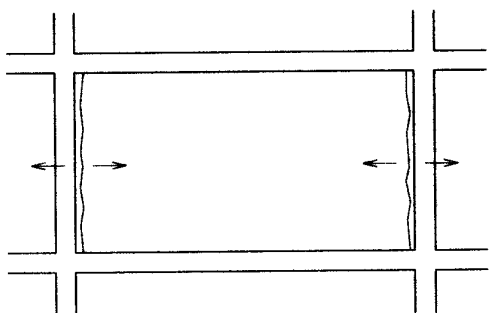


Figura 7 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-B1), junto aos pilares, com ligações menos resistentes do que a parede, numa parede de enchimento de uma estrutura reticulada, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12]

Nas Figuras 6 e 7, paredes de enchimento de estruturas reticuladas, a fendilhação é visível a meio das paredes ou junto aos pilares.

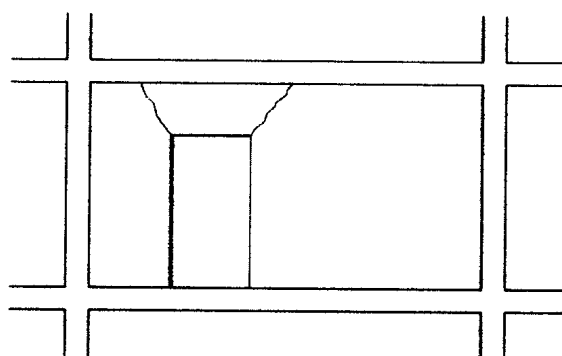


Figura 8 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C2), nos cantos de uma abertura, onde se verifica maior concentração de esforços, numa parede de enchimento de uma estrutura reticulada, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12]

Na Figura 8 observa-se fendilhações em zonas singulares, nos cantos de aberturas e nas zonas sujeitas a um aquecimento diferencial.[12]

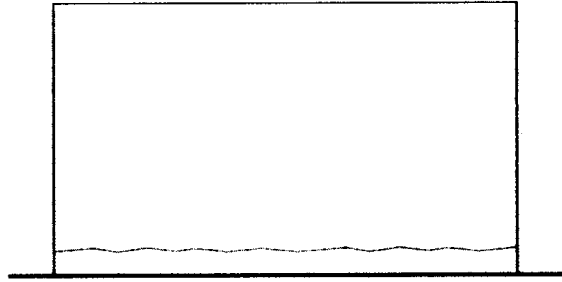


Figura 9 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-A7), associada a variações do teor de humidade dos materiais, devida à transferência de humidade do solo para a parede [12]



Figura 10 – Ilustração de fendilhação de rebocos, associada a variações do teor de humidade dos materiais, devida à transferência de humidade do solo para a parede

As fendilhações horizontais junto à base da fachada, representada nas Figuras 9 e 10, podem ser devidas a transferência de humidade do solo, por capilaridade, para a parede.

4.4.1.3 Variações de Temperatura

Os elementos construtivos dos edifícios estão sujeitos a variações de temperatura, que podem ser provenientes de variações climáticas naturais ou artificiais, da temperatura interior.

Nos diversos elementos de construção, as variações de temperatura provocam uma variação dimensional, que se traduz na seguinte expressão:

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

Em que:

- ΔL - Variação de comprimento (m)
- L - Comprimento inicial do elemento construtivo (m)
- α - Coeficiente de dilatação térmica linear do elemento construtivo (m/m °C)
- ΔT - Variação de temperatura do elemento construtivo (°C)

A restrição dos movimentos de dilatação ou de contracção cria tensões, que podem originar o aparecimento de fendilhações.

As fendilhações de origem térmica podem apresentar um comportamento evolutivo, com uma abertura crescente, resultado de grandes constrangimentos ao seu fecho com a acumulação de poeiras e detritos no seu interior. [12]

4.4.1.3.1 Variações de Temperatura em Coberturas

As coberturas planas e com revestimentos de cor escura apresentam um aquecimento diurno agravado pela maior exposição à radiação solar. O seu arrefecimento, no período nocturno é mais significativo do que o dos outros elementos construtivos devido às trocas de calor com a abóbada celeste por radiação não visível de elevado comprimento de onda – raios infravermelhos.

As lajes de cobertura estão, normalmente, vinculadas às paredes de sustentação, que raramente acompanham os movimentos térmicos horizontais de dilatações e contracções das lajes.

Na laje de cobertura são nulos, os deslocamentos de origem térmica, nos pontos centrais, crescendo proporcionalmente em direcção aos seus contornos que coincidem com as fachadas ou com as platibandas.

Os deslocamentos de origem térmica podem ser nulos no caso de zonas de sombreamento, isolamento térmico. [12]

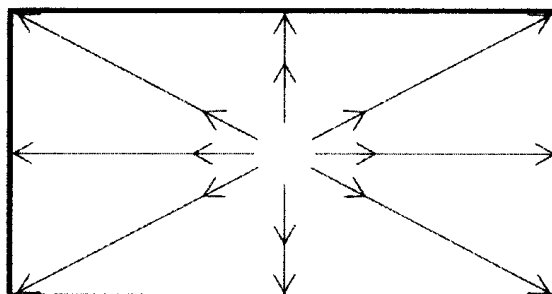


Figura 11 – Tipologia de vista em planta do desenvolvimento dos deslocamentos de origem térmica, numa laje de cobertura com os bordos vinculados às paredes de sustentação, deslocamento nulo num eixo de simetria

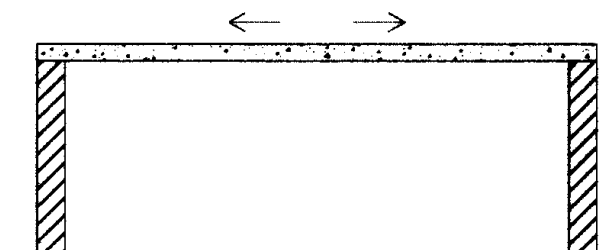


Figura 12 – Tipologia de vista em corte do desenvolvimento dos deslocamentos de origem térmica, numa laje de cobertura com os bordos vinculados às paredes de sustentação, deslocamento nulo num eixo de simetria

A fendilhação horizontal que surge nas platibandas em alvenaria, no perímetro das coberturas planas, ocorre devido à rotura da ligação da platibanda à laje de cobertura, causada pelo movimento diferencial dos dois elementos construtivos. Figuras 13 e 14



Figura 13 – Fendilhação horizontal no perímetro da cobertura (F-A3). Desenvolvimento dos deslocamentos de origem térmica, numa laje de cobertura com os bordos vinculados às paredes de sustentação



Figura 14 – Fendilhação de paredes sem carga vertical significativa, devida aos movimentos térmicos das coberturas planas

Fendilhação única, inclinada, em especial junto aos cunhais no caso de uma carga transmitida pela laje de cobertura às paredes ser elevada e a ligação entre as duas ter uma elevada resistência ao corte.

O caso da cobertura não transmitir uma carga vertical às paredes e a ligação entre dois elementos ser fraca, aparece na parede paralela ao sentido do deslocamento térmico, uma fendilhação inclinada com traçado descendente no sentido da dilatação, acompanhada por fendilhações inclinadas e por um corte horizontal na ligação da parede à cobertura. Figura 15 [12].

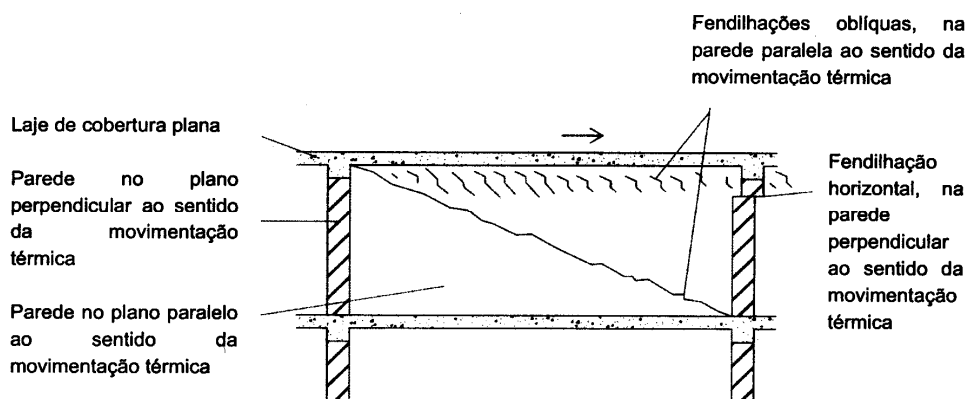


Figura 15 – Tipologia de fendilhação de paredes sem carga vertical significativa (F-C5;F-A3), devida aos movimentos térmicos das coberturas planas [12]

4.4.1.3.2 Variações de Temperatura em Estruturas Reticuladas

A dilatação térmica de vigas pode provocar fendilhações inclinadas nas extremidades dos pilares.

A movimentação térmica da estrutura reticulada pode causar a incidência de fendilhações nas alvenarias de enchimento e nos seus revestimentos.

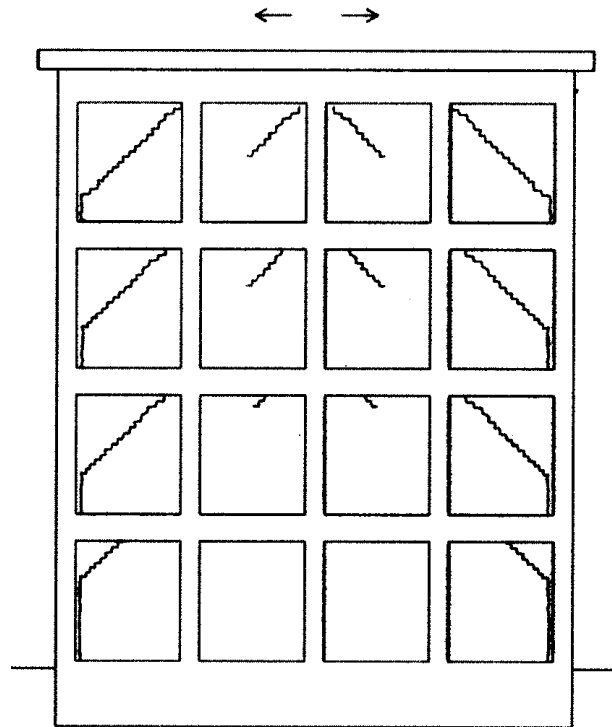


Figura 16 – Tipologia de fendilhação inclinada (F-10;F-B1) nos painéis de parede extremos de alvenaria, devida aos movimentos térmicos na estrutura reticulada de betão armado [12]

De acordo com a Figura 16, a dilatação térmica da laje de cobertura de uma estrutura reticulada, provoca fendilhações inclinadas nos painéis extremos da alvenaria de enchimento, com maior gravidade nos pisos superiores. A fendilhação apresenta o seu início próximo das lajes onde se verifica uma maior abertura da fenda. [12]

A dilatação diferencial entre as estruturas reticuladas de betão armado e os painéis de enchimento em alvenaria pode provocar nas paredes de fachada fendilhações entre a alvenaria e a estrutura de betão armado, fendilhações verticais na união entre a alvenaria e os pilares ou fendilhações horizontais entre a alvenaria e a face inferior da viga ou da laje. [12]

O efeito da movimentação térmica entre o reticulado estrutural e a alvenaria de enchimento é mais acentuado nos casos em que o betão está exposto às acções climáticas e especialmente se está revestido de tintas ou vernizes de cor escura que favorecem a absorção da radiação solar.

4.4.1.3.3 Variações de Temperatura nas Paredes

A movimentação térmica pode originar fendilhações internas na parede, que se manifestam no seu reboco aderente, devido à resistência relativa dos materiais e suas ligações.

As fendilhações podem surgir nas juntas das argamassas nos casos em que a resistência à tracção do tijolo é superior à resistência à tracção da argamassa. Figuras 17 e 18

Nos casos em que a resistência à tracção dos tijolos é igual ou inferior à resistência à tracção da argamassa, surge uma fendilhação vertical que atravessa a parede. Figuras 19 e 20

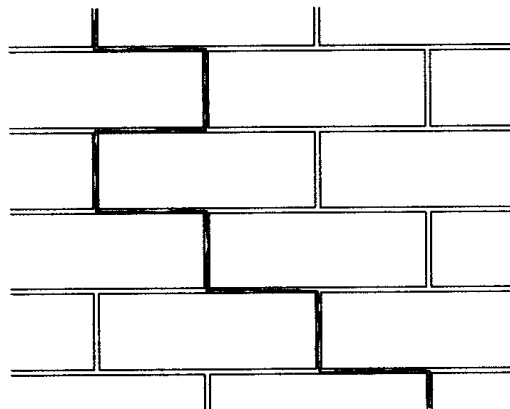


Figura 17 – Tipologia de fendilhação contínua, em degraus, pelas juntas de argamassa (F-C1) devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Argamassa com fraca resistência à tracção [16]



Figura 18 – Fendilhação contínua, em degraus, pelas juntas de argamassa (F-C1) devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Argamassa com fraca resistência à tracção

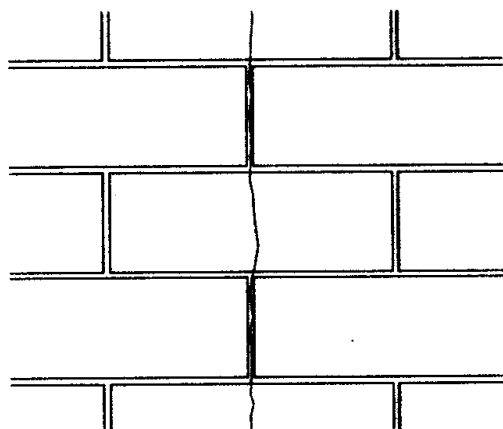


Figura 19 – Tipologia de fendilhação vertical, contínua (F-B3), devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Tijolos com fraca resistência à tracção [16]



Figura 20 – Ilustração da fendilhação vertical, contínua (F-B3), devida à dilatação térmica diferencial do tijolo e da argamassa. Tijolos com fraca resistência à tracção

Nos cantos de aberturas e as zonas de transição entre paredes de diferentes espessuras, são as zonas mais frágeis da parede onde se verifica uma maior concentração de tensões e consequentemente fendilhações perante uma variação uniforme de temperatura. Figura 21.

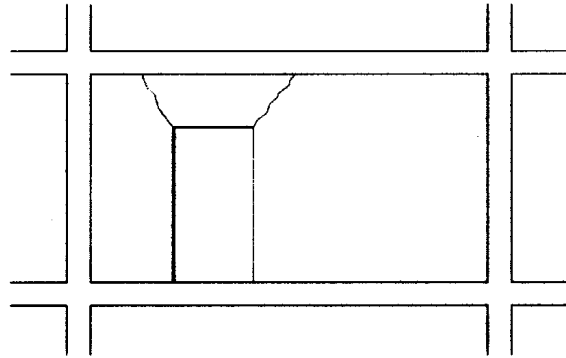


Figura 21 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C2), nos cantos de uma abertura, onde se verifica maior concentração de esforços, numa parede de enchimento de uma estrutura reticulada, associada a variações do teor de humidade dos materiais [12]

As ligações entre paredes confinantes a 90°, em cunhais não reforçados em paredes de fachada e paredes interiores sujeitas a menores variações de temperatura apresentam fendilhações verticais segundo as juntas de argamassa ou segundo um alinhamento recto devido contracção e expansão térmica da parede. Figuras 22;23 e 24

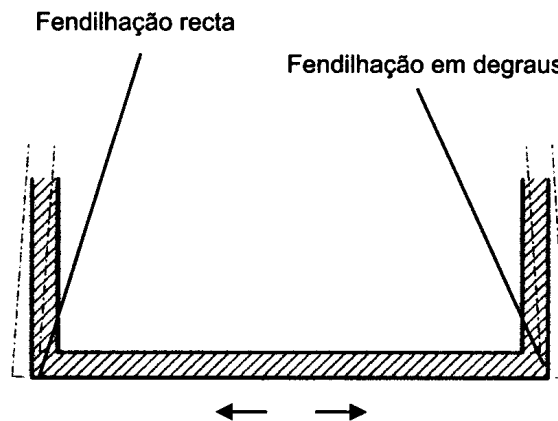


Figura 22 – Tipologia de vista em planta de cunhais não travados, sua fendilhação típica (F-E5), devido à expansão térmica da própria parede

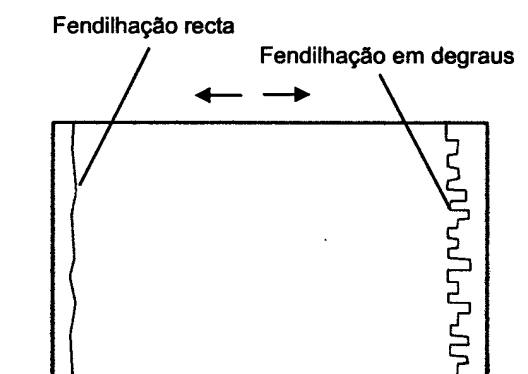


Figura 23 – Tipologia de vista em alçado de cunhais não travados, e sua fendilhação típica (F-E5), devido à expansão térmica da própria parede [16]

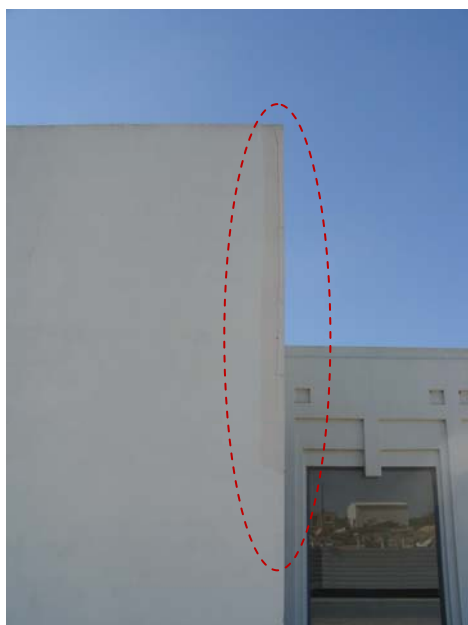


Figura 24 – Vista em alçado de cunhais, fendilhação típica (F-E5), devido à expansão térmica da própria parede

As zonas de ligação entre parede e outros elementos construtivos como lajes, vigas, pilares, caixas de estore, aros de portas e janelas são susceptíveis à ocorrência de fendilhações devido às solicitações térmicas da própria parede.

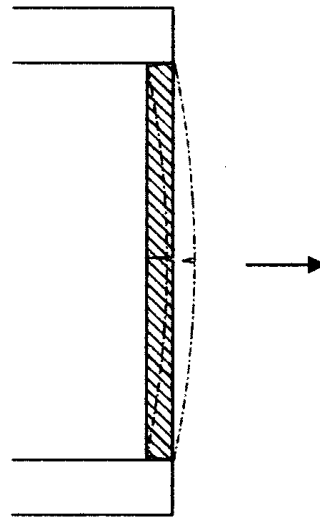


Figura 25 – Representação em corte de encurvadura de uma parede esbelta, confinada rigidamente por lajes estruturais dando origem a um fendilhação horizontal (F-A1) devido à expansão térmica da própria parede [16]

Representação de casos típicos de fendilhações devidas à expansão térmica dos materiais das próprias paredes.

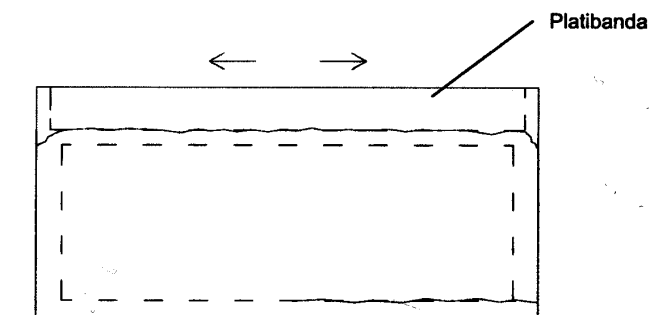


Figura 26 – Tipologia de fendilhação horizontal (F-A3), na ligação da platibanda à laje de cobertura e na ligação da parede à laje de piso, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão



Figura 27 – Fendilhação horizontal (F-A3), na ligação da platibanda à laje de cobertura e na ligação da parede à laje de piso, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão

Fendilhação inclinada a partir da esquina da abertura na zona de encontro entre a laje de cobertura em terraço e a parede resistente exterior, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede. Figura 28.

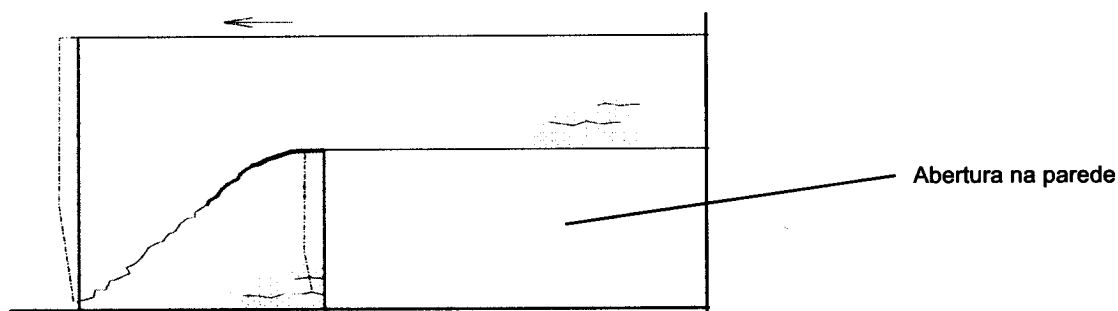


Figura 28 – Tipologia de fendilhação inclinada a partir da esquina da abertura (F-C2), na zona de encontro entre a laje de cobertura em terraço e a parede resistente exterior, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão [16]

Fendilhações horizontais no pórtico de betão armado nas zonas de solidarização da laje de cobertura em terraço às paredes subjacente, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede. Figura 29.

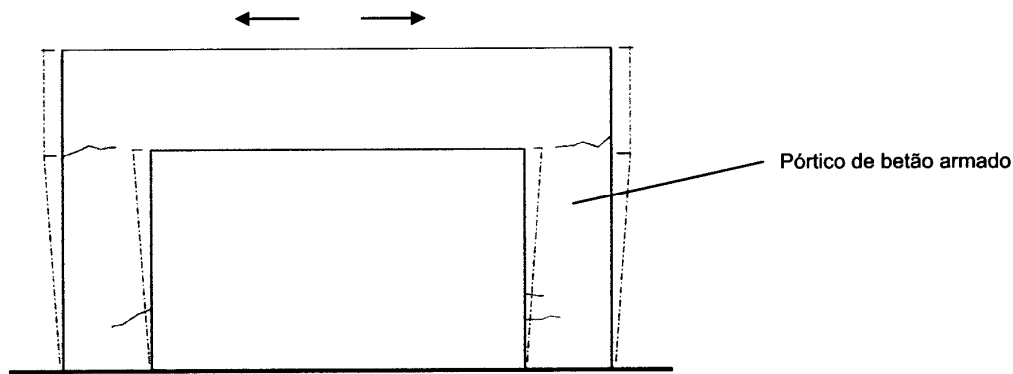


Figura 29 – Tipologia de fendilhações horizontais (F-A3), no pórtico de betão armado, nas zonas de solidarização da laje de cobertura em terraço às paredes subjacente, devido à expansão térmica dos materiais da própria parede, em panos de pequena dimensão [16]

A fendilhação ocorre nas zonas onde se verifica a transição de temperatura e nas zonas mais frágeis como aberturas e reduções de espessura da parede.

A configuração das fendilhações devido a variações de temperatura nas próprias paredes pode ser comum à fendilhação devida a outros fenómenos de expansão natural, como a variação de teor de humidade dos materiais.

4.4.1.4 Choque Térmico

Os choques térmicos surgem quando um elemento está sujeito a uma grande variação de temperatura em poucas horas.

As mudanças bruscas de temperatura geram tensões elevadas nos elementos construtivos que podem originar fendilhações.[5]

O choque térmico atinge principalmente os revestimentos de reduzida espessura, aderentes a suportes de inferior condutibilidade térmica e sujeitos a uma variação muito brusca de temperatura.

Os elementos construtivos que resistem melhor aos choques térmicos são os que apresentam uma boa condutibilidade térmica, um baixo coeficiente de dilatação térmica linear, um baixo modo de deformação e uma elevada resistência a esforços de tracção.

A resistência ao choque térmico, de um dado elemento construtivo, é traduzida pela seguinte expressão:

$$R = (f) \frac{\lambda \cdot f_{ct}}{E \cdot \alpha}$$

em que,

- R - Resistência ao choque térmico.
- λ - Coeficiente de condutibilidade térmica.
- f_{ct} - Resistência característica à tracção.
- E - Módulo de deformação longitudinal.
- α - Coeficiente de dilatação térmica linear.

São exemplos de choque térmico no reboco, uma chuvada intensa e fria sobre uma parede de cor escura, previamente aquecida pelo sol ou um combate de um incêndio com jacto de água produzido por uma agulheta.

4.4.1.5 Ciclos Gelo - Degelo

Após fortes chuvadas, a água que é absorvida pelo reboco pode congelar se a temperatura for inferior a 0º C. Ao congelar, dá-se uma expansão volumétrica no interior da estrutura porosa do reboco, seguida de uma contracção no degelo. Ciclos continuados deste fenómeno criam tensões na argamassa do reboco originando fendilhações.

Os rebocos têm mais capacidade para resistir ao aumento de volume de água, quando esta solidifica, com poros de maiores dimensões.

As fendilhações por acção do gelo, são mais propicias nas fachadas com maior exposição à acção do vento e da chuva, com temperaturas muito baixas, materiais porosos com pouca coesão, pouca capacidade e elevada absorção de água e onde seja difícil a secagem por evaporação.

A alvenaria de tijolo furado afectado por esta tipologia de fendilhação apresenta um aspecto folheado característico tipo “pele de crocodilo” fendilhação de malha irregular interligadas em polígonos de arestas até 200mm.[33]

4.4.2 Acção Excessiva de Cargas Exteriores ou Esforços

4.4.2.1 Concentração Excessiva de Cargas Exteriores ou Esforços

A concentração excessiva de cargas, em especial nas paredes não estruturais, devido a cargas estáticas exteriores e verticais como apoio transversal de vigas na parede ou a suspensão de equipamentos pode provocar fendilhações. Isto acontece como consequência de uma redução da secção resistente da parede, abertura de portas ou janelas e no caso de alteração da espessura da parede. Figura 30

É frequente a fendilhação aparecer junto às zonas de esquinas de vãos de portas e janelas devido à concentração de tensões existentes nessas zonas.

As fendilhações podem apresentar diversas configurações, que dependem das dimensões do painel de alvenaria, as dimensões da abertura, a posição que ocupa no painel, dos materiais que compõe a alvenaria e a rigidez das vergas e contra-vergas.

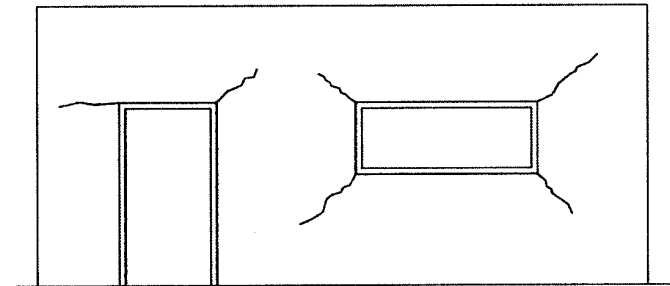


Figura 30 – Fendilhação típica de rebocos a partir das esquinas de aberturas, de uma porta e de uma janela, devido à concentração excessiva de esforços (F-C2) [33]

Nos vãos das portas e janelas pode ocorrer fendilhação inclinada sob o lintel. Figuras 31; 32 e 33

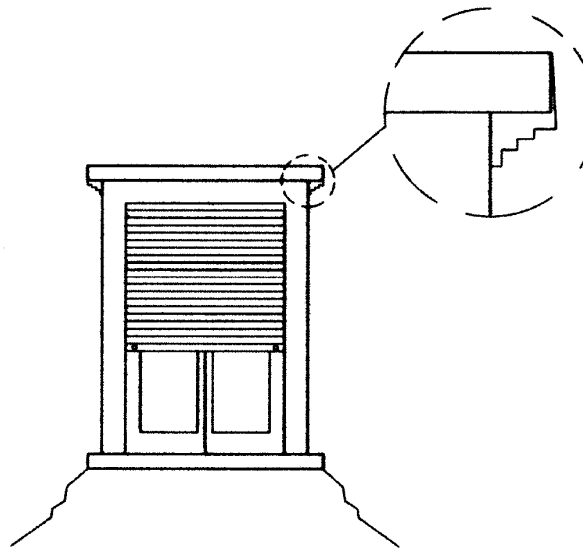


Figura 31 – Tipologia de fendilhação de rebocos nas zonas de apoio do lintel (F-C1) e a partir das esquinas inferiores da abertura (F-C2) devido à concentração excessiva de esforço [12]



Figura 32 – Tipologia de fendilhação de rebocos nas zonas de apoio do lintel (F-C1) e a partir das esquinas inferiores da abertura (F-C2) devido à concentração excessiva de esforço [12]



Figura 33 – Fendilhação de rebocos nas zonas de apoio do lintel (F-C1) e a partir das esquinas inferiores da abertura (F-C2) devido à concentração excessiva de esforço

Nas zonas de apoio do lintel, pode ocorrer fendilhação a partir das esquinas interiores da abertura, devido à concentração excessiva de esforços.[16]

Nas paredes onde se verificam reduções da secção devido à passagem de canalização ou por outros motivos, a fendilhação pode manifestar-se ao longo da região mais enfraquecida. Figura 34 [40]

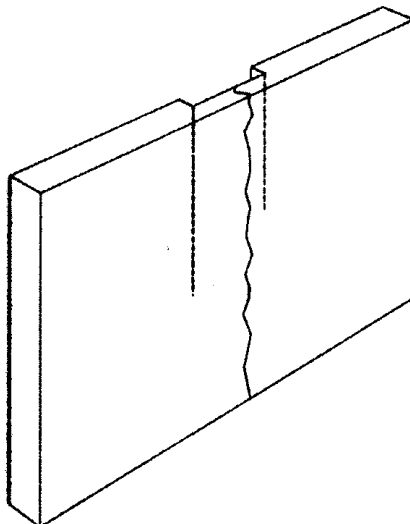


Figura 34 – Tipologia de fendilhação na zona enfraquecida da parede (F-E1), onde se verifica uma redução localizada da sua secção [16]

As fendilhações nas paredes de alvenaria podem surgir da acção excessiva de cargas exteriores concentradas. Figura 35[12]

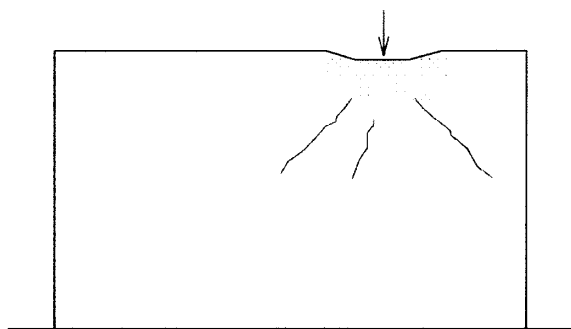


Figura 35 – Tipologia de propagação de fendilhações desde o local de aplicação da carga, devido à acção excessiva de cargas exteriores concentradas [12]

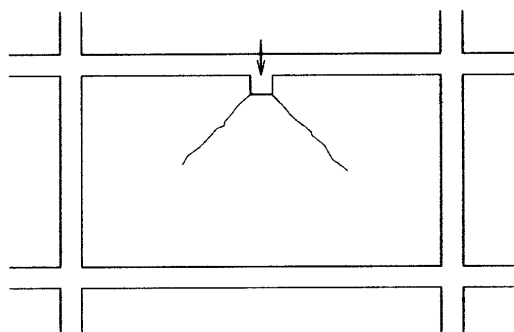


Figura 36 – Tipologia de fendilhações devido à acção de vigas transversais (F-C4) [12]

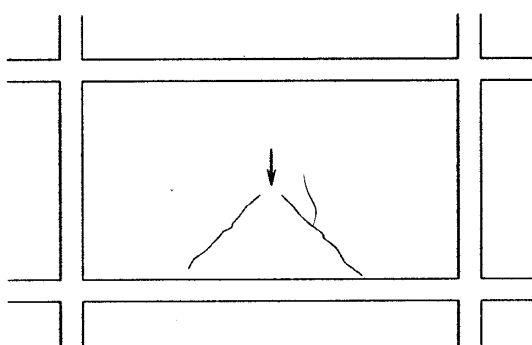


Figura 37 – Tipologia de fendilhações devido à aplicação de cargas exteriores, concentradas e elevadas na parede (F-C4). [12]

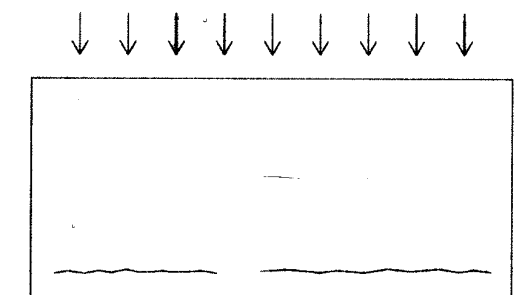


Figura 38 – Tipologia de fendilhações típicas numa parede sem aberturas, horizontais junto à base (F-A7) devido à aplicação de cargas exteriores uniformemente distribuídas

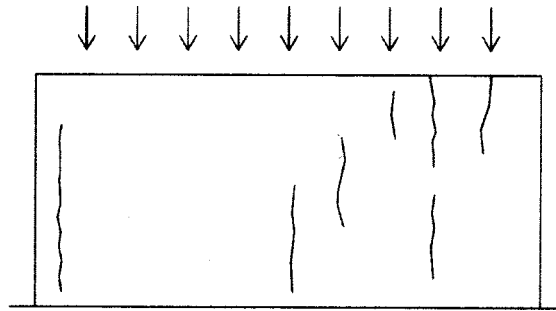


Figura 39 – Tipologia de fendilhações típicas numa parede sem aberturas, verticais e paralelas entre si (F-B2), devido à aplicação de cargas exteriores uniformemente distribuídas

4.4.2.2 Acções Mecânicas ou Movimentos Vibratórios

As máquinas ou equipamentos vibratórios provocam fendilhações a partir de aberturas ou de outras zonas frágeis da parede cuja abertura aumenta com a duração e frequência do equipamento.

4.4.2.3 Sismos

Em Portugal, a maioria dos edifícios, dado a sua idade, foram concebidos e construídos, descurando a acção dos sismos.[3]

Nos edifícios antigos de pequeno porte, cuja estrutura é constituída por paredes resistentes de alvenaria, ortogonais entre si, ligadas aos pavimentos e à cobertura, a sua resistência sísmica é determinada pelo grau de ligações que existem entre paredes, os pavimentos e a cobertura.

Nos edifícios de porte significativo, a alvenaria aparece no enchimento de estruturas reticuladas de betão armado, ligadas a estas.

O betão armado suporta deformações superiores às da alvenaria agravando assim as fendilhações nas alvenarias perante uma acção sísmica.[3]

4.4.2.4 Incêndios

Perante a acção de um incêndio podem ser observados vários fenómenos de fendilhação nas paredes devido à rotura, por dilatação térmica diferencial, das ligações tijolo-argamassa; desagregação e fendilhação por expansão das armaduras; fendilhação dos revestimentos das paredes por efeito do choque térmico devido ao combate ao incêndio e desguarnecimento das juntas de dilatação.

4.4.3 Ataques Químicos

4.4.3.1 Corrosão de Elementos Metálicos

A corrosão que se desenvolve nos componentes metálicos está associada à presença de água, o meio electrolítico que permite a ocorrência da corrosão. O agente oxidante é o oxigénio, no entanto também se encontram gases poluentes como sulfatos e os cloretos que aceleram o processo de corrosão.

As argamassas são permeáveis, permitem a circulação de água, de ar e gases no seu interior e ao recobrirem um elemento metálico com fraca protecção anticorrosiva podem não constituir uma medida eficaz.

As fendilhações provocadas por corrosão de elementos metálicos são facilmente identificáveis por apresentarem manchas acastanhadas de ferrugem nos bordos e na superfície que rodeia o elemento metálico.[33]

4.4.3.2 Expansão das Argamassas por Acção dos Sulfatos

Os sulfatos são sais solúveis presentes nos elementos construtivos, no ar, na água, que são dissolvidos e transportados pela água.

Os revestimentos de paredes são os elementos construtivos mais afectados pelos sulfatos com maior intensidade.

A fendilhação nos rebocos surge como consequência de fenómenos de eflorescências, de criptoflorescências ou de hidratação de sais.

Os ciclos repetidos de cristalização ou dissolução dos sulfatos provocam modificações no volume dos cristais, gerando tensões internas, originando a fendilhação dos rebocos.

Os cristais de sulfato normalmente formam-se e depositam-se entre o revestimento e o suporte, provocando o deslocamento do reboco e sua fendilhação.

Os cristais de sulfato podem aparecer também no revestimento e na argamassa das juntas de assentamento provocando também a fendilhação.

As fendilhações provocadas pelos sulfatos no reboco são idênticas às que resultam da retracção da argamassa, apresentando uma maior abertura, acompanhadas por fenómenos de eflorescência.

4.4.4 Movimentos da Fundação

Nos rebocos das paredes de alvenaria podem surgir fendilhações, devidas a tensões geradas no edifício, por acção da carga exercida pela estrutura sobre o terreno através das suas fundações.

A capacidade de carga e a deformabilidade do terreno de fundação são função do tipo e característica do terreno; intensidade de carga aplicada; tipo de fundação directa ou indirecta e sua profundidade; material, dimensões e geometria da fundação; nível freático e interferência de fundações vizinhas, vegetação e tráfego.

4.4.4.1 Assentamentos Diferenciais de Fundações

Os assentamentos diferenciais provocam nas paredes fendilhações inclinadas, na direcção que vai desde o ponto da parede onde ocorreu o maior assentamento, descendo até ao ponto de menor assentamento.

Um edifício com fundação directa, em que uma parte está assente sobre uma zona de aterro com um deficiente grau de compactação e a restante parte está assente sobre uma zona de escavação, tem tendência a criar fendas para o lado da zona de aterro devido à reduzida capacidade resistente do solo de fundação nessa zona em suportar a carga exercida pelo edifício e à incapacidade da estrutura do edifício absorver as deformações resultantes.

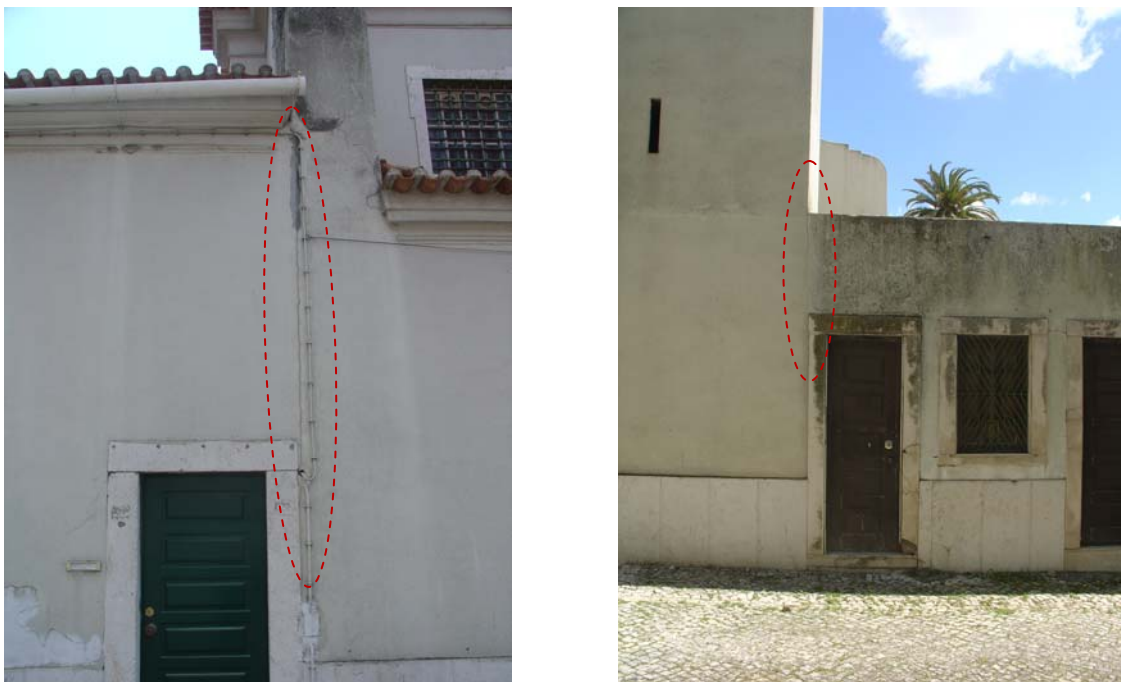


Figura 40 – Fendilhação vertical no limite entre os dois edifícios contíguos, de diferentes dimensões e com o mesmo tipo de fundação (F-B5), entre outras fendilhações

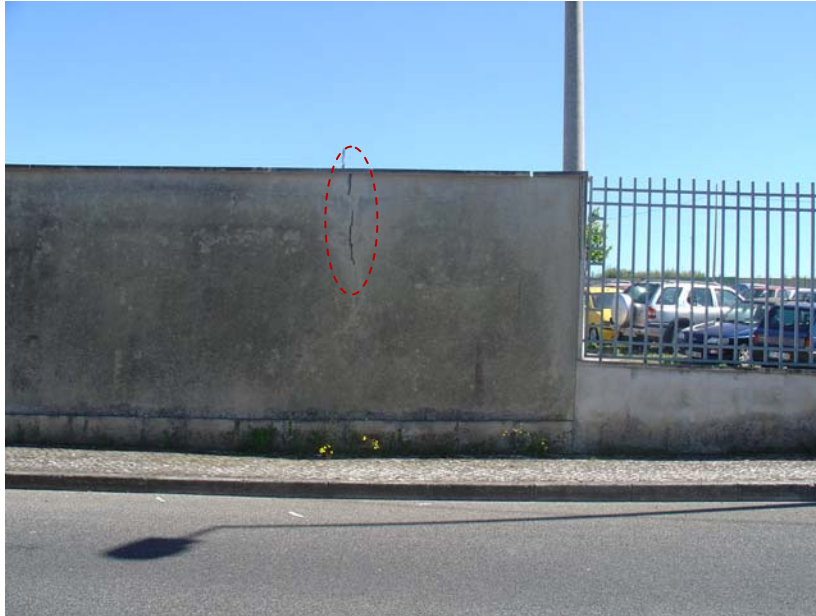


Figura 41 – Fendilhação de rebocos (F-B3), devido a assentamentos diferenciais em fundações contínuas, provocadas por deformações do terreno nos extremos da parede, sem aberturas

Também as fundações contínuas assentes sobre zonas de aterro com diferentes graus de consolidação provocam nos edifícios fendilhações inclinadas. Figuras 42, 43 e 44

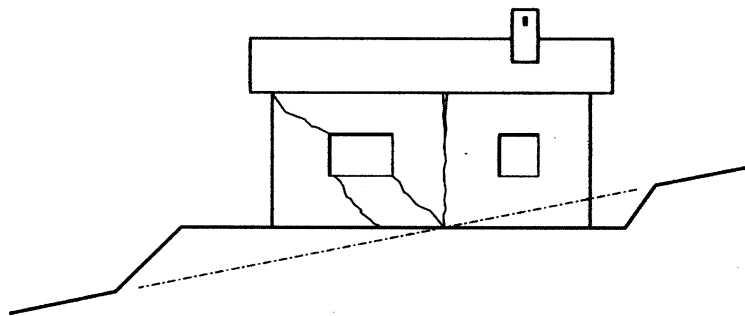


Figura 42 – Tipologia de fendilhação (F-C7) de rebocos devida a assentamentos diferenciais em fundações directas assentes sobre zonas de aterro e de escavação [16]



Figura 43 – Tipologia de fendilhação (F-C7) de rebocos devida a assentamentos diferenciais em fundações directas assentes sobre zonas de aterro e de escavação



Figura 44 – Ilustração da fendilhação de rebocos (F-C7) devida a assentamentos diferenciais em fundações directas assentes sobre zonas de aterro e de escavação

A construção de um edifício de grande porte próximo de um edifício existente de menor porte, pode originar assentamentos diferenciais no edifício menor, com o aparecimento de fendilhações inclinadas, devido à interferência das tensões transmitidas pela estrutura do novo edifício sobre as do existente. Figura 45

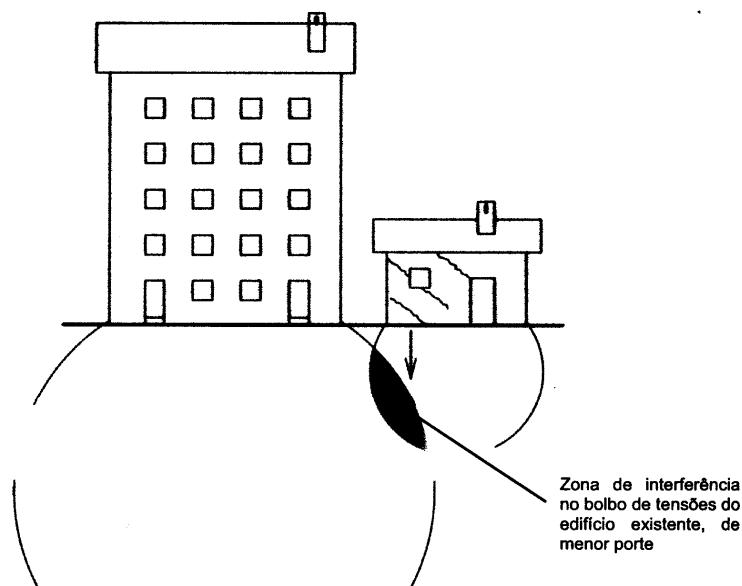


Figura 45 – Tipologia de fendilhações inclinadas no edifício de menor porte (F-C7), provocadas por assentamentos diferenciais devido à construção de um edifício vizinho de maior porte, criou interferência no bolbo de tensões do edifício de menor porte

4.4.4.2 Variação do Teor de Humidade de Solos Argilosos

Os assentamentos diferenciais provocados por variações de teor de humidade de solos argilosos podem ocorrer devido a alteração uniforme do nível freático por efeito sanzonal; rebaixamento do nível freático através de processos mecânicos de drenagem de águas freáticas em edifícios com pisos enterrados; saturação do solo por penetração da água da chuva junto à fundação e absorção da água do terreno por árvores de grande porte junto do edifício. Figura 46

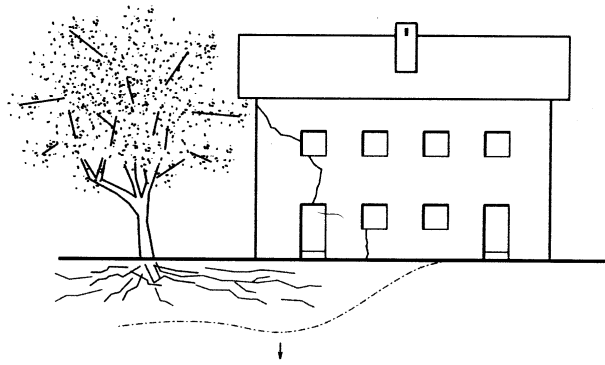


Figura 46 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C7) devida a variações do teor de humidade do terreno argiloso, por acção de vegetação de grande porte localizada próxima do edifício [16]

Nas proximidades de uma construção existente, uma grande escavação pode originar o rebaixamento do nível freático, levando a assentamentos diferenciais e a fendilhações inclinadas se a estrutura do edifício não possuir uma rigidez adequada para suportar os assentamentos. Figura 47

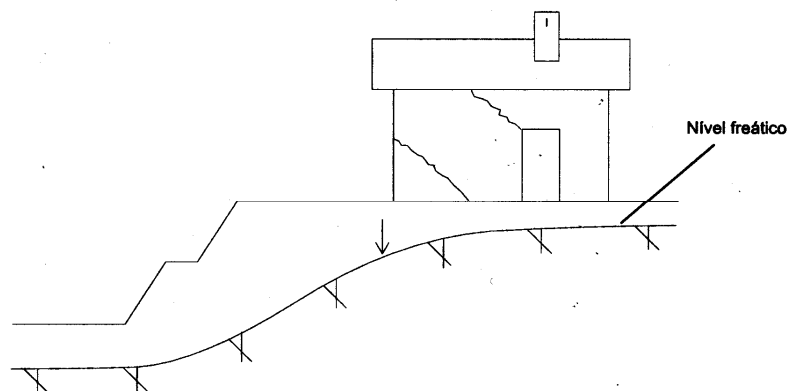


Figura 47 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-C7) devida a assentamentos diferenciais provocados por rebaixamento do lençol freático de solos argilosos, causado por grandes escavações nas proximidades da construção [16]

4.4.5 Causas Atribuíveis ao Reboco

A fendilhação das argamassas tradicionais de revestimento de paredes é normalmente uma consequência da fendilhação do suporte aderente ou uma deformação do suporte para além do limite elástico dos revestimentos.

4.4.5.1 Deficiente Dosagem na Execução da Argamassa

A composição ideal da argamassa de revestimento deve atingir o óptimo entre uma resistência à tracção elevada; uma capacidade de relaxação elevada; um módulo de elasticidade reduzido; uma retracção reduzida e assegurar uma boa aderência ao suporte.

Para atingir o equilíbrio entre o excesso de ligante e de finos e entre a porosidade muito elevada, na formulação da argamassa, deve-se ter em conta o número e a espessura das camadas de reboco tendo em consideração as condições atmosféricas que o revestimento vai estar sujeito.

A composição da argamassa de reboco vai determinar a sua apetência para a fendilhação. [5][14][37]

O teor de ligante em maior percentagem ajuda a determinar a apetência para a fendilhação da argamassa. [5][14][37]

As argamassas de cimento tem maior tendência para a fendilhação que as de cal aérea.

As argamassas de cal hidráulica podem ser mais susceptíveis à fendilhação que as argamassas de cimento devido à maior finura da cal hidráulica. [5][14][37]



Figura 48 – Fendilhação de rebocos com elevado teor em ligante (F-D2)



Figura 49 – Fendilhação de rebocos devido à retracção restringida do reboco (F-D1)

O coeficiente de dilatação térmica é maior nas argamassas de cimento e de cal hidráulica do que nas argamassas de cal aérea.

Um reboco tradicional não aditivado, se não tiver muito cimento nem cal hidráulica é menos susceptível à fendilhação.

A água de amassadura deve ser mínima, necessária para a boa trabalhabilidade.[5][14][37]

O aumento do teor de água de amassadura aumenta a retracção e a porosidade, aumentando a tendência para a fendilhação.

As argamassas ricas em cimento com elevados teores de finos ou com água de amassadura em excesso são susceptíveis à fendilhação devido à retracção elevada, à grande rigidez, que as torna sensíveis aos movimentos diferenciais dos vários materiais em contacto.[5][14][37]

Os rebocos fortemente doseados em ligante apresentam uma elevada resistência, daí que as fendilhações só se formam quando as tensões de tracção forem muito elevadas, superiores à tensão de aderência do suporte. Figura 49 [13][33]

Os rebocos menos ricos em ligante, apresentam uma menor resistência à tracção, daí as tensões instaladas não atingem valores elevados porque a fendilhação ocorre cedo e dissipa as tensões. As tensões instaladas são muito reduzidas, por isso não são suficientes para romperem a aderência ao suporte. Figura 48 [13][33]

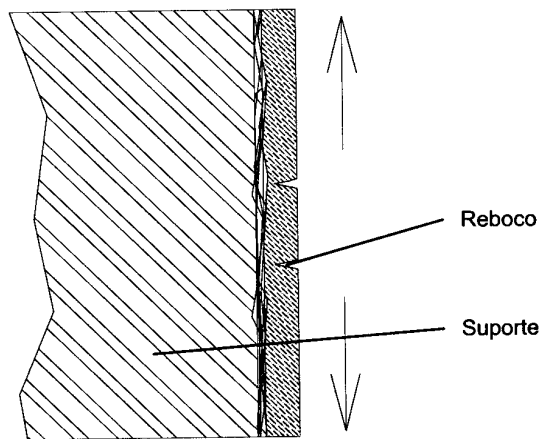


Figura 50 – Tipologia de fendilhação de rebocos com baixo teor em ligante [13][33]

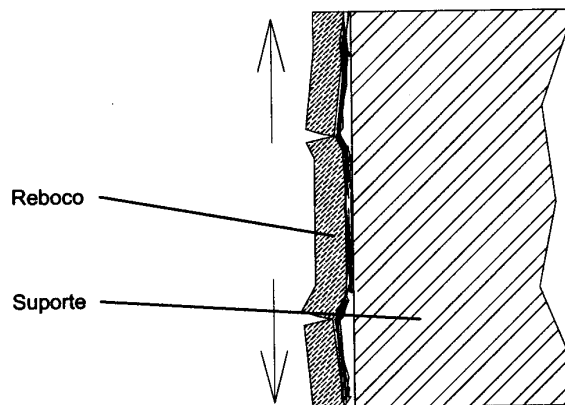


Figura 51 – Tipologia de fendilhação de rebocos com elevado teor em ligante [13][33]

4.4.5.2 Ausência de Reforços no Reboco

Os reforços utilizados no reboco são uma medida preventiva ao aparecimento de fendilhações, em zonas localizadas da parede com grande concentração de tensões.

Os reforços consistem na aplicação de armaduras metálicas, sintéticas ou minerais.

Utilizam-se também outros elementos com perfis de aresta; de junta de dilatação; de peitoril e outros ficando o reboco aderente aos seus esforços.

Com a aplicação destes elementos, as fendilhações podem ser evitadas junto a aberturas de portas e janelas, que se irradiam a partir dos cantos das aberturas.

4.4.5.3 Deficiente Adaptação do Reboco ao Suporte

Um reboco mais forte que um suporte aderente ou seja com o módulo de elasticidade superior ao do suporte e resistências à tracção e à compressão também superiores ao suporte, apresenta uma menor capacidade de acompanhar os movimentos do suporte.

As tensões excessivas geradas no reboco podem levar à rotura do suporte e à fendilhação do suporte reflectindo-se no reboco aderente.

A tipologia de fendilhação consiste em fendas profundas e largas abrangendo o suporte e o reboco, com direcções aleatórias ou segundo o contorno das juntas. Esta situação aparece nos rebocos tradicionais aplicados sobre alvenarias antigas ou sobre suportes de alvenaria de betão celular autoclavado.[33]

4.4.5.4 Retracção Restringida do Reboco

A fendilhação por retracção é uma patologia frequente nos rebocos de paredes de construções novas.

A fendilhação surge devido às tensões de retracção elevadas, geradas pela restrição, parcial ou total, da deformação que provocam a rotura.

A tendência para a fendilhação por retracção dos rebocos tradicionais é função da evolução no tempo da retracção, da evolução no tempo da sua deformabilidade e da sua resistência à tracção.

As condições para o aparecimento de fendilhação por retracção restringida são a forte dosagem de ligante; o uso de areias com elevado teor de finos; a aplicação de camadas de reboco muito espessas; o excesso de água de amassadura; a aplicação em condições climáticas desfavoráveis e o alisamento demasiado prolongado e apertado que faz vir à superfície a leitança do cimento.

A fendilhação por retracção restringida identifica-se pelo aspecto de um mapa de fendas que poderá atravessar toda a secção do revestimento. Figuras 52 e 53



Figura 52 – Fendilhação de rebocos devido à retracção restringida do reboco (F-D1)

A malha é tanto mais larga e as fendas são tanto mais abertas e profundas, quanto mais rígido for o revestimento e maior a espessura da camada.[33;37]



Figura 53 – Fendilhação de rebocos devido à retracção restringida do reboco (F-D5)

4.4.5.5 Espessura Inadequada do Reboco

A tensão de tracção responsável pela rotura dos materiais é inversamente proporcional à secção transversal da camada. Quanto maior for a espessura da camada, maior é a resistência à fendilhação do reboco.[14]

4.4.6 Causas Atribuíveis ao Suporte

4.4.6.1 Absorção Excessiva do Suporte

O suporte aderente do reboco pode ser muito absorvente, retirando a água da argamassa no momento da sua aplicação, produzindo nas argamassas dissecação prematura, provocando fendilhações internas que podem chegar à superfície se a espessura de aplicação for reduzida. [14][33]

Portanto, antes da aplicação do reboco, o suporte deve ser humedecido de modo a evitar a sucção da água do reboco e efectuar apenas a sucção necessária à aderência que se processa através da penetração dos elementos mais finos da argamassa nos poros do suporte.[14][33]

4.4.6.2 Ausência de Juntas de Dilatação

As juntas de dilatação permitem que as paredes se movimentem livremente evitando o aparecimento de fendilhações.

As juntas de dilatação, são necessárias, se não fossem executadas, a própria parede naturalmente as formaria através dos movimentos de origem higrotérmica, que geram esforços de tracção ou de compressão nas paredes, ou movimentos diferenciais que geram esforços de corte e mesmo de torção.

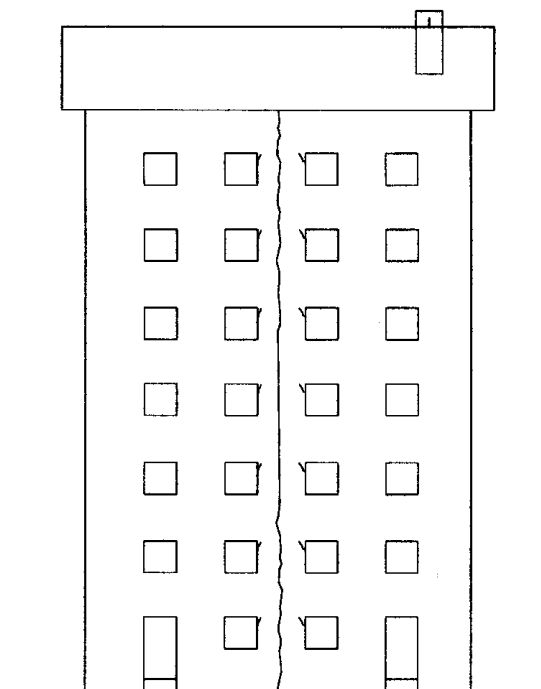


Figura 54 – Tipologia da criação de uma junta natural através da fendilhação de rebocos (F-B6), em paredes de grande altura, devido à ausência de juntas de dilatação na parede [16]

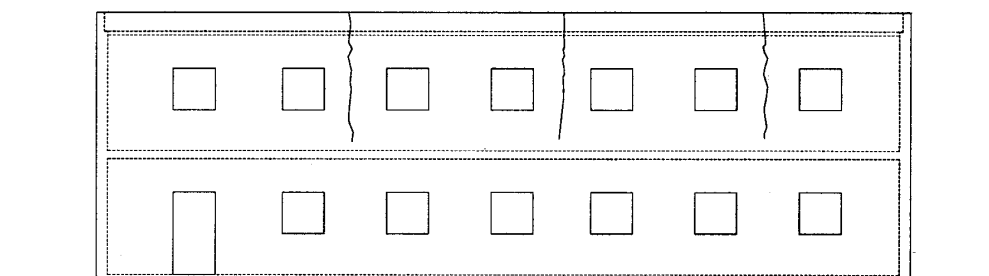


Figura 55 – Tipologia da criação de juntas naturais através da fendilhação de rebocos (F-B6), impedida pelos pavimentos, em paredes de grande comprimento, devido à ausência de juntas de dilatação na parede [16]

4.4.6.3 Comportamentos Diferenciais de Suportes Heterogêneos

Um suporte heterogêneo rebocado em continuidade apresenta diferentes comportamentos termo-higrométricos, de retração, de fluência e mecânicos dando origem a tensões de corte entre os diferentes materiais que se transmitem ao reboco provocando a fendilhação desta junto e ao longo das ligações. Como exemplo temos paredes de enchimento de alvenaria de tijolo contornadas por uma estrutura de betão à face da parede que são rebocados em continuidade.[33]

4.4.6.4 Deformação Excessiva da Estrutura de Suporte de Alvenaria

As deformações dos elementos estruturais e das alvenarias podem provocar a fendilhação do reboco, que nos casos mais graves também pode provocar a fendilhação do próprio suporte.[33]

4.4.6.5 Retracção do Suporte do Betão

Os suportes de betão moldado em obra tendem a fendilhar em zona corrente, devido a poderem estar sujeitos a variações dimensionais por retracção de secagem significativas, a que se adicionam variações por fluência.[33]

O betão após amassadura começa a ter variações de volume resultantes dos fenómenos de hidratação do cimento.

As variações de volume mais gravosas são as que ocorrem após a passagem para o estado sólido.

Além dos efeitos térmicos, a causa mais frequente da variação de dimensão no betão, reside nas variações do teor de humidade, através do fenómeno da contracção se o betão é conservado num meio húmido, a hidratação contínua do cimento e a não existência de ar e vapor de água no seu interior, provocam um aumento de volume; se há perda de água, se há uma secagem do betão, a contracção manifesta-se por uma diminuição de volume.

Um elemento de betão, sujeito a ligações que impedem a sua deformação, a contracção pode originar tensões de compressão no betão se ele tende a expandir-se e tensões de tracção no betão se ele tende a diminuir o seu volume. Quando esta diminuição de volume é contrariada, dá origem a roturas que se manifestam no betão através da formação de fendilhações. Figura 56

A fendilhação por contracção é quase sempre considerada como um acontecimento de imprevisível localização.

Os elementos de betão armado de uma estrutura reticulada podem ser solicitados por elevadas tensões devido à retracção do betão.

Nas estruturas porticadas a retracção das vigas superiores pode introduzir fendilhações horizontais nos pilares dos extremos.

As forças horizontais desenvolvidas, podem introduzir tensões de corte nas alvenarias de preenchimento dos vãos dos pórticos, se ultrapassam a capacidade resistente das alvenarias, provocam fendilhações diagonais. Figura 57

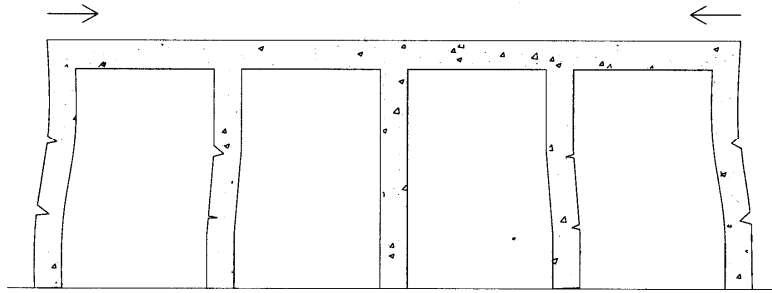


Figura 56 – Tipologia de fendilhação horizontal nos pilares devido à retração do betão das vigas superiores

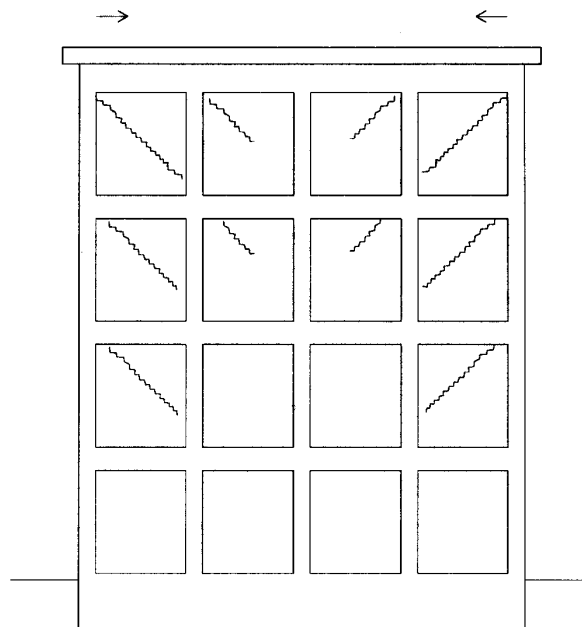


Figura 57 – Tipologia de fendilhações diagonais (F-C10) nas paredes devido a forças de corte nas alvenarias, criadas pela retração do betão da estrutura [41]

A retração das lajes de betão armado pode originar uma fendilhação horizontal das paredes solidárias à laje. Figura 58

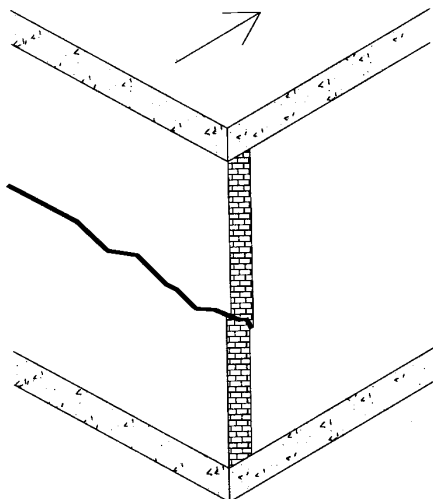


Figura 58 – Tipologia de fendilhação horizontal da parede, devido a rotura por corte por retracção do betão armado da laje [41]

Fendilhações horizontais, imediatamente abaixo da laje ou nos cantos superiores das janelas, podem surgir em paredes de andares intermédios de edifícios com alvenaria estrutural e lajes de betão armado. Figura 59

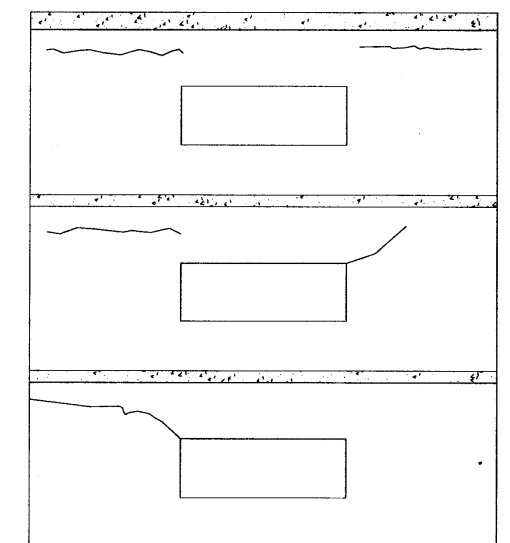


Figura 59 – Tipologia de fendilhação de rebocos (F-A8; F-C2) em paredes resistentes, devido à retracção do betão armado das lajes intermédias

Capítulo V

Reparação de Fendas de Rebocos Tradicionais

5.1 Introdução

A fendilhação é uma das patologias que afectam os rebocos dos edifícios.

As fendilhações surgem, como que para aviso, no início de outra patologia mais grave, a perda de estanquidade das fachadas.

A fendilhação constitui uma importante patologia de maior necessidade de intervenção.

Para diagnosticar as fendilhações é necessário ter o conhecimento das causas possíveis responsáveis pelo seu aparecimento, se são causas estruturais ou não estruturais bem como o conhecimento das diferentes tipologias das fendilhações, a configuração, a localização e a abertura que cada fenda apresenta na construção.

Na reparação das fendas de rebocos tradicionais interessa considerar o grau de estabilização da fenda.

A estabilização da fenda passa pela eliminação da causa que lhe deu origem.

5.2 Técnicas para Caracterização da Tipologia e de Controlo de Evolução das Fendas

A caracterização da tipologia e o controlo da evolução das fendas no tempo é feita através de técnicas de registo e de instrumentação. As fendas devem ser observadas, onde estão localizadas no edifício tendo em conta o seu conjunto e o espaço envolvente.

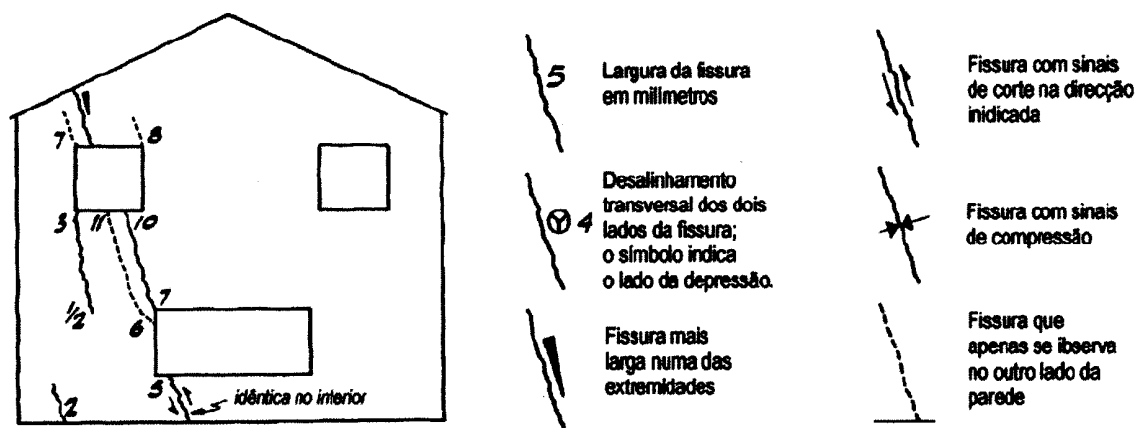


Figura 60 – Exemplo de registo gráfico de fendilhações de paredes

O recurso às técnicas de registo e de instrumentação das fendas tem como objectivo levar a causa ou causas que as originaram.

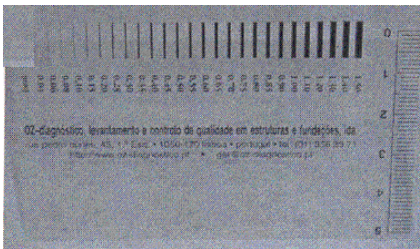
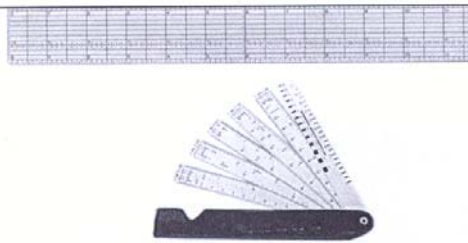
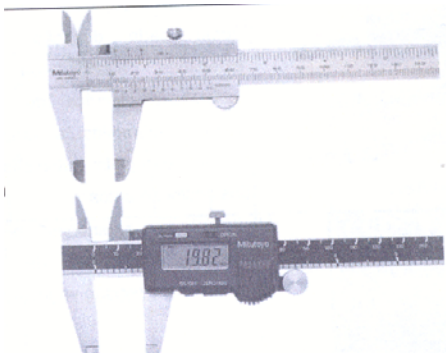
Neste estudo iremos apresentar apenas informações de carácter geral.

No Quadro III faz-se uma breve descrição dos equipamentos e técnicas para avaliação de fissuras –

- a) Medição de espessuras.
- b) Medição de profundidade.
- c) Avaliação da estabilização.
- d) Equipamento auxiliar.

Quadro III – Equipamentos e técnicas para avaliação de fissuras

a) Para medição de espessuras

Fotografia	Dispositivo ou Equipamento	Descrição
	<p>Comparador de Fissuras</p>	<p>Dispositivo com diferentes traços de espessuras conhecidas e que, por comparação visual, permite estimar a abertura das fendas. Pode ser utilizado para complementar os dados recolhidos com o fissurómetro.</p>
	<p>Régua de ranhuras graduada</p>	<p>Para determinar a largura inicial da fenda (precisão de 0,1 mm, podendo ir até 0,001 mm). Pode ser utilizada em simultâneo com a luneta.</p>
	<p>Paquímetro analógico ou digital</p>	<p>A base é fixada rigidamente à parede, através de parafusos, em furos preenchidos com resina epoxídica. Mede a evolução das distâncias entre eles. O paquímetro analógico apresenta uma precisão de 0,05 mm e o paquímetro digital (com bateria) de 0,02 mm.</p>

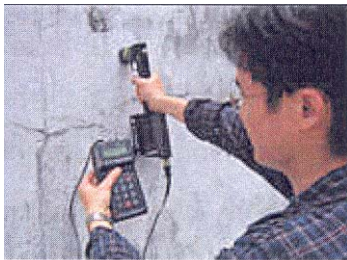
Quadro III – Equipamentos e técnicas para avaliação de fissuras (continuação)

a) Para medição de espessuras (continuação)

	<p>Extensómetro Mecânico</p>	<p>Medição de extensões por meio de dispositivos mecânicos de alavancas e engrenagens. Precisão variável, até 1 mm.</p>
	<p>Extensómetro Eléctrico</p>	<p>Para se obter o conhecimento das extensões ocorridas num dado ponto e numa dada direcção. Medição das extensões, através da variação da resistência eléctrica de um condutor, quando submetido a uma deformação. Permite o registo automático e periódico dos deslocamentos.</p>
	<p>Fissurómetro</p>	<p>Mede, de forma expedita e económica, os movimentos relativos que se verificam num ponto da fenda. Devem desenhar-se nos pontos de medição seleccionados traços horizontais ou verticais a lápis, com cerca de 20 cm. Apenas permite medir o movimento da fenda, ou seja, a variação da sua abertura. Precisão de 0,001 mm. A análise das leituras ao longo do tempo permite avaliar a evolução do movimento da fenda.</p>
	<p>Fissurómetro Electrónico</p>	<p>Mede a evolução da distância entre dois testemunhos metálicos, colocados, um de cada lado da fenda, distanciados de cerca de 200 mm. Precisão de 0,002 mm.</p>

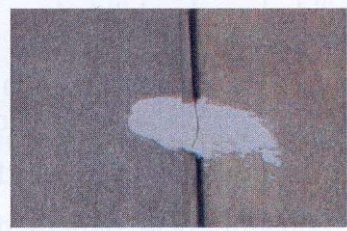
Quadro III – Equipamentos e técnicas para avaliação de fissuras (continuação)

b) Para medição da profundidade

Fotografia	Dispositivo ou Equipamento	Descrição
	<p>Ultrasons</p>	<p>Para avaliar a profundidade das fendas (no caso de fendas perpendiculares ao plano do reboco) e a inclinação (no caso de fendas inclinadas em relação ao plano do reboco). Consiste no envio de ondas ultra sónicas através do reboco. Uma variação brusca de velocidade de propagação das ondas permite a detecção das fendas.</p>

Quadro III – Equipamentos e técnicas para avaliação de fissuras (continuação)

c) Para avaliação da estabilização



Fotografia	Dispositivo ou Equipamento	Descrição
	<p>Testemunhos de cimento, de gesso, de papel ou de vidro</p>	<p>Os testemunhos permitem detectar grosseiramente, eventuais acréscimos da abertura ou deslizamento da fissura, sem permitirem, contudo, quantificar a sua evolução.</p> <p>O testemunho de gesso forma uma ligação rígida sobre a fenda, e parte devido a pequenos movimentos relativos entre os dois lados da fenda. Permite, por vezes, avaliar a direcção e a amplitude do deslocamento relativo. Dimensões do gesso entre 5x50x100 mm e 10x100x200 mm.</p> <p>O testemunho de papel consiste numa fita de papel colocada sobre a fenda, que rasga ou enruga com os grandes movimentos relativos. É muito vulnerável</p>

Fotografia	Dispositivo ou Equipamento	Descrição
		<p>à acção da humidade.</p> <p>O testemunho de vidro consiste numa placa de vidro colada sobre a fenda, que parte com o seu deslocamento relativo. Apresenta dificuldades em avaliar a direcção e a amplitude do deslocamento relativo.</p>

Quadro III – Equipamentos e técnicas para avaliação de fissuras (continuação)

d) Equipamento auxiliar

Fotografia	Dispositivo ou Equipamento	Descrição
	Lupa/Luneta	Lupa para medição de fendas. Pode ampliar 8 vezes e incluir uma escala graduada (em geral de 15 mm, com menor divisão de 0,1 mm).
	Medidor Óptico	Conjunto óptico focável, cujo campo de visão pode ser iluminado por uma lâmpada alimentada por uma pilha. A lente inclui duas escalas graduadas ortogonais e permite medições com um rigor de 0,02 mm. Permite quantificar com rigor a abertura das fendas, podendo ser utilizado para complementar os dados recolhidos com o fissurómetro. Para avaliar a evolução da fenda.

Fotografia	Dispositivo ou Equipamento	Descrição
	Monóculo de infravermelhos	Dispositivo compacto térmico que transforma imagens de infravermelho em imagens visíveis. Para inspeções térmicas de fendas em edifícios. Amplia cerca de 3 vezes.
	Sismógrafo	Instrumento que detecta e mede as ondas sísmicas, natural ou induzidas. Efectua o registo dos movimentos do solo, provocados pelas ondas sísmicas. O parâmetro da intensidade dos sismos pode avaliar a manifestação de fendas em rebocos, produzidas devidas a um sismo.

Quadro IV- Síntese de requisitos, características e ensaios para as argamassas de reparação de fendas de paredes em edifícios antigos [41]

REQUISITOS DAS ARGAMASSAS DE REPARAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE REPARAÇÃO	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO
Não contribuir para degradar os elementos preexistentes, nomeadamente a alvenaria que se destina a proteger e as outras argamassas antigas, que deve conservar.	Resistência mecânica suficiente mas moderada.	Ensaio de resistência à flexão e à compressão. Ensaio de resistência à tracção (por exemplo, o ensaio de tracção após retracção restringida).
Proteger e conservar efectivamente os elementos preexistentes.	Módulo de elasticidade reduzido, mas não excessivamente baixo.	Ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico.
Não descaracterizar o edifício, mantendo, portanto, uma imagem compatível.	Aderência suficiente, mas moderada.	Ensaio de arrancamento.
Proteger, conservar e manter a imagem durante um período de tempo razoável: durabilidade.	Forças induzidas reduzidas, na própria argamassa ou suporte.	Ensaio de retracção restringida.
Proteger, conservar e manter a imagem durante um período de tempo razoável: durabilidade.	Coefficiente de dilatação térmica semelhante ao das argamassas existentes.	Determinação do coeficiente de dilatação térmica por determinação das variações dimensionais.
Ser reversível (e assim permitir a correcção de erros de substituição posterior para manutenção)	Bom comportamento aos sais: resistência aos sais existentes na parede e baixo teor de sais solúveis.	Resistência aos sais. Teor de sais.
Ser reparável. (Ter identidade funcional - só	Bom comportamento à água: absorção de água moderada, alguma resistência à penetração de água, facilidade de secagem.	Determinação do coeficiente de capilaridade. Ensaio de avaliação de capilaridade de protecção à água.

REQUISITOS DAS ARGAMASSAS DE REPARAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS DE REPARAÇÃO	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO
para alguns casos). (Ter identidade material - só para alguns casos).	Estrutura porosa com predominância de pequenos poros.	Determinação da porosidade e da distribuição porosimétrica com porosímetro de mercúrio.
	Resistência ao envelhecimento devido às acções climáticas: resistência a ciclos calor/frio, calor/água e água/degelo.	Ensaio de envelhecimento acelerado.
	Aspecto compatível: cor, textura, planeza, brilhos idênticos aos das argamassas preexistentes.	Análise visual. Análise da composição. Pesquisa da tecnologia de aplicação.
	Semelhança da composição e da estrutura, em relação às argamassas preexistentes.	Ensaio de identificação química, física e mineralógica. Porosimetria de mercúrio.
	Semelhança de comportamento em relação às argamassas preexistentes.	Ensaio de comportamento "in situ": choque de esfera, quadriculagem, penetração controlada, riscagem, abrasão, tubos de Carsten, arrancamento por tracção.
	Semelhança da tecnologia de aplicação.	Consulta de registos. Observações em obra.

5.3 Classificação de Reparação de Fendas de Rebocos Tradicionais

Na escolha da técnica de reparação de fendas de rebocos tradicionais é fundamental aferir se a fenda se encontra estabilizada ou não.

As fendas estabilizadas apresentam uma abertura constante, sem movimento e a sua reparação pode ser feita recorrendo a técnicas mais rígidas, devolvendo continuidade do reboco.

As fendas estabilizadas indicam as causas que lhes deram origem, cessaram, deixaram de ter efeito sobre essa zona de construção.

As fendilhações não estabilizadas são as que estão submetidas a movimentos verificados na variação da sua abertura.

Se o movimento de abertura da fenda é contínuo, é necessário que a técnica de reparação a aplicar permita que o movimento possa continuar após a reparação.

Neste caso o recurso a técnicas rígidas não resulta, uma vez que a fenda aparecerá noutra sítio.

Quando a abertura de fenda apresenta movimento significativo deve-se recorrer a soluções flexíveis que impeçam a passagem de água e de agentes agressivos para o reboco.

Nos pontos seguintes descrevem-se as diversas técnicas aplicáveis, referindo-se as suas limitações e métodos de aplicação.

5.3.1 Fendas Estabilizadas

5.3.1.1 Injecção de Produtos à Base de Ligantes Orgânicos – Resinas Epoxídicas

Descrição

As resinas epoxídicas são um tipo de ligante orgânico utilizado na construção, na reparação de fendas e vazios de alvenaria. Faz presa estável aumentando a adesão entre os materiais envolvidos minimizando as forças de rotura.

As resinas epoxídicas formadas por dois componentes fluidos, resina e endurecedor, misturados, no momento de aplicação, com um agitador mecânico de baixa rotação.

Às resinas epoxídicas podem ser adicionados pigmentos, aceleradores de presa, emulsionantes ou estabilizantes.

As resinas epoxídicas, devido a baixa viscosidade, apresentam elevadas capacidades de injectabilidade e adesão ao suporte. Outras propriedades: retracção baixa, resistência química e ao calor ser satisfatória.

Devido à sua versatilidade e eficiência a injecção por pressão é a tecnologia mais utilizada.

Na reparação de fendas em rebocos, o diâmetro dos furos de injeção deve ser reduzido e a pressão de injeção muito baixa e mantida constante.

O reboco a reparar deve apresentar uma boa coesão e aderência ao suporte, para não se desligar da parede com a pressão da calda.

A técnica de reparação de rebocos de paredes, através de resinas epoxídicas, aplica-se a fendas de abertura entre 0.2mm e 5mm, profundidade superior a 25mm e na composição da argamassa tenha sido incorporado cimento.

Limitações

A injeção com resinas epoxídicas puras não deve ser efectuada em alvenarias húmidas, pode surgir reacções que condicionam a adesão ao suporte e o tempo de vida da resina.

As propriedades mecânicas das resinas epoxídicas são muito superiores às da alvenaria e do reboco aderente, sendo desconhecido o seu comportamento no tempo. Por isso, deve ser ponderada a injectabilidade da resina e suas características mecânicas na reparação de fendas de rebocos para evitar o aparecimento de nova fenda na envolvente da fenda reparada.

Método de Aplicação

Preparação das fendilhações a reparar

- Remoção de materiais soltos na superfície.
- Limpeza das fendas a reparar utilizando ar pressurizado e solventes que permitem a limpeza de tintas, algas, salitre, óleos bem como a secagem de água na superfície de contacto.

Selagem Superficial das Fendas

A selagem superficial das fendas é feita para que o material de injeção não saia durante a operação de injeção.

A selagem é feita com uma argamassa sintética de presa rápida ou com um adesivo sintético à base de resinas epoxídicas.

A argamassa sintética de presa rápida é indicada para fendilhações não lineares, o injector é introduzido numa furação próxima da fenda e que a intersecta.

O adesivo sintético é utilizado quando o injector é fixado na própria fenda.[39]

Fixação dos Pontos de Injecção

A execução de furos no material de selagem da superfície das fendas, onde são introduzidos tubos de aço, latão ou plástico de 5mm a 10mm de diâmetro e se adapta o material de injecção, deve ter um espaçamento superior à espessura da parede, geralmente estão espaçados entre si num raio de 15cm a 30cm.

Injecção

Após o endurecimento do material de selagem da superfície das fendas procede-se à injecção de cada fenda com resinas epoxídicas fluidas sob pressão utilizando o aparelho de pressão adequado.

A operação é iniciada no injector posicionado mais abaixo, e quando o material aglutinante aparece no injector mais próximo, localizado mais acima, procede-se ao fecho do injector que se encontra posicionado mais abaixo. A operação repete-se para os restantes injectores em cada fenda a reparar. A pressão de injecção não deve atingir valores que danifiquem o reboco. As operações de injecção das fendas, devem ser efectuadas lentamente e sem interrupções para que o material aglutinante chegue a todas as ramificações das fendas.

Operações Finais

À medida que o trabalho prossegue os tubos de injecção podem ser retirados ou cortados.

Após a cura da resina, remover o material de selagem da superfície das fendas.

Aplicação do revestimento e acabamento adequado.

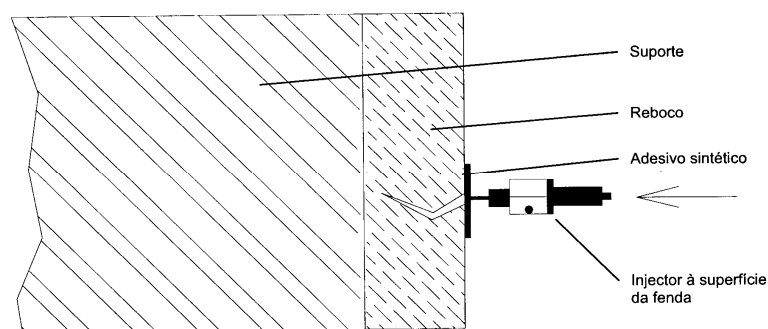


Figura 61 – Tipologia de fixação do injector à superfície da fenda [38]

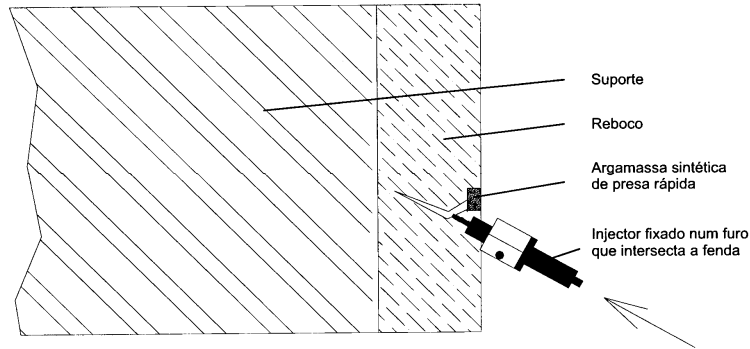


Figura 62 – Tipologia de fixação do injetor no interior da fenda, numa furação próxima da fenda e que a intersecta [38]



Figura 63 – Injecção de resinas de preenchimento na reparação de fendas [38]

5.3.1.2 Injecção de Produtos à Base de Cal – Cal Hidráulica

Descrição

A injeção de produtos à base de cal hidráulica, com carbonatos finos e aditivos específicos é utilizado no preenchimento de fendas estabilizadas.

As cargas recomendadas são a pozolana super ventilada e lavada e o tijolo pilado, com gluconato de sódio como fluidificante.

O produto pré-doseado é fornecido em pó e misturado com água em obra, injectado a baixa pressão ou por gravidade. A elevada fluidez permite a penetração de fendilhações de abertura superior a 0.5mm. Este produto, com ligante à base de cal está indicado para a reparação de fendas em alvenarias antigas de pedra, tijolo ou mistas.

O processo de aplicação da injeção deste produto a baixa pressão é equivalente ao da injeção de resinas epoxídicas sendo a diferença no diâmetro dos furos de 30 a 40mm e o espaçamento entre eles com um raio de 50 a 100cm.

5.3.1.3 Argamassas de Preenchimento

As fendilhações estabilizadas podem ser reparadas com argamassas de preenchimento tradicionais ou não tradicionais incorporadas com resinas ou fibras.

As resinas melhoram a aderência evitando a fendilhação no limite da zona reparada.

As fibras tem influência na toxitropia e na consistência da argamassa, aumentam a resistência à tracção por flexão, a ductilidade e a coesão da argamassa.

Nas argamassas de reparação de fendas de rebocos devem ser considerados os seguintes factores:[36]

- Composição das argamassas pré-existentes.
- Características das argamassas pré-existentes.
- Compatibilidade com os materiais existentes.

Na composição das argamassas pré-existentes devem ser respeitados os constituintes, o tipo de argamassa, o tipo de ligante, a natureza e forma dos agregados e o tipo de aditivos existentes.

Nas características das argamassas pré-existentes devem reproduzir-se as suas características funcionais mais importantes.

Na compatibilidade com os materiais existentes devem ser compatíveis com os materiais pré-existentes sob o ponto de vista mecânico, químico, físico e estético.

A argamassa de reparação de fendas, além de consolidar as zonas fracas do reboco, deve, em simultâneo, proteger a parede da acção da água, de acções mecânicas, de choques, de erosão, da química poluição e dos sais solúveis.[35]

As argamassas não tradicionais, existentes no mercado apresentam, em geral, os mesmos tipos de matérias-primas, ligantes e areias, que as argamassas tradicionais, com adjuvantes específicos, que modificam as suas características, doseadas em fabrico, com estudo e desenvolvimento prévio em laboratório.

As argamassas não tradicionais, para preenchimento de fendas podem ser doseadas e misturadas em fábrica apresentando-se em pasta pronta a aplicar ou em pó, necessitando apenas a junção de água; doseadas em fábrica e misturadas em obra segundo instruções do fabricante; doseadas e misturadas em fábrica, mas na obra são adicionados componentes por indicação do fabricante.

Existe no mercado argamassas não tradicionais para preenchimento de fendas, argamassas doseadas e misturadas em fábrica que se apresentam em pó, bastando, em obra, misturar o pó com a água.

As principais argamassas são:

- Argamassa de cimento com fibras sintéticas.
- Argamassa de cimento modificada com polímeros.
- Argamassa isenta de cimento com fibras sintéticas.

Método de Aplicação

- Alargamento das fendilhações a reparar

O alargamento da fenda, com um mínimo de 5mm de abertura, ao longo da face exposta efectua-se com secção em “V” ou secção rectangular.

A secção rectangular é preferível por ser mais durável.

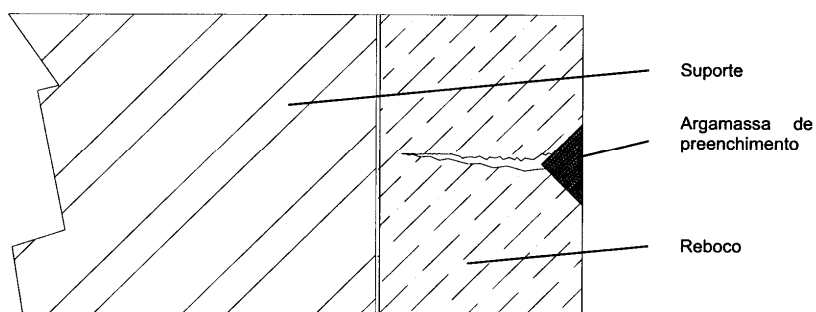


Figura 64 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção em “V” com argamassas de preenchimento

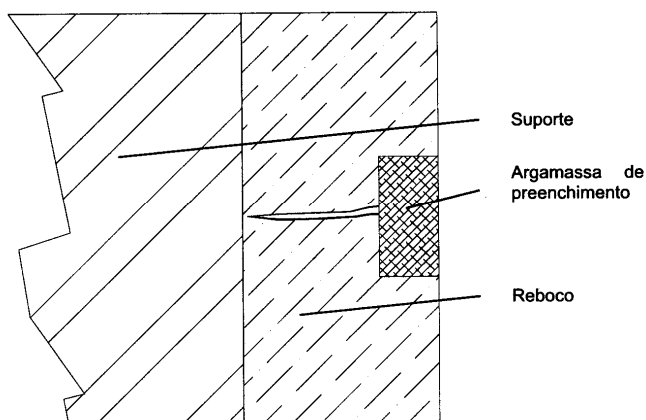


Figura 65 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção rectangular, com argamassas de preenchimento

Preparação das Fendilhações a Reparar

Na preparação das fendilhações a reparar devem ser eliminados todos os vestígios de tintas, algas, óleos, salitre, elementos degradados e outros que possam impedir a boa aderência do produto de reparação.

A superfície das fendas deve ser limpa com água de modo a remover as poeiras e todas as partículas soltas bem como os sais solúveis.

O suporte deve-se apresentar compacto e com uma rugosidade superficial.

A superfície das fendas deve estar humedecida antes da aplicação do produto.

Preenchimento das Fendilhações a Reparar

A mistura do produto em pó com água, no caso de argamassas não tradicionais, faz-se com o auxílio de misturadores mecânicos de baixa rotação, berbequim equipado com um agitador ou uma betoneira, tudo depende das quantidades de produto a utilizar.

A mistura deve ser feita a baixa rotação, para evitar a introdução de ar, até se apresentar homogénea.

A mistura do produto, no caso de argamassas tradicionais, procede-se ao doseamento e preparação em obra.

A argamassa de preenchimento é aplicada manualmente, com uma espátula, uma lâmina, uma colher de pedreiro ou com um pequeno raspador de borracha. Deve-se pressionar firmemente a superfície para cobrir totalmente as fendas.

Operações Finais

Antes do endurecimento da argamassa, com uma esponja ou uma talocha dar uma passagem final.

Pode ser aplicado, antes da pintura, um revestimento formado por uma membrana elástica, impermeabilizante que previne a fendilhação.

Finalmente a execução de pinturas à base de resinas acrílicas em dispersão aquosa, com duas ou três demãos de tinta, que podem ter fibras incorporadas.

5.3.1.3.1 Argamassa de Cimento com Fibras Sintéticas

Descrição

A argamassa de cimento com fibras sintéticas consiste num produto em pó constituído por cimento, resinas sintéticas, areias, fibras sintéticas cortadas, fibras de vidro ou fibras de polipropileno e outros aditivos.

A argamassa de cimento com fibras sintéticas destina-se ao preenchimento de fendas em argamassas de cimento.[45][48]

Na aplicação da argamassa de cimento com fibras sintéticas é permitida a espuma de 5mm a 20mm por camada. A espessura de algumas argamassas com microfibras de polipropileno pode ir até aos 30mm por camada.

A aplicação de novas camadas pode ser efectuada após a presa da camada anterior.

Após o preenchimento das fendas com argamassa de cimento com fibras sintéticas, deve-se aplicar com uma trincha ou rolo de lã, um primário para promover a aderência ao suporte e regularização da cor. Depois um revestimento orgânico de capa fina à base de cargas minerais, resinas em dispersão aquosa, pigmentos e aditivos específicos.

Argamassa de Cimento com Microfibras de Polipropileno

A argamassa de cimento com microfibras de polipropileno consiste numa argamassa em pó, pré-doseada, constituída por cimento, inertes seleccionados, microfibras de polipropileno e outros aditivos.[42]

A argamassa é preparada com água. Para uma melhor cura da argamassa e diminuição da incidência de fenómenos de fendilhação superficial pode ser introduzido na mistura, um adjuvante que controla a rápida evaporação da água.

As microfibras de polipropileno, incorporadas na argamassa de cimento conferem-lhe um acréscimo de desempenho, promovido pelo aumento de deformabilidade, associado a um aumento de resistência à tracção, à flexão, à compressão, aos ciclos gelo-degelo, ao impacto e ao desgaste por abrasão.

A argamassa de cimento com microfibras de polipropileno é impermeável à água e apresenta uma óptima aderência ao reboco e ao suporte existente.

As microfibras de polipropileno podem conter um aditivo de elevada durabilidade, inibidor de crescimento de microrganismos, que é misturado com as resinas utilizadas no fabrico das fibras.

No preenchimento das fendas estabilizadas, a argamassa de cimento com microfibras de polipropileno dispensa a utilização da rede de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis ou da rede metálica com protecção anti-corrosiva.

A espessura máxima permitida, na aplicação da argamassa com microfibras de polipropileno é 30mm por camada.

A argamassa com fibras de polipropileno é utilizada em rebocos tradicionais de cimento de paredes exteriores, no preenchimento de fendas de abertura superior a 5mm.

Após o preenchimento das fendas com a argamassa de cimento com microfibras de polipropileno deve ser aplicada uma membrana elástica, impermeabilizante que previne a fendilhação, seguida de uma pintura à base de resinas acrílicas em dispersão aquosa.

5.3.1.3.2 Argamassa de Cimento Modificada com Polímeros

Descrição

A argamassa de cimento modificada com polímeros, é constituída por cimento com adição de polímeros, areia, água, adjuvantes e aditivos.

O produto pré-doseado é formado por componente em pó, que ao ser misturado com água, forma uma argamassa homogénea de selagem de fendas com características de impermeabilização.

Os polímeros ou resinas sintéticas podem ser adicionados às argamassas tradicionais de cimento.

Na modificação de argamassas com cimento podem ser utilizados os seguintes polímeros:

- Latex
- Dispersões em pó.
- Polímeros solúveis.
- Resinas líquidas.
- Monómeros ou pré-polímeros.

Os polímeros modificadores de argamassas de cimento mais utilizados são os látexes, incluem copolímeros de estireno-butadieno e os acrílicos.[15]

A introdução de polímeros na argamassa de cimento, a par do preço elevado tem como desvantagem uma redução da permeabilidade da argamassa ao vapor de água.

A argamassa modificada com polímeros destina-se à selagem de fendas entre 5mm e 20mm de abertura e profundidade por camada até 20mm em rebocos com argamassas de cimento.

5.3.1.3.3 Argamassa Isenta de Cimento com Fibras Sintéticas

Descrição

A argamassa isenta de cimento com fibras sintéticas consiste num produto em pó, pré-doseado, constituído por ligantes hidráulicos, cal hidráulica e materiais pozolânicos, resistentes aos sulfatos e às reacções sílica-inertes, areias, fibras sintéticas e aditivos.[42]

Trata-se de um produto de reparação com uma porosidade considerável, por isso deve ser aplicada previamente, uma camada de argamassa pré-doseada, isenta de cimento, com ligantes hidráulicos, fibras sintéticas, aditivos especiais com a finalidade de melhorar a aderência do produto de reparação ao reboco, melhorar a aderência ao suporte existente e contribuir para a resistência aos sais e à humidade.

A argamassa isenta de cimento com fibras sintéticas apresenta características semelhantes às argamassas de cal quanto à resistência mecânica, módulo de elasticidade e porosidade.

Na aplicação da argamassa isenta de cimento com fibras sintéticas, é permitida a espessura máxima de 30mm e mínima de 20mm.

Após a reparação das fendas com argamassa isenta de cimento e fibras sintéticas pode ser aplicado um revestimento com pinturas à base de silicatos, permeável ao vapor de água, destinada à protecção da chuva, vento e gelo.

5.3.1.4 Selagem com Mástique e Preenchimento com Argamassa Armada

Descrição

A selagem com mástique e preenchimento com argamassa armada é uma técnica de reparação, que consiste no alargamento da fenda, aplicação de mástique, resistente à água, para paredes exteriores, que deve aderir nas duas faces laterais da fenda e no posterior preenchimento com a argamassa, na zona da fenda que foi aberta.

A argamassa de preenchimento pode ser reforçada com rede de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis ou rede metálica com protecção anti-corrosiva.

A rede de fibra incorporada na argamassa de preenchimento, permite melhorar a resistência à fendilhação por constituir um reforço e redistribuição das tensões. [46]

Podem ser incorporados grampos de aço inox, devidamente dimensionados, no caso das fendas estabilizadas serem estruturais e localizadas.

Deve ser aplicado um revestimento impermeável e elástico, permeável ao vapor de água e de decoração da superfície após o preenchimento das fendas.

Modo de Aplicação

A selagem com mástique e o preenchimento com argamassa consiste no seguinte:

- Alargamento das fendilhações a reparar.
- Preparação das fendilhações a reparar.
- Preenchimento das fendilhações a reparar.
- Operações finais.

O alargamento da fendilhação a reparar efectua-se ao longo da face exposta com secção em “V” ou com secção rectangular. Figuras 66 e 67

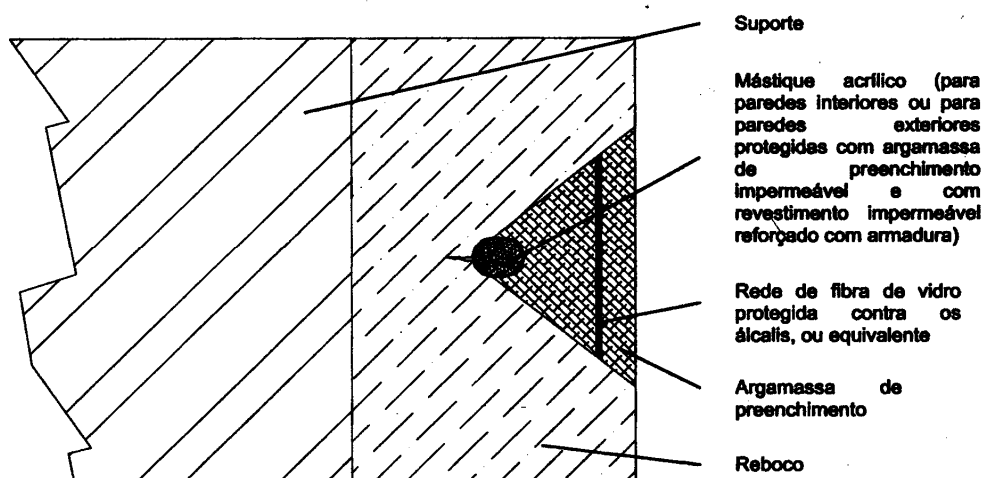


Figura 66 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura, de secção em “V”, da selagem com mástique acrílico nas duas faces laterais da fenda, no fundo da fenda aberta, e do preenchimento, na zona de alargamento da fenda, com argamassa reforçada com rede de fibra de vidro

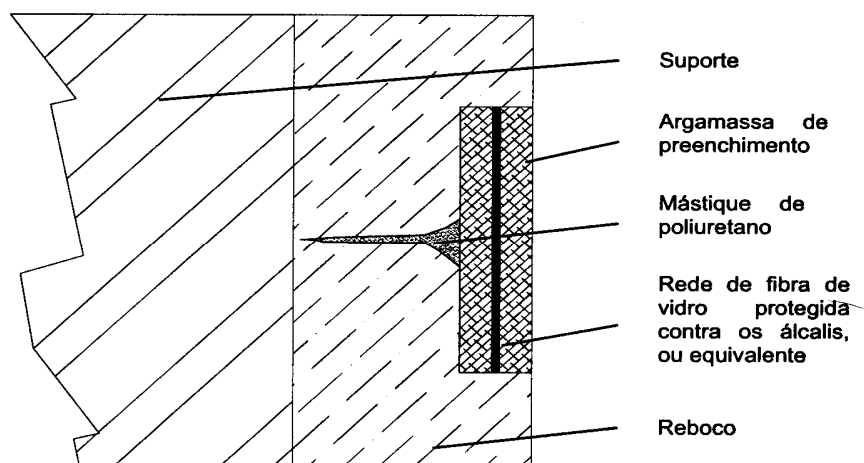


Figura 67 – Tipologia de reparação da fenda, através do alargamento da abertura da fenda, de secção rectangular, da selagem com mástique de poliuretano nas duas faces laterais da fenda e do preenchimento, na zona de alargamento da fenda, com argamassa reforçada com rede de fibra de vidro

A preparação das fendilhações a reparar consiste na eliminação de todos os vestígios de tintas, algas, salitres, óleos e outros elementos degradados que possam impedir a boa aderência do produto de reparação.

A superfície das fendas a reparar deve ser limpa e seca com ar comprimido, isenta de poeiras e sais solúveis.

O preenchimento das fendilhações a reparar com mástique, resistente à água, deve aderir as faces laterais da fenda com a ajuda de uma pistola manual ou pneumática.

No caso de fendas estruturais localizadas, reforçar estruturalmente a estabilidade das fendas com grampos de aço devidamente dimensionados. Figura 68

A zona de alargamento da fenda deve ser preenchida com argamassa de preenchimento, armada com rede de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis ou com rede metálica com protecção anticorrosiva.

A argamassa deve ser aplicada manualmente com uma espátula, colher de pedreiro pequena, lâmina ou com raspador de borracha.

Operações Finais

- Dar uma passagem final com uma talocha ou uma esponja.
- Dar um revestimento e acabamento adequado.

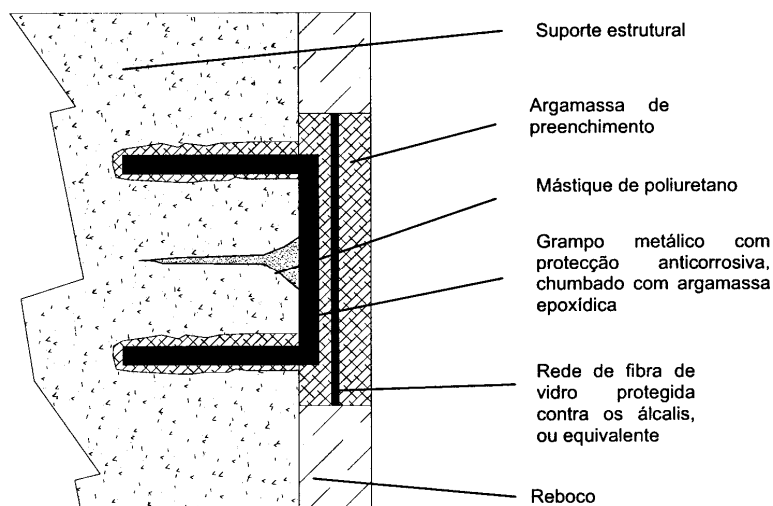


Figura 68 – Tipologia de reparação local da fenda estrutural, através do alargamento da abertura, de secção rectangular, da selagem do fundo da fenda com mástique de poliuretano, do reforço estrutural com grampo de aço e de preenchimento com argamassa armada com rede de fibra de vidro protegida contra os álcalis

5.3.1.4.1 Mástique Acrílico e Argamassa Armada

O mástique acrílico utiliza-se na reparação de paredes interiores. Pode ser utilizado em paredes exteriores desde que as fendas reparadas estejam protegidas com argamassa de preenchimento impermeável e com armadura de reforço.

O mástique acrílico é sensível à água durante a secagem, por isso as fendas devem apresentar-se secas e estabilizadas.

O mástique deve ser aplicado com uma pistola manual ou pneumática, deve aderir nas duas faces da fenda e no fundo da fenda aberta.

O mástique deve ser aplicado a fendas de abertura entre os 5mm e 20mm e de profundidade superior a 5mm. Figura 66

O mástique acrílico é um produto monocomponente, de consistência pastosa, cujo endurecimento se processa por evaporação da água.[40][43]

O mástique acrílico perde as suas propriedades elásticas e apresenta problemas de aderência a suportes com cimento, quando em contacto com a água.

5.3.1.4.2 Mástique de Poliuretano e Argamassa Armada

O mástique de poliuretano tem como função vedar o fundo da fenda, para impedir a passagem de água quando a argamassa de preenchimento de fendas é permeável à água.

O mástique de poliuretano, depois de endurecido e pintado com tintas acrílicas ou aquosas, apresenta uma elevada elasticidade, uma boa capacidade de absorção de vibrações e resistência à água.[40]

O mástique de poliuretano, pode ser aplicado a fendas de abertura entre 5mm e 25mm e profundidade superior a 5mm. Figura 67

O mástique de poliuretano tem problemas de aderência aos suportes de cimento se estão húmidos.

5.3.1.4.3 Grampeamento e Selagem com Mástique de Poliuretano, de Fendas Estruturais e Preenchimento com Argamassa Armada

Descrição

O grampeamento de fendas é utilizado para restituir localmente a resistência à tracção do suporte estrutural, onde as fendas da estrutura de suporte, de betão armado, foram transmitidas para o reboco aderente. O sistema de reforço consiste na colocação de grampos de aço, que fazem de ponte entre as duas partes divididas pela fenda.

É fundamental analisar se é ou não conveniente proceder ao reforço estrutural com grampos na zona da fenda poderá eventualmente estar a desprezar o problema noutra parte da estrutura.

A colocação de grampos faz-se ao longo da fenda, em ambas as faces da parede.

Deve ser efectuada a selagem do fundo da fenda estrutural com mástique de poliuretano, para impedir a infiltração de água na fenda.

Procede-se ao grampeamento da fenda e seu preenchimento com uma argamassa reforçada com uma armadura, de seguida um revestimento de impermeabilização reforçado e uma pintura. Figura 68

5.3.1.5 Revestimentos

5.3.1.5.1 Revestimentos de Impermeabilização

Os revestimentos de impermeabilização contribuem, como complemento de impermeabilidade à água, para que uma parede seja estanque.

Os revestimentos de impermeabilização devem limitar a quantidade de água que atinge o suporte, mas é o conjunto do revestimento e da alvenaria que permitem assegurar a estanquidade necessária.[13]

Os principais revestimentos de impermeabilização para a reparação de fendas em rebocos, existentes no mercado, são revestimentos à base de ligantes sintéticos ou revestimentos à base de ligantes mistos.

Revestimento de Impermeabilização à Base de Ligantes Sintéticos

Descrição

O revestimento de impermeabilização à base de ligantes sintéticos é, um produto monocomponente, à base de resinas acrílicas em dispersão aquosa e aditivos específicos, dotado de elevada elasticidade.

O produto, em pasta, apresenta uma viscosidade que permite uma aplicação fácil sobre superfícies verticais.

Deve ser aplicado em duas demãos, podendo ser incorporado uma armadura de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis. O produto adquire a configuração de uma membrana elástica, capaz de suportar movimentos de dilatação e de contracção causados por variações térmicas e vibrações, após a evaporação da água.[42]

Para se garantir a permeabilidade ao vapor de água, a membrana terá que ter uma espessura compreendida entre 0.4mm e 2mm.

As juntas e fendas seladas, bem como os ângulos existentes nas paredes devem ser protegidos com bandas elásticas, antes da aplicação do produto.

O revestimento de impermeabilização à base de ligantes sintéticos não deve ser aplicado em suportes húmidos ou sujeitos a humidade ascendente. A sua aplicação só é possível após a eliminação da causa da presença de água.

Modo de Aplicação

As fendas a reparar devem ser limpas, numa faixa de cerca de 20cm de largura, ao longo do seu desenvolvimento, removendo as zonas pulverulentas e friáveis.

O suporte deve estar isento de óleos e microrganismos.

Caso a parede apresente uma fendilhação generalizada do reboco, deve-se efectuar uma limpeza global da parede com água sob pressão até eliminar todos os elementos degradados e outros que possam impedir a boa aderência do produto de reparação.

Deve-se aplicar um primário à base de resinas sintéticas em solvente para promover a aderência.

Sobre a superfície limpa, deve-se aplicar uma primeira camada de revestimento com espátula, um rolo, um pincel ou por pulverização.

Deve ser efectuada uma reparação global da parede, incorporando no revestimento uma armadura de rede de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis, caso o reboco apresente uma fendilhação generalizada em toda a parede, com fendas de abertura até 1mm. As fendas no reboco de abertura superior a 1mm devem ser preenchidas previamente através de técnica de reparação adequada.

Aplicar duas ou três camadas de pintura à base de resinas acrílicas.

Revestimento de Impermeabilização à Base de Ligantes Mistos – Hidráulicos e Sintéticos

O revestimento de impermeabilização à base de ligantes mistos é, um produto formado por dois componentes, pré-doseados, que devem ser misturados em obra, à base de resinas sintéticas em dispersão aquosa e de cimentos de alta resistência, inertes, cargas, fibras sintéticas, adjuvantes e aditivos específicos. Este produto é indicado para rebocos de argamassas com incorporação de cimento.

O revestimento de impermeabilização à base de ligantes mistos deve ser aplicado em duas demãos, podendo ser incorporada uma armadura de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis.

O produto com uma espessura que pode variar entre 3mm e 4mm adquire a configuração de uma membrana elástica, após endurecimento.

O revestimento de impermeabilização à base de ligantes mistos não deve ser aplicado em suportes húmidos ou sujeitos a humidade ascendente. A sua aplicação só é possível após eliminação da causa da presença de água.

As juntas e fendas seladas, bem como os ângulos existentes nas paredes devem ser protegidos com bandas elásticas, antes da aplicação do produto.

Este produto deve ser aplicado na reparação de fendas de rebocos com argamassas de cimento até 1mm de abertura. As fendas no reboco de abertura superior a 1mm devem ser preenchidas previamente através de técnica de reparação adequada.

O método de aplicação para o revestimento de impermeabilização à base de ligantes mistos é semelhante ao descrito para o revestimento de impermeabilização à base de ligantes sintéticos.

5.3.1.5.2 Revestimentos de Ocultação da Fendilhação

A ocultação da fendilhação pode surgir por razões arquitectónicas de ordem estética, em que se pretende uma alternativa ao acabamento final por pintura; ou devido à presença periódica de uma fendilhação recorrente, onde existe dificuldade na eliminação da causa que a origina; ou por se pretender uma melhoria de isolamento térmico através da protecção térmica das fachadas.

Revestimento Constituído por Elementos Descontínuos com Fixação Independente do Suporte

A ocultação da fendilhação pode ser conseguida, pela utilização de revestimentos constituídos por elementos descontínuos, elementos de madeiras, elementos de pedra natural ou de pedra artificial constituída por partículas de pedra natural aglomeradas por resinas sintéticas, com fixação independente do suporte por intermédio de uma estrutura de madeira ou metálica que se estende ao longo de toda a parede ou através de peças metálicas para fixação pontual que suporta elementos de revestimento exterior. Apresentam uma caixa-de-ar entre o revestimento e a parede, que pode ser parcialmente preenchida por um isolante térmico.[13]

Este tipo de revestimentos exteriores apresenta estanquidade à água no caso de existir sobreposição dos elementos de reduzidas dimensões ou quando as juntas entre os elementos e os próprios elementos são estanques à água.

Também podem garantir a estanquidade, a existência de uma lâmina de ar ventilada e bem executada, cujas fixações não facilitam a passagem da água, com placas impermeáveis, mesmo com juntas abertas.

É fundamental que existam, na base deste tipo de revestimentos, dispositivos que garantam a evacuação da água infiltrada na caixa-de-ar e que a caixa-de-ar seja ventilada pelo exterior com juntas abertas, para evitar condensações prolongadas.

A aplicação deste tipo de revestimentos sem estanquidade à água não impede que a fenda seja previamente reparada com a técnica de reparação mais adequada.

Revestimento Delgado Armado sobre Isolante Térmico

Devido à necessidade de reforço do isolamento térmico, a ocultação da fendilhação, pode ser feito através da aplicação de um revestimento delgado armado sobre isolante térmico, no exterior da fachada.

As placas rígidas de isolamento térmico, de poliestireno expandido ou de lã de rocha são colados ao suporte que se deve apresentar coeso e desempenado, com um revestimento delgado à base de ligantes mistos em que predominam as resinas sintéticas.

As placas são revestidas com um revestimento com um revestimento à base de ligantes sintéticos, armada com rede de fibra de vidro protegida contra álcalis.

A armadura é inserida entre duas demãos de revestimento exterior à base de resinas sintéticas, fixadas ao suporte através de ligações pontuais de natureza mecânica, cavilhas ou grampos que atravessam o isolante.

O revestimento exterior, à base de ligantes sintéticos, deve apresentar módulos de elasticidade baixos e suficiente resistência à tracção, para resistir às variações dimensionais a que fica sujeito, sem fendilhar.

Este tipo de revestimento pode ser aplicado para qualquer dimensão da fenda, desde que estabilizada. As fendas devem ser sempre reparadas, com técnica de reparação adequada, previamente à aplicação deste revestimento.

Estes sistemas de isolamento térmico são constituídos por vários componentes que tem de ser compatíveis entre si e ter um bom funcionamento conjunto, pelo que devem ser comercializados e verificado o seu desempenho em conjunto.

5.3.1.6 Pinturas – Tela Reforçadora

Descrição

A tela reforçadora de pinturas pode ser constituída por um produto à base de monofilamentos contínuos de fibra de vidro, incorporada entre demãos de tinta, vocacionada para paredes exteriores.[47]

As tintas para paredes exteriores devem ter características de boa aderência à base de aplicação, resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos, aos fungos ou algas, impermeabilidade à água, permeabilidade ao vapor de água, boa resistência à intempérie e estabilidade de cor.

As telas de fibras introduzidas, permitem reforçar o sistema de pintura, evitando a fendilhação da película seca. Dá à pintura propriedades de impermeabilização à água, elevada resistência à abrasão, aos álcalis e a ambientes quimicamente agressivos, elevada durabilidade e boa retenção de cor.[47]

Modo de Aplicação

As fendas a reparar devem ser limpas, numa faixa de cerca de 20cm de largura, ao longo do seu desenvolvimento, removendo as zonas pulverulentas e friáveis.

O suporte deve estar isento de óleos e microrganismos.

Caso a parede apresente uma fendilhação generalizada do reboco, deve-se efectuar uma limpeza global da parede com água sob pressão até eliminar todos os elementos degradados e outros que possam impedir a boa aderência do produto de reparação.

As fendilhações devem ser reparadas, através da técnica de reparação mais adequada para o tipo de fenda.

Deve-se aplicar um primário para promover a boa aderência para as películas de tintas seguintes, com trincha, pincel, espátula, talocha ou rolo.

Deve-se aplicar uma primeira demão de tinta sobre a superfície seca e limpa, com trincha, pincel, espátula, talocha ou rolo.

Deve-se fixar a tela reforçadora de pinturas sobre a superfície recém pintada. A tela deve ser aplicada de modo a criar uma superfície lisa e não ficar sobreposta.

Deve-se aplicar uma segunda demão de tinta sobre a tela reforçadora de pinturas.

Finalmente aplicar a tinta de acabamento à base de resinas acrílicas.

5.3.2 Fendas Não Estabilizadas

5.3.2.1 Injecção de Produtos à Base de Produtos Orgânicos – Resinas Acrílicas

Descrição

As resinas acrílicas são um ligante orgânico que apresenta características de excelente resistência ao envelhecimento, excelente retenção de brilho e de cor, boa flexibilidade, boa permeabilidade ao vapor de água, boa resistência a ácidos e aos álcalis.[15]

As resinas acrílicas, dado as suas características de boa elasticidade, tornam este produto indicado para a reparação de fendilhações não estabilizadas, abertura superior a 0.2mm.

A selagem das fendas deve ser protegida com um revestimento à base de ligantes sintéticos, elástico, capaz de acompanhar os movimentos da fenda e impermeável à água.

O processo de aplicação, relativo à injecção de resinas acrílicas para a reparação de fendilhações não estabilizadas no reboco é equivalente ao descrito para as resinas epoxídicas.

5.3.2.2 Selagem Flexível

Descrição

Uma fenda de dimensão normal, qualquer movimento implica grandes tensões se o selante for aplicado na dimensão a fenda. De modo a reduzir as tensões instaladas, o movimento deve mobilizar a maior área possível de selante.

A selagem flexível pode ser efectuada através do alargamento da fenda e do seu preenchimento com um material selante, o mais flexível possível, de modo a dissipar as tensões que lhe são transmitidas, ou seja, é criada uma junta de movimentação da fenda.

A selagem flexível pode ser também efectuada através da aplicação de uma banda elástica, não adesiva, na zona da fenda, ao longo do seu desenvolvimento, sendo aplicada isoladamente sem mástique.

A banda elástica pode também ser aplicada sobre a fenda selada com mástique, sob revestimento impedindo a aderência do revestimento, que deve ser armado com rede na zona da fenda, possibilitando uma melhor distribuição do efeito dos movimentos da fenda.

Nas fendas não estabilizadas, o revestimento deve ser bastante elástico para acompanhar os movimentos da fenda e protegê-la da infiltração de água. Este produto à base de polímeros de látex, armado com fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis, pode ser aplicado em mais do que uma camada.

5.3.2.2.1 Criação de Juntas de Movimentação da Fenda

Descrição

As fendas não estabilizadas, com traçado regular e com grande variação de abertura, devem ser transformadas em juntas de movimentação.

A técnica de reparação consiste em assumir juntas de movimentação, nas zonas onde as fendilhações foram criadas devido a movimentos não previstos.

O fundo da fenda deve ser delimitado com material compressível, cordão de espuma de polietileno ou poliuretano, e aplicado material elástico, mástique sobre as duas faces laterais da fenda, de modo a permitir o acompanhamento do movimento da fenda. Figura 69

Em fendas de rebocos, deve ser utilizado a mástique de poliuretano, nas selagens flexíveis.

O mástique de poliuretano apresenta um comportamento elástico, retomando as suas dimensões originais quando cessa a aplicação da força.

No dimensionamento da mástique de poliuretano, a relação entre a sua largura e profundidade deve ser de 2:1.

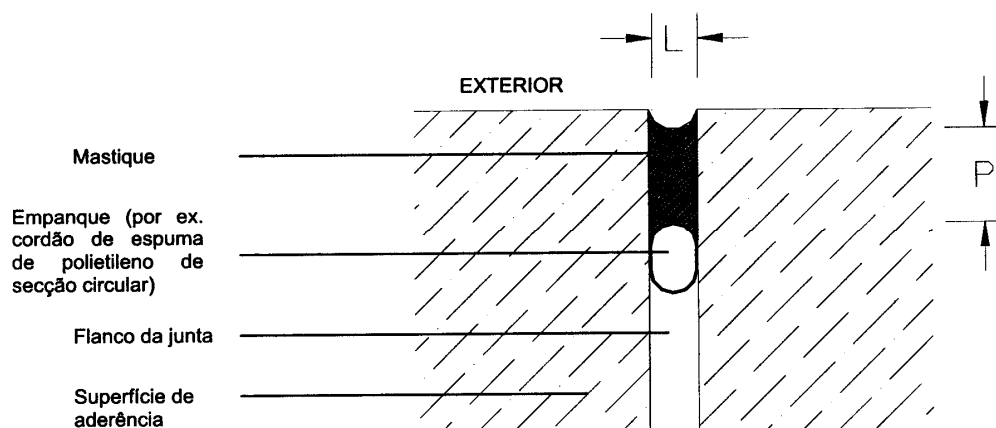


Figura 69 – Tipologia de corte horizontal de junta de movimentação

L – Largura da junta; P – Profundidade da mástica.[43]

Método de Aplicação

O método de aplicação de selagem flexível consiste no alargamento, preparação e preenchimento das fendilhações a reparar.

Alargamento das Fendilhações a Reparar:

O alargamento da fenda em “V” Figura 70, ou com secção rectangular Figura 71, é feito ao longo da face exposta, numa largura entre 5mm e 25mm e numa profundidade entre 5mm e 10mm.

Preparação das Fendilhações a Reparar:

A eliminação de todos os vestígios de tintas, algas, óleos, poeiras, sais solúveis, elementos degradados e outros que possam impedir a boa aderência do produto de reparação.

A superfície das fendas a reparar deve ser limpa e seca com ar comprimido e deve apresentar uma boa coesão superficial e regularidade satisfatória.

Preenchimento das Fendilhações a Reparar:

A aplicação de uma banda elástica sobre a fenda.

A banda só é adesiva nos seus limites laterais, não deve aderir na zona de contacto com a fenda.

A aplicação do empanque, cordão de espuma de polietileno de secção circular, deve ficar comprimido contra as faces laterais da fenda. O seu diâmetro deve ser 1/3 superior à largura da fenda quando a profundidade desta for superior a 5mm.

A aplicação da mástique de poliuretano é feita contra o empanque com ajuda de uma espátula, uma pistola manual ou pneumática.

O mástique deve ser comprimido com uma espátula depois de aplicada. A fenda deve ser completamente preenchida, sem vazios ou bolsas de ar no interior ou junto às superfícies de aderência.

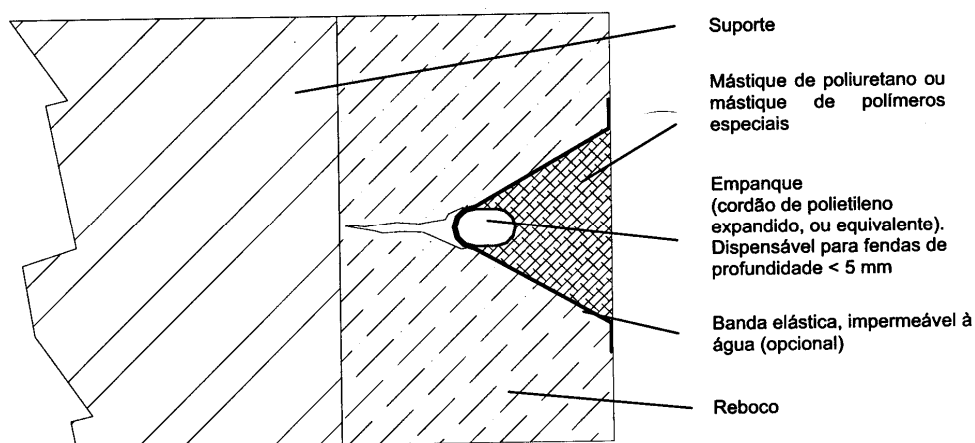


Figura 70 – Tipologia de junta de movimentação da fenda, através do alargamento da abertura, de seção em “V”, e da aplicação de uma selagem flexível, com banda elástica e mástique de poliuretano

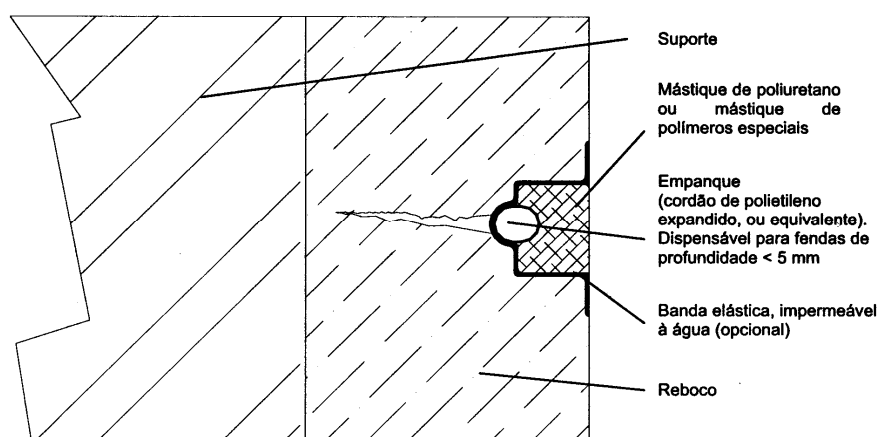


Figura 71 – Tipologia de junta de movimentação da fenda, através do alargamento da abertura, de seção rectangular, e da aplicação de uma selagem flexível, com banda elástica e mástique de poliuretano

Operações Finais

A aplicação do revestimento, elástico e armado com rede, pode ser dispensado quando a selagem é realizada com mástiques de polímeros especiais.

5.3.2.2 Banda Elástica e Impermeável

A banda elástica é utilizada na reparação de fendas não estabilizadas, localizadas, com um traçado regular e abertura superior a 5mm.

A banda elástica, impermeável à água, é fornecida em rolos com 15cm a 25cm de largura e 1mm a 2mm de espessura, podendo ser adesiva nos seus limites laterais.

A banda elástica não deve aderir na zona de contacto com a fenda, só deve ser unida nos seus limites laterais. Figura 72

A banda elástica é colada lateralmente ao suporte através de um adesivo elástico à base de resinas sintéticas, epoxídicas, resistente à água e ao gelo.

O revestimento a aplicar deve ser elástico e armado com rede.

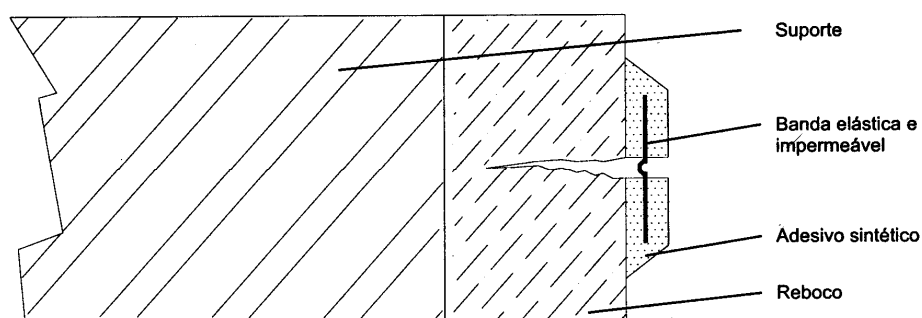


Figura 72 – Tipologia de selagem flexível, com banda elástica e adesivo sintético [39]

Método de Aplicação

O método de aplicação de bandas elásticas, em fendas não estabilizadas consiste nas seguintes etapas:[39]

- Preparação da base.
- Aplicação da banda elástica.
- Operações finais.

A preparação da base consiste em eliminar todos os vestígios de tintas, algas, óleos, poeiras, sais solúveis, elementos degradados e outros que possam impedir a boa aderência do produto de reparação.

O adesivo deve ser aplicado sobre uma base firme.

A aplicação da banda elástica deve ser feita com espátula ou talocha, em ambos os lados da fenda, de uma camada de adesivo à base de resinas epoxídicas, de espessura entre 1mm e 2mm.

A banda elástica deve ser colocada na sua posição definitiva, envolvida no adesivo sintético pelo menos 6cm de cada lado da banda.

A banda elástica deve ser pressionada com um rolo ou com uma espátula, aplicar mais adesivo sintético, deixando livre a parte exposta aos movimentos da fenda. No caso de fendas muito largas, a banda deve ser colocada até ao interior da fenda, formando fole. Figura 72

Finalmente aplicar revestimento de impermeabilização à base de ligantes sintéticos, elástico e armado com rede, capaz de resistir às deformações provocadas pelos movimentos da fenda.

5.3.2.2.3 Dessolidarização Local do Revestimento

A selagem flexível pode ser executada através do alargamento da fenda e da sua vedação com um material flexível; da aplicação de uma banda elástica e impermeável sobre a zona da fenda vedada e do revestimento elástico e armado.

A banda elástica, ao longo do seu desenvolvimento, não deve aderir na zona de contacto com a fenda, nem aderir ao revestimento nessa zona, para permitir a distribuição do efeito dos seus movimentos por uma zona mais larga de revestimento. Figura 73

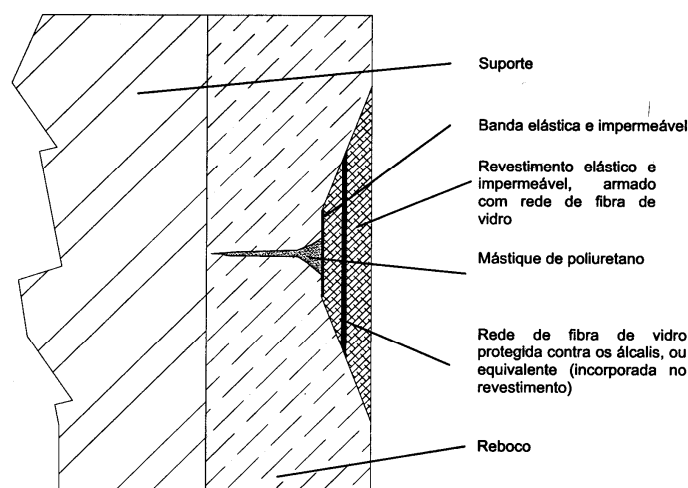


Figura 73 – Tipologia de dessolidarização local do revestimento [12]

5.3.2.3 Revestimentos

5.3.2.3.1 Revestimentos de Impermeabilização

Os revestimentos utilizados na reparação de fendas não estabilizadas, em rebocos tradicionais, são revestimentos de impermeabilização à base de ligantes sintéticos. Podem ser utilizados revestimentos de impermeabilização à base de ligantes mistos, hidráulicos e sintéticos, desde que armados, contenham um maior teor de ligantes sintéticos que melhorem a sua elasticidade e garantam a eficaz permeabilidade ao vapor de água.

Os revestimentos de impermeabilização aplicados em fendas não estabilizadas devem ter sempre incorporada armadura, rede de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis devidamente seleccionada.

A pintura a aplicar sobre o revestimento deve também ser reforçada com fibras.

5.3.2.3.2 Revestimentos de Ocultação da Fendilhação

Na ocultação da fendilhação, com fins meramente decorativos, podem ser utilizados revestimentos constituídos por elementos descontínuos, com fixação independente do suporte ou revestimento delgado, armado sobre isolante térmico.

As fendas não estabilizadas devem ser reparadas com uma selagem flexível antes da aplicação do revestimento.

5.3.2.4 Pinturas – Tela Reforçadora

Descrição

A descrição e o método de aplicação, de uma tela reforçadora de pinturas para fendas não estabilizadas, são semelhantes aos apresentados anteriormente, para fendas estabilizadas.

As fendas não estabilizadas devem ser reparadas com uma selagem flexível antes da aplicação deste revestimento.

A tela reforçadora de pinturas, em fendas não estabilizadas, pode ser incorporada, se necessário, mais do que uma vez, entre demãos de tinta.

5.4 Metodologia para a Escolha da Técnica de Reparação de Fendas de Rebocos Tradicionais mais Adequada

Na selecção da técnica de reparação da fendilhação em rebocos tradicionais, interessa aferir se a fenda já atingiu a sua configuração definitiva, apresentando-se estabilizada, ou se ainda está sujeita a movimentos cíclicos, monótonos ou aleatórios.

Caso a fenda não se encontre estabilizada, deve-se tentar proceder à sua estabilização e reparar com um material de selagem flexível.

O processo para a estabilização da fendilhação está directamente relacionado com a causa que a originou e tem de ser analisado para cada caso.

Em casos extremos, se a abertura da fenda for muito grande, como acontece em fendas originadas por assentamentos diferenciais, pode ser necessário intervir ao nível da estrutura e da arquitectura, quer por exigências de estabilidade, quer por incapacidade de ser efectuada uma reparação eficaz.

As fendas devem ser sempre reparadas depois de atingida a sua estabilização e para a abertura máxima prevista. A fenda deve ser reparada através de uma selagem flexível se são previstos movimentos posteriores.

Consideram-se desprezáveis, em relação à penetração da água das chuvas, as fendilhações de abertura inferior a 0.1mm. A reparação pode consistir na aplicação de um sistema de pintura com uma tela ou fibras incorporadas.

As fendilhações estabilizadas, de abertura superior a 0.1mm e inferior a 1mm, distribuídas na parede, podem ser reparadas através da aplicação de um revestimento elástico e armado.

Para aberturas superiores a 1mm é necessário proceder ao preenchimento prévio das fendas e depois a aplicação do revestimento.

Estando a fenda localizada, transmitida da estrutura de suporte ao reboco que lhe está aderente, deve ser feito o reforço da estrutura nessa zona, que poderá passar pelo grampeamento da fenda no suporte estrutural, em ambas as faces da parede.

A reparação de fendilhações não estabilizadas deve ser efectuada através do seu preenchimento com uma selagem flexível, seguida da aplicação de um revestimento elástico e armado.

Nas fendas de abertura superior a 2mm deve ser garantida a não solidarização do revestimento das fendas, através de uma banda elástica.

Se as fendas de abertura superior a 2mm apresentarem uma grande variação de abertura e um traçado regular, devem ser criadas juntas de movimentação da fenda.

Se as fendas, forem localizadas, de abertura superior a 5mm, devem ser aplicadas bandas elásticas que formem um fole no interior da fenda.

Se as fendilhações não estabilizadas são transmitidas da estrutura de suporte para o reboco que lhe está aderente, deve ser efectuado o estudo prévio do reforço estrutural.

As fendilhações de origem térmica, que apresentem uma abertura não estabilizada, de movimento cíclico, devem ser reparadas através da criação de juntas de movimentação de fendas, que vão permitir os movimentos de origem térmica, sem restrições.

As técnicas de reparação propostas resultam de uma pesquisa de mercado, através de documentação recolhida, de entrevistas e posterior análise e tratamento.

O estudo das técnicas de reparação em questão teve como base levantamentos realizados nas empresas de especialidade onde se inclui a contribuição das suas experiências na área.

As técnicas de reparação propostas dependem fundamentalmente, do grau de estabilização da fenda, da sua largura, profundidade e localização.

No Quadro V apresentam-se os valores exigidos para a abertura e profundidade das fendas, que se aplicam à maioria dos produtos de reparação existentes no mercado.

Quadro V - Síntese das técnicas de reparação de fendas [44]

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	

R-A INJEÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE LIGANTES ORGÂNICOS

R-A1 epoxidas	Resinas	[0,2 a 5]	>25	-	-	<p>As resinas epoxidas apresentam propriedades mecânicas muito superiores às da alvenaria e do reboco aderente. São utilizadas quando se pretende reforçar a resistência mecânica da parede. São materiais rígidos, impermeáveis ao vapor de água e irreversíveis. Constituem uma técnica de reparação onerosa e delicada, pouco recomendada na reparação de fendas de rebocos. Não deve ser utilizada em rebocos de argamassa de cal.</p>
------------------	---------	-----------	-----	---	---	--

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	
R-A2 Resinas acrílicas	–	–	[0,2 a 5]	>25	Para rebocos com argamassas com cimento.

R-B INJEÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE CAL

R-B1 Cal hidráulica	[0,5 a 5]	[15 a 100]	–	–	Recomendado para rebocos de argamassas de cal, isentas de cimento, aderentes a alvenaria antiga de pedra, tijolo ou mistas. A granulometria do produto a injectar depende da dimensão da abertura das fendas.
---------------------	-----------	------------	---	---	---

R-C ARGAMASSAS DE PREENCHIMENTO

R-C1 Argamassa de cimento com fibras sintéticas	>5	>5	–	–	Para rebocos com argamassas com cimento (máximo 20-30mm de espessura de argamassa por camada). Para profundidades superiores a 10-20mm, é conveniente
R-C2 Argamassa de cimento modificada com polímeros	>5	>5	–	–	

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	
					aplicar uma rede de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis ou rede metálica com protecção anti-corrosiva
R-C3 Argamassa isenta de cimento com fibras sintéticas	>20	>20	-	-	Para rebocos de argamassas de cal (máximo 20-30mm de espessura de argamassa por camada).

R-D SELAGEM COM MÁSTIQUE E ARGAMASSA ARMADA

R-D1 Mástique acrílico	[5 a 20]	>5-10	-	-	A argamassa de preenchimento pode ser adjuvada com resinas e/ou ter a adição de fibras sintéticas cortadas. Pode ainda ser reforçada com uma rede, em geral, rede de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis.
R-D2 Mástique de poliuretano	[5 a 25]	>5-10	-	-	
R-D3 Grampeamento e selagem com mástique, de fendas estruturais, e preenchimento com argamassa armada					

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	

R-E SELAGEM FLEXÍVEL

R-E1 Criação de juntas de movimentação da fenda	-	-	[5 a 25]	>5-10	Para fendas não estabilizadas, com traçado regular e com grande variação de abertura. O fundo da fenda deve ser delimitado com material compressível (cordão de espuma de polietileno ou de poliuretano) e aplicado mástique de poliuretano ou mástique de polímeros especiais. Pode incorporar uma banda elástica e impermeável, aplicada directamente sobre a fenda aberta, adesiva nos seus limites laterais e não aderente na zona de contacto com a fenda.
---	---	---	----------	-------	---

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	
R-E2 Banda elástica impermeável			>5	Qualquer	A banda deve ser unida nos seus limites laterais, através de um adesivo (elástico) à base de resinas sintéticas (epoxídicas), não devendo aderir na zona de contacto com a fenda.
R-E3 Dessolidarização local do revestimento			[5 a 25]	>5-10	A banda, polimérica, deve ser aplicada sobre a fenda, previamente vedada com mástique de poliuretano. Não deve aderir na zona de contacto com a fenda, ao longo do seu desenvolvimento, nem aderir ao revestimento nessa zona.

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	

R-F REVESTIMENTOS

R-F1 Revestimento de impermeabilização à base de ligantes sintéticos	<1	<1	<1	<1	Revestimento impermeável à água, permeável ao vapor de água e de elevada elasticidade. As fendas de abertura superior a 1mm devem ser previamente reparadas. Deve ser incorporada uma armadura de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis, ou equivalente, entre demãos. Em função da armadura seleccionada, o revestimento pode resistir a movimentos do suporte. A espessura total da membrana pode variar entre 0,4mm e um máximo de 2mm.
--	----	----	----	----	---

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	
R-F2 Revestimento de impermeabilização à base de ligantes mistos (hidráulicos e sintéticos)	<1	<1	<1	<1	É recomendado para rebocos de argamassa com incorporação de cimento. As fendas de abertura superior a 1mm devem ser previamente reparadas. Deve ser incorporada uma armadura de fibra de vidro protegida do ataque dos álcalis, ou equivalente, entre demãos. Em função da armadura seleccionada e do teor de ligantes sintéticos, o revestimento pode resistir a movimentos do suporte (neste caso deve ser aplicado posteriormente um revestimento por pintura reforçado com fibras). A espessura total da

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	
					membrana pode variar entre 3mm e 4mm.
R-F3 Revestimento de ocultação da fendilhação, constituído por elementos descontínuos, com fixação independente do suporte	Qualquer	Qualquer	Qualquer	Qualquer	Se o revestimento for decorativo, sem estanquidade à água, a fenda deve ser previamente vedada. Apresenta menores riscos quando aplicado só a fendas estabilizadas.
R-F4	Qualquer	Qualquer	Qualquer	Qualquer	O desempenho em conjunto, dos diversos componentes do revestimento, está sujeito a Aprovação Técnica Europeia, avaliado segundo o Guia Europeu da EOTA ETAG 004

TÉCNICA DE REPARAÇÃO	FENDAS ESTABILIZADAS		FENDAS NÃO ESTABILIZADAS		Observações
	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	Abertura [mm]	Profundidade [mm]	

R-G PINTURAS

R-G1 Tela reforçadora de pinturas	<0,2-0,5	<0,2-0,5	<0,2-0,5	<0,2-0,5	A tela (em geral, de fibra de vidro) deve ser fixada sobre a primeira demão de tinta recém pintada.
-----------------------------------	----------	----------	----------	----------	---

A selecção da técnica de reparação, associada a um determinado produto e método de aplicação, passa pelo conhecimento, com maior ou menor detalhe da importância da fenda.

Neste contexto, é importante ter em conta:

- As características físicas e químicas dos materiais existentes do suporte e reboco aderente;
- A descrição da tipologia de fendilhação e apuramento da causa ou causas que a originaram, aspectos relacionados com a estabilização da fenda, a abertura, a profundidade, a localização, o desfasamento entre as duas faces da fenda e a percentagem afectada da parede;
- A idade aproximada do edifício se é construção recente, antiga, de valor patrimonial;
- Os requisitos do utilizador ou objectivo pretendido com a reparação, aspectos relacionados com o tempo e a facilidade de execução, a durabilidade, o intervalo de manutenção pretendido e o custo global;
- Os produtos de reparação disponíveis no mercado, suas propriedades físicas, químicas e seus comportamentos nas condições de serviço e de exploração;
- As condições de exposição durante a aplicação dos produtos de reparação;
- Métodos de aplicação dos produtos de reparação.

Capítulo VI

Conclusão e Desenvolvimentos Futuros

6.1 Conclusão

Considerações Finais

O presente trabalho, em argamassas tradicionais de revestimento de paredes, foi dedicado ao estudo da fendilhação e suas técnicas de reparação.

Foram definidos ao longo do trabalho:

- A caracterização das argamassas tradicionais de revestimento de paredes, constituição, função, comportamento e patologias.
- A classificação das tipologias de fendilhação mais frequentes.
- A caracterização e classificação das causas prováveis que se poderão associar às tipologias de fendilhação.
- Sistematização das principais técnicas de reparação de fendas de rebocos tradicionais.

Síntese do Trabalho

As argamassas tradicionais executam-se em obra, em três camadas, com funções específicas e diferenciadas, das quais resultam o bom comportamento dos rebocos.

A falta de mão-de-obra especializada leva à ausência de rigor na dosagem dos constituintes da argamassa, ao incumprimento do número e espessura das diferentes camadas de reboco, na preparação do suporte, amassadura e técnicas de aplicação.

Os planeamentos das empreitadas, os reduzidos prazos de execução, a não utilização de ligantes à base de cal, originam patologias de fendilhação nos rebocos tradicionais.

A fendilhação nos rebocos tradicionais é frequente e gravosa condicionando a capacidade de impermeabilização pois a água infiltra-se através das fendas do reboco.

A reparação das fendas do reboco exige uma observação da tipologia e fendilhação e o registo das respectivas características, descrições escritas, fotografias e esquemas ilustrativos.

A observação deve incidir na fenda, onde esta se localiza, no edifício e espaço envolvente.

Das informações recolhidas da observação da fenda deve constar a sua tipologia, localização, configuração, profundidade, abertura e desfasamento entre as duas faces da fenda.

Após observação e registo é necessário verificar e acompanhar a evolução da fenda, isto é verificar se a fenda se encontra ou não estabilizada através de técnicas de instrumentação.

No presente trabalho, a classificação das tipologias de fendilhação de rebocos, resulta de registos fotográficos, a fendilhações observadas em paredes exteriores de edifícios antigos e recentes, apresentados ao longo do texto com bibliografia técnica existente sobre fendilhações.

As técnicas de reparação das fendas em argamassas de rebocos tradicionais resultam de uma pesquisa de mercado através de documentação recolhida e posterior análise e tratamento.

A metodologia de reparação proposta depende da estabilização da fenda, da sua abertura e profundidade.

A reparação da fenda deve ser executada quando esta se encontra estabilizada.

A estabilização da fendilhação exige uma análise criteriosa que passa pela eliminação ou atenuação da causa que a originou.

Em casos extremos pode ser necessário intervir ao nível da estrutura e da arquitectura.

Se a estabilização da fendilhação não for viável, deve-se calcular a abertura máxima prevista, sendo necessário que a técnica de reparação a aplicar faculte a continuidade dos movimentos da fenda após a reparação, mediante uma selagem flexível.

6.2 Desenvolvimentos Futuros

No desenvolvimento deste Trabalho, foram abordados aspectos e temas que em trabalhos futuros poderão ser aprofundados.

- Desenvolver um Manual de Técnicas de Reparação de Fendas em parceria com fabricantes, aplicadores e investigadores.
- Desenvolver um programa informático que relacione determinada tipologia de fendilhação com as causas que as originaram e forneça ao utilizador as técnicas de reparação adequadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGUIAR, José; CABRITA, A. M. Reis; APPLETON, João – Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais. Volumes 1e 2 : DGOT e LNEC, 1997
- [2] APPLETON, João – Reabilitação de Edifícios Antigos. Patologias e Tecnologias de Intervenção. Edições Orion, 2003
- [3] CARVALHO, E. Cansado; OLIVEIRA, C. Sousa - Manual de construção anti-sísmica. Edifícios de pequeno porte. LNEC, Lisboa, 1985
- [4] COUTINHO, A. De Sousa - A fissurabilidade dos cimentos, argamassas e betões por efeito da sua contracção. Publicação nº. 57, Lisboa, LNEC, 1954
- [5] Curso de especialização sobre revestimento de paredes. Lisboa, LNEC, 2000
- [6] DIAS, J.L. Miranda – Fissuração de paredes de alvenaria devida ao movimento dos elementos de suporte. Comunicações do 2º. ENCORE – “ Encontro sobre conservação e reabilitação de edifícios” – Vol. II. LNEC, Lisboa, Junho/Julho 1994
- [7] Especificação do LNEC – E 372-1993 – Água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade. Lisboa, LNEC, 1993
- [8] Especificação do LNEC – E 356 – 1995 – Cimentos brancos. Composição, características e verificação da conformidade. Lisboa, LNEC, 1995
- [9] Especificação do LNEC – E 467 – 2006 – Guia para a utilização de agregados em betões de ligantes hidráulicos. Lisboa, LNEC, 2006
- [10] EUSÉBIO, Maria Isabel; RIBEIRO, Alejandro França Gomes – Tintas inorgânicas: tintas de cal e de silicatos. Cadernos de edifícios Nº. 2 Lisboa, LNEC, Outubro de 2002
- [11] HENRIQUES, Fernando M. A. – Humidade em paredes. Edifícios, série conservação e reabilitação, Lisboa, 2001, 3ª. Edição
- [12] LUCAS, J. A. Carvalho – Revestimentos para paramentos interiores de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado. Vol. II: Betão celular autoclavado – Fissuração de paredes de alvenaria em geral; Fissuração de paredes de alvenaria de betão celular autoclavado no nosso País. Relatório 109/87 – NCCt, LNEC, Lisboa 1987.
- [13] LUCAS, J. A. Carvalho - Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou betão. ITE 24, LNEC, Lisboa, 2004
- [14] MAGALHÃES, Ana Cristian - Patologia de rebocos antigos. Cadernos de edifícios Nº. 2 Lisboa, LNEC, Outubro de 2002

- [15] MARQUES, Maria Isabel Eusébio; RODRIGUES, Maria Paula - Tintas, vernizes e revestimentos por pintura para construção civil. Lisboa, LNEC 2000
- [16] MENDES da SILVA, José A.R.- Fissuração das Alvenarias – Estudo do comportamento das alvenarias sob acções térmicas. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, especialidade de Construções. - Coimbra 1998
- [17] NP EN 196-7:1990 – Métodos de ensaio de cimentos. Métodos de colheita e preparação de amostras de cimento
- [18] NP EN 196-1:1996 - Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas
- [19] NP EN 196-2:1996 – Métodos de ensaios de cimentos. Parte 2: Análise química dos cimentos
- [20] NP EN 196-3:1996 – Métodos de ensaio de cimentos. Parte 3: Determinação do tempo de presa e da expansibilidade
- [21] NP EN 197-1:2001 – Cimento – Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.
- [22] NP EN 197-2:2001 – Cimento – Parte 2. Avaliação da conformidade
- [23] NP EN 459 – 1:2002 - Cal de construção. - Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade
- [24] NP EN 459 – 2:2002 - Cal de construção: Parte 2: Métodos de ensaio.
- [25] NP EN 459 – 3:2002 - Cal de construção: Parte 3: Avaliação da conformidade
- [26] NP EN 13139:2005 – Agregados para argamassas.
- [27] NP EN 206-1:2007 – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade
- [28] PAIVA, J. A. Vasconcelos de - Humidade nas edificações. Tese para Especialista, LNEC, Lisboa, 1969
- [29] PINHO, Fernando F. S. – Paredes de edifícios antigos em Portugal. Edifícios, Série Conservação e Reabilitação, Lisboa, LNEC, 2000
- [30] RODRIGUES, M. P. S. F. de Faria – Revestimentos de impermeabilização de paredes à base de ligantes minerais. Tese de Mestrado, IST/LNEC, 1993
- [31] SANTOS, Sérgio Rodrigo Da Silva – Argamassas Pré-doseadas Para Rebocos de Edifícios Recentes – Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Militar – IST/Novembro de 2009

- [32] SILVEIRA, P. Malta da; VEIGA, Rosário; Brito, Jorge de – Os estuques antigos. Revista Arquitectura e Vida, Dezembro 2001
- [33] VEIGA, Maria do Rosário – Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação. Tese de Doutoramento. Lisboa, FEUP e LNEC, 1997
- [34] VEIGA, M. Rosário – Ficha de Ensaio de revestimentos de paredes FE Pa 37. Revestimentos de ligantes minerais, para paredes. Ensaio de susceptibilidade à fendilhação. Lisboa, LNEC, Março de 1998
- [35] VEIGA; Maria do Rosário; CARVALHO, Fernanda – Argamassas de reboco para paredes de edifícios antigos: requisitos e características a respeitar. Cadernos de edifícios N.º.2 Lisboa, LNEC, Outubro de 2002
- [36] VEIGA, Maria do Rosário; CARVALHO, Fernanda; AGUIAR, José; SILVA, António Santos – Conservação e renovação de revestimentos de paredes de edifícios antigos. Edifícios, Série Conservação e Reabilitação. Lisboa, LNEC, 2004
- [37] VEIGA, Maria do Rosário – Comportamento à fendilhação de rebocos: Avaliação e melhoria. Cadernos de Edifícios N.º.3 Lisboa, LNEC, Setembro de 2004
- [38] <http://www.basf-cc.pt> [2009.02.09]
- [39] <http://www.bostik.pt> [2009.03.27]
- [40] <http://www.denbraven.pt> [2009.02.20]
- [41] <http://www.lisboa-renovada.net> [2009.02.16]
- [42] <http://www.mapei.pt> [2009.03.27]
- [43] <http://matesica.com> [2009.02.09]
- [44] <http://www.maxit.pt> [2009.03.31]
- [45] <http://www.technokolla.com> [2009.02.20]
- [46] <http://www.vimaplas.pt> [2009.02.16]
- [47] <http://www.vivianregina.com> [2009.02.20]
- [48] <http://www.weber-cimenfix.com> [2009.02.16]


ANEXOS

FICHA 1



ISEL

FICHA DE DIAGNÓSTICO E REPARAÇÃO: REBOCO

DESIGNAÇÃO	FICHA DE DIAGNÓSTICO E REPARAÇÃO DE FISSURAS EM PAREDES DE VARANDA	 <p>VARANDA COM LAJE EM CONSOLA</p>
ELEMENTO	PAREDE ASSENTE LAJE EM CONSOLA	
LOCALIZAÇÕES	VARANDA	
FORMAS DE INTERVENÇÃO	ELIMINAR AS CAUSAS QUE LEVARAM À FORMAÇÃO DE FISSURAS DE GRANDE ESPESSURA TORNANDO-AS ESTÁVEIS.	
CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	- BETÃO ARMADO. - ALVENARIA DE TIJOLO FURADO. -REBOCO TRADICIONAL.	

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

- Fissuração nas juntas de ligação entre materiais diferentes, alvenaria de tijolo furado e betão ou entre duas fiadas sucessivas de tijolo.
- Fissuração em ladrilhos de revestimento do pavimento.
- Manchas de humidade nos paramentos interiores.

EXAME

- Trata-se de lajes em consola, em betão armado com espessura de 0.10m e vão de 1.00m.
- As guardas, nas pontes paralelas às fachadas, são em betão armado, com 0.10m de espessura e, nas zonas laterais das varandas são em alvenaria de tijolo furado 0.30x0.20x0.07m.
- O revestimento do piso é de ladrilhos cerâmicos com pequena espessura, aproximadamente 0.05m.
- A varanda que se observa na figura sofreu algumas alterações de modo a permitir o aproveitamento do espaço com um pequeno local de estudo. Surgiu, assim, algum mobiliário de apoio – secretária cadeira e uma estante metálica para livros que foi fixada à parede onde são visíveis as fissuras de maior espessura.

DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS

- As fissuras, quer nos revestimentos de argamassa, quer nos ladrilhos de revestimento do piso, resultam de fissuração excessiva das lajes em consola.
- Na varanda as cargas actuantes são o peso próprio da laje e das guardas e, esporadicamente, o peso das pessoas.
- No pequeno espaço da varanda verificou-se um aumento considerável das cargas actuantes. Além do maior peso próprio das “guardas” e do vão envidraçado, há uma carga considerável da estante de livros. A maior espessura das fissuras, o aparecimento de humidade no interior da habitação e fissuras nos ladrilhos, resultam do acréscimo das deformações.

DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS (continuação)

- A ocorrência de fissuras de pequena espessura no revestimento das guardas da varanda, julga-se estar associada a diminuição da resistência estrutural da laje, provocada por insuficiente altura útil das armaduras, reduzida, provavelmente, durante a fase de betonagem da laje, quando da construção inicial.

REPARAÇÃO

- Antes de iniciar qualquer reparação deverá verificar-se a segurança estrutural das lajes, dado que o excesso de deformação pode resultar da falta de resistência das mesmas. Na presente situação, tal procedimento é indispensável, pois o comportamento das lajes, nas condições de serviço previstas no projecto inicial, pode considerar-se adequado: as fissuras de pequena espessura, apresentando-se mais visíveis devido à deterioração daquele por acção das águas das chuvas.

Se assim for, deverá começar-se:

- Eliminar as causas que levaram à formação de fissuras de grande espessura, retirando a estante de livros fixada à parede.
- Os trabalhos dependerão das espessuras das fissuras e do grau de alteração dos revestimentos, e deverão realizar-se com as paredes bem secas e, de preferência. Depois de as fissuras estarem estabilizadas.
- As fissuras de pequena espessura, e quando o revestimento de argamassa não se apresenta deteriorado, deverá executar-se o “alegramento” das mesmas preenchendo-as com mástique adequado.
- As fissuras mais largas deverá proceder-se de modo que o mástique preencha as fissuras em toda a espessura da parede.
- Sempre que o revestimento se encontre degradado, deverá proceder-se à picagem nas zonas alteradas e à sua posterior colmatagem.
- Em qualquer situação é conveniente aplicar uma nova camada de revestimento sobre a qual se aplicará uma pintura. Nesta camada poderá incorporar-se, nas zonas das fissuras, uma armadura de fibra de vidro, resistente aos álcalis ou de rede de aço galvanizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Leal, A. – “Argamassas Tradicionais de Revestimento de Paredes: Fendilhação e sua Reparação”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ISEL, 2010.

FICHA 2



ISEL

FICHA DE DIAGNÓSTICO E REPARAÇÃO: FISSURAS EM REBOCOS

DESIGNAÇÃO	FICHA DE DIAGNÓSTICO E REPARAÇÃO DE FISSURAS EM PAREDES COM CAIXA DE ESTORE	 <p>Fissuras na ligação da alvenaria com caixa de estore e ligação entre tijolo e betão.</p>
ELEMENTO	LIGAÇÃO CAIXA DE ESTORE/FACHADA	
LOCALIZAÇÕES	PAREDE EXTERIOR	
FORMAS DE INTERVENÇÃO	ELIMINAR AS CAUSAS QUE LEVARAM À FORMAÇÃO DE FISSURAS DE GRANDE ESPESSURA TORNANDO-AS ESTÁVEIS.	
CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	- BETÃO ARMADO. - ALVENARIA DE TIJOLO FURADO. - REBOCO TRADICIONAL.	

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Trata-se de uma fissura horizontal na fachada de um edifício, no reboco, na zona de transição entre a caixa de estore e a viga de bordadura.

DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS

Causas prováveis:

Diferenças de comportamento térmico.

Falta de reforço do reboco.

Variação dimensional da laje por efeito da variação de temperatura.

REPARAÇÃO

A reparação de uma fissura horizontal na fachada processa-se do seguinte modo:

Realizar um corte irregular no revestimento de cerca de 10 cm de largura e 1 cm de profundidade, ao longo da fissura, excedendo-a, também, cerca de 10 cm, e aprofundá-lo em cunha no fundo. (Fig.1)

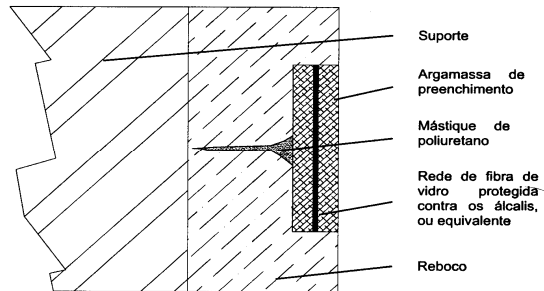


Figura 1

Selar a cunha com mástique de poliuretano e encher o corte no revestimento com argamassa armada de fibra de vidro protegida contra os álcalis.(Fig.2)

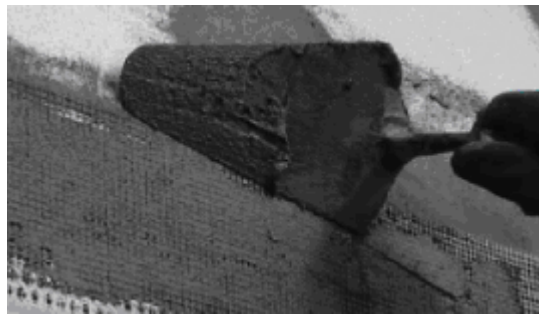


Figura 2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Leal, A. – “Argamassas Tradicionais de Revestimento de Paredes: Fendilhação e sua Reparação”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ISEL, 2010.