

**MANUAL TÉCNICO - EDIÇÃO 2024**

# Linhas gerais para a consolidação, reforço estrutural e segurança sísmica com novas tecnologias green.

Prescrições, especificações técnicas e detalhes construtivos

**kerakoll**



# Manual de consolidação

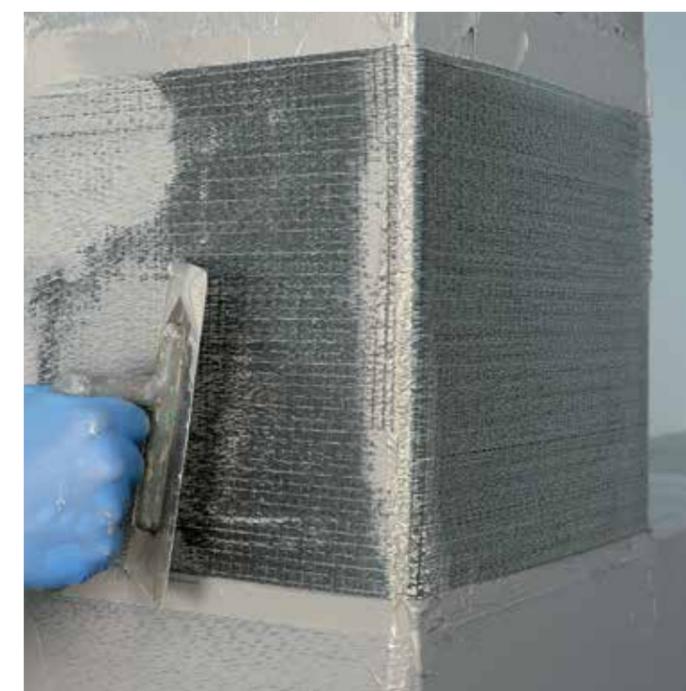
Em Portugal e no resto do mundo, numerosas patologias afectam o património edificado, em todas as suas formas: desde a construção histórica em alvenaria de variada natureza até às mais recentes estruturas em betão armado. O estudo destas patologias evidenciou aspectos relacionados com a presença de alvenarias heterogéneas e em péssimas condições de conservação, de elementos com resistência mecânica muito baixa, ou de elementos em betão armado realizados com betão de qualidade inferior ou em evidente estado de degradação.

A partir do estudo atento da mecânica dos sistemas de reforço e da interacção com os diversos materiais de construção, os nossos investigadores conceberam sistemas modernos de reforço, compostos por matrizes minerais inovadoras combinadas com novos tecidos unidireccionais em fibra de aço galvanizado de elevada resistência, com redes em fibra natural de basalto e aço inox, com fibras curtas em aço de alta resistência e com varões helicoidais em aço inox.

A primazia da nossa metodologia de investigação, conjugada com a excelência dos principais institutos de investigação nacionais italianos e externos com os quais colaboramos, assenta no desenvolvimento de sistemas de reforço capazes de se adaptarem perfeitamente à resistência e rigidez das diversas tipologias de suportes.

As combinações das matrizes Kerakoll com os tecidos em fibra de aço e em fibra de basalto constituem os inovadores sistemas de reforço estrutural de baixa espessura, que oferecem múltiplas vantagens tais como: simplicidade de aplicação e comportamento resistente, módulo de elasticidade e tenacidade superiores aos dos sistemas compósitos de reforço estrutural mais comuns.

Este Manual Técnico é um guia prático útil para projectistas e direcções de obras, para planear e dirigir a obra de modo mais simples e eficaz.



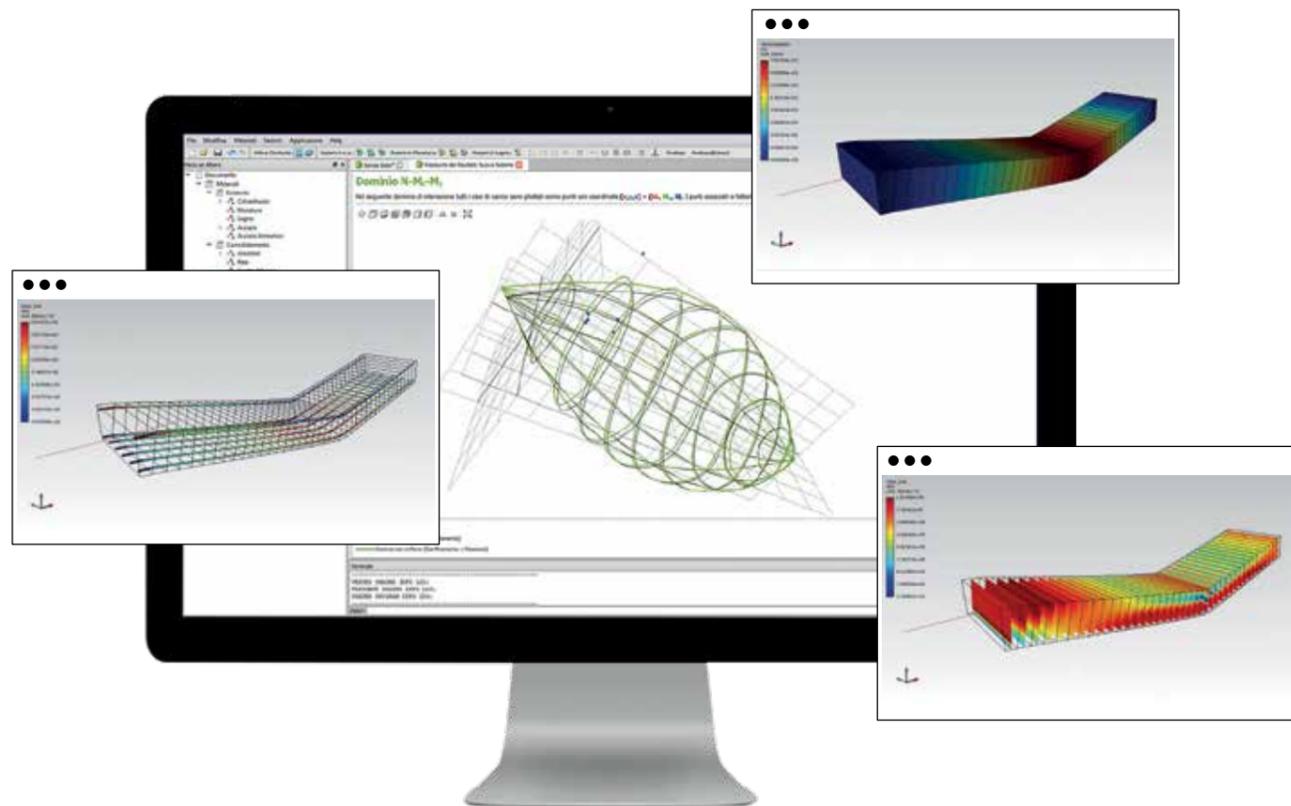
A Kerakoll é membro contribuinte e parceiro de





## GEORFORCE ONE, O SOFTWARE PARA PROJECTAR A CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL COM NOVAS TECNOLOGIAS GREEN

Geoforce one  
Software



O inovador software Geoforce One, desenvolvido e concebido pela Asdea para a Kerakoll, permite projectar e verificar secções de forma standard ou genérica em betão armado, betão armado pré-esforçado, madeira e alvenaria. Com apenas três passos simples é possível projectar e verificar o sistema de reforço no elemento estrutural.

O Geoforce One permite ainda a modelação e a análise de elementos estruturais como vigas/pilares em betão armado, paredes, lintéis, arcos e abóbadas em alvenaria e nós viga-pilar.

### 1. DEFINIÇÃO DA SECÇÃO

- Geração da geometria de secções com formas recorrentes (rectangular ou circular) através de editores específicos
- Geração da geometria de secções de formas complexas através de um ambiente CAD integrado
- Definição de varões de armadura longitudinal e transversal
- Definição de reforços à flexão, corte, confinamento e torsão
- Definição de aumentos de secção
- Definição de outros casos de carga

### 2. ANÁLISE DA SECÇÃO

- Verificações à flexo-compressão/tracção:
  - verificação do estado inicial devido às cargas presentes no momento da aplicação do reforço
  - verificação do ELS
  - verificação do ELU
- Verificações ao confinamento, corte e torsão: para secções em betão armado o modelo constitutivo do betão tem em conta o efeito do confinamento
- Verificação para outros casos de carga

### 3. VISUALIZAÇÃO E EXPORTAÇÃO DOS RESULTADOS

- Geração, visualização e exportação de relatórios detalhados
- Resumo dos materiais utilizados
- Resultados das verificações ao estado inicial e ELS
- Resultados das verificações ao ELU pré e pós-intervenção com sistemas de reforço Kerakoll
- Visualização de domínios de interacção 2D e 3D
- Visualização do gráfico momento-curvatura

### DEFINIÇÃO DO ELEMENTO ESTRUTURAL

- Geração de elementos estruturais com um editor ad hoc
- Elementos construídos a partir de um número variável de secções, e a sua localização ao longo do eixo do elemento
- Possibilidade de inserir aumentos de secção (com ou sem reforço) em arcos e abóbadas

### ANÁLISE MEF ESTÁTICA NÃO LINEAR

- Definição de cargas e condições de contorno
- Lançamento da análise estática não linear em dois passos:
  - estado inicial antes da aplicação do reforço
  - estado final com o elemento reforçado
- Modelo de viga com integração da resposta seccional usando o modelo com fibras
- Modelos constitutivos não lineares baseados na teoria da plasticidade e do dano contínuo

### VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

- Visualização gráfica dos resultados em cada passo da análise não linear
- Visualização dos gráficos de contorno para resultados nodais e de elemento
- Visualização dos gráficos de contorno para resultados seccionais:
  - estado de tensão-deformação em cada ponto da secção em fibras
  - estado dos materiais
  - factores de aproveitamento
- Gráfico da curva tensão-deformação



A ASDEA é um gabinete de engenharia constituído por profissionais que ao longo de várias décadas adquiriram uma experiência de investigação significativa ao nível internacional.

A empresa nasceu com o objectivo de oferecer soluções inovadoras altamente tecnológicas no campo da engenharia estrutural e opera activamente em diversos países, contando com mais de 300 profissionais, fornecendo em todo o mundo serviços de engenharia e arquitectura altamente especializados.



# Índice Geral

<b>SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DE ESTRUTURAS EM BETÃO ARMADO, BETÃO ARMADO PRÉ-ESFORÇADO E PRÉ-FABRICADOS</b>	9
• RECONSTRUÇÃO, REPARAÇÃO E AUMENTO DE ESPESSURA	10
• PILARES E NÓS	18
• VIGAS E LAJES	32
<b>SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO, REFORÇO E REPARAÇÃO DE PAREDES DE ENCHIMENTO EM ESTRUTURAS PORTICADAS EM BETÃO ARMADO</b>	53
• REPARAÇÃO, RECUPERAÇÃO DE LESÕES LOCAIS	54
• REFORÇO E MELHORIA GENERALIZADA	58
<b>SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DE ESTRUTURAS EM ALVENARIA PORTANTE DE TIJOLO MACIÇO, TUFO, PEDRA NATURAL, TERRA CRUA E ADOBE</b>	68
• ALVENARIA E PILARES	70
• ARCOS	114
• ABÓBADAS	122
• CÚPULAS	146
<b>APÊNDICES</b>	154



## SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DE ESTRUTURAS EM ALVENARIA PORTANTE DE TIJOLO MACIÇO, TUFO, PEDRA NATURAL, TERRA CRUA E ADOBE

### ALVENARIA E PILARES

<b>21A</b>		Reparação de lesões de alvenarias através da técnica de embricamento com argamassa à base de cal hidráulica natural pura	70
<b>21B</b>		Reparação de lesões de alvenarias através da técnica de embricamento com argamassa à base de cal hidráulica natural pura e a inserção generalizada de conexões transversais	72
<b>22</b>		Refechamento de juntas em alvenaria com argamassa à base de cal hidráulica natural pura	74
<b>23A</b>		Refechamento armado de juntas à vista através de argamassa à base de cal hidráulica natural pura e varões helicoidais em aço inox	76
<b>23B</b>		Refechamento armado de juntas em alvenaria à vista e conexões transversais através de argamassa à base de cal hidráulica natural pura, conectores e varões helicoidais em aço inox	78
<b>24</b>		Consolidação e reforço de alvenaria antiga irregular através de injeção de argamassa hiperfluida à base de cal hidráulica natural pura	80
<b>25A</b>		Consolidação e reforço de alvenaria antiga irregular através da inserção generalizada de diátonos em fibra de aço galvanizado injectados com geoargamassa hiperfluida à base de cal hidráulica natural pura	82
<b>25B</b>		Consolidação e reforço de alvenaria antiga irregular através da distribuição generalizada e reticulada de diátonos em fibra de aço galvanizado injectados com geoargamassa hiperfluida à base de cal hidráulica natural pura	84
<b>25C</b>		Conexões transversais e ligação mecânica de alvenarias antigas através da fixação a seco com varões helicoidais em aço inox	86
<b>26</b>		Reforço para acções no plano e fora do plano de alvenaria antiga através de encamisamento com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	88
<b>27A</b>		Reforço para acções no plano e fora do plano de alvenaria antiga de pedra através de encamisamento generalizado com rede em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	90
<b>27B</b>		Reforço para acções no plano e fora do plano de alvenaria antiga de bloco cerâmico maciço através de encamisamento generalizado com rede em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	92
<b>27C</b>		Reforço para acções no plano e fora do plano de alvenaria antiga em terra crua/adobe através de encamisamento generalizado com rede em fibra natural de basalto e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	94

<b>28</b>		Consolidação e reforço de panos de parede resistente através de cintagem ao nível dos pisos com bandas de tecido em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	96
<b>29</b>		Consolidação e reforço de panos de parede resistente através da sua armação com interposição de bandas de tecido em fibra de aço galvanizado nas juntas e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	98
<b>30</b>		Realização de amarrações de fachada através da instalação de bandas de tecido em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	100
<b>31</b>		Reforço de pilares em alvenaria através de confinamento com bandas de tecido em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	102
<b>32</b>		Reforço de pilares em alvenaria à vista através de confinamento pontual com varões helicoidais em aço inox inseridos a seco	104
<b>33</b>		Reforço de pilares em alvenaria à vista através de confinamento pontual com conectores em fibra de aço galvanizado injectados com geoargamassa hiperfluida à base de cal hidráulica natural pura	106

### ARCOS

<b>34</b>		Reforço e consolidação de arcos através do reforço do extradorso com bandas de tecido em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	108
<b>35</b>		Reforço e consolidação de arcos através do reforço do intradorso com bandas de tecido em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	110
<b>36</b>		Reforço e consolidação de arcos pelo intradorso através da fixação a seco de varões helicoidais em aço inox	112
<b>37</b>		Reforço e consolidação de arcos pelo intradorso através da fixação de conectores em fibra de aço galvanizado injectados com geoargamassa hiperfluida à base de cal hidráulica natural pura	114

## SOLUÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DE ESTRUTURAS EM ALVENARIA PORTANTE DE TIJOLO MACIÇO, TUFO, PEDRA NATURAL, TERRA CRUA E ADOBE

### ABÓBADAS

<b>38</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de berço através do reforço do extradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	116
<b>39</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de berço através do reforço do intradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	118
<b>40</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de berço através do reforço do extradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	120
<b>41</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de berço através de reforço do intradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	122
<b>42</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de aresta através do reforço do extradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	124
<b>43</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de aresta através do reforço do intradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	126
<b>44</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de aresta através do reforço do extradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	128
<b>45</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de aresta através do reforço do intradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	130
<b>46</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de claustro através do reforço do extradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	132

<b>47</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de claustro através do reforço do intradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	134
<b>48</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de claustro através do reforço do extradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	136
<b>49</b>		Reforço e consolidação de abóbadas de claustro através do reforço do intradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	138

### CÚPULAS

<b>50</b>		Reforço e consolidação de cúpulas através do reforço do extradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	140
<b>51</b>		Reforço e consolidação de cúpulas através do reforço do intradorso com bandas em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	142
<b>52</b>		Reforço e consolidação de cúpulas através do reforço do extradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	144
<b>53</b>		Reforço e consolidação de cúpulas através do reforço do intradorso com rede distribuída em fibra natural de basalto e aço inox e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura	146

# 34 Reforço e consolidação de arcos através do reforço do extradorso com bandas de tecido em fibra de aço galvanizado e geoargamassa à base de cal hidráulica natural pura



## PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Assegurar a picagem e remoção de eventuais camadas superiores ao arco objecto da intervenção. Onde existam lesões ou lacunas da alvenaria, é aconselhável intervir através da reconstrução da alvenaria estrutural. Remover o pó dos suportes através de aspiração. Realizar eventuais regularizações das superfícies previamente consolidadas com GEOCALCE F ANTISISMICO geoargamassa à base de cal natural pura NHL 3.5 e geoligante. Humedecer as superfícies, em caso de intradorso pintado, aplicar em alternativa o fixador consolidante superficial tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE ou RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE; no caso de suportes em gesso, isolar previamente com RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
2. Aplicação do sistema de reforço. Aplicar o sistema de reforço estrutural em fibra de aço Steel Reinforced Grout (combinação de fibra de aço e argamassa mineral à base de cal hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante), tendo o cuidado de aplicar uma faixa no extradorso, ao longo da curva directriz do arco com largura a estabelecer pelo projectista, com a aplicação prévia de uma primeira demão de GEOCALCE F ANTISISMICO, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 3 – 5 mm) para o regularizar e para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, o tecido em fibra de aço galvanizado GEOSTEEL G600, garantindo o embebimento perfeito da banda na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula e tendo o cuidado que a mesma saia por entre os cabos, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Concluir a aplicação com o barramento final protector (espessura média 2 – 5 mm), sempre realizado com GEOCALCE F ANTISISMICO, com o fim de embeber totalmente o reforço e preencher eventuais vazios subjacentes. Em caso de camadas posteriores à primeira, deve-se proceder à aplicação da segunda camada de fibra sobre a camada de matriz ainda fresca.

Para garantir uma melhor eficácia do sistema de reforço, assegurar sempre a ancoragem das extremidades do tecido em fibra de aço nas zonas de apoio geralmente posicionadas logo acima do plano da nasença do arco, tendo o cuidado de “desfibrilhar” a parte terminal da banda em fibra de aço GEOSTEEL G600, realizando um número de grupos de cabos na continuidade da banda e garantindo assim uma ancoragem contínua, procurando um alinhamento o mais tangente possível à directriz do arco. Sugere-se efectuar esses grupos fixando porções de banda com uma largura não superior a 10 cm, com realização prévia do furo. Por fim, proceder à aplicação por gravidade da geoargamassa hiperfluida GEOCALCE FL ANTISISMICO, com molhagem prévia do furo, para criar a perfeita ligação mecânica entre o tecido de reforço e o suporte em alvenaria. É possível prolongar o comprimento da ancoragem por toda a espessura do apoio e da alvenaria perimetral, ligando o reforço do arco com eventuais cintagens ao nível dos pisos.

## ADVERTÊNCIAS

Quando por exigência do projecto o tecido GEOSTEEL G600 não é suficiente para satisfazer as verificações, pode ser substituído por GEOSTEEL G1200.

Intervenção compatível com os sistemas desumidificantes Kerakoll.

## ESPECIFICAÇÃO

Reforço e consolidação de arcos através do reforço do extradorso, com a utilização de um sistema compósito com matriz inorgânica SRG (Steel Reinforced Grout), provido de Marcação CE através de Avaliação Técnica Europeia (ETA) segundo o art.º 26 do Regulamento UE n.º 305/2011 ou de certificação internacional de validade comprovada, realizado com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro, com peso líquido da fibra de cerca de 670 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G600 da Kerakoll – características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 1,57 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torsão em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; espessura equivalente da banda = 0,084 mm, embebido em geoargamassa de elevada higroscopicidade e transpirabilidade à base de cal hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, agregados de areia de sílica e calcário dolomítico de curva granulométrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 4 – tipo GEOCALCE F ANTISISMICO da Kerakoll – características técnicas certificadas: elevada eficácia em reduzir os poluentes interiores, não permite o desenvolvimento bacteriano (Classe B+) e fúngico (Classe F+) medido com o método CSTB, certificado com emissões muito baixas de COV com conformidade EC 1 Plus GEV-Emicode, emissão de CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, teor de materiais reciclados ≥ 30%. A geoargamassa natural é provida de marcação CE, classe da argamassa M15 (EN 998/2), classe de resistência R1 PCC (EN 1504-3), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), permeabilidade ao vapor de água de 15 a 35 (EN 1745), resistência à compressão aos 28 dias ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo de elasticidade 9 GPa (EN 13412), aderência ao suporte aos 28 dias > 1,0 N/mm<sup>2</sup> – FP: B (EN 1015-12). A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: picagem e remoção das camadas superiores ao arco, eventuais lesões presentes tanto no extradorso como no intradorso devem ser seladas e preenchidas com o material adequado assente com a geoargamassa; limpeza da superfície do extradorso até deixar à vista os elementos estruturais e humedificação das superfícies ou, em alternativa, aplicação de um fixador consolidante superficial; aplicação de uma primeira camada de geoargamassa, com espessura de cerca de 3 – 5 mm; com a argamassa ainda fresca, proceder à aplicação do tecido em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, ao longo da curva directriz do arco, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo do tecido e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência do tecido à matriz ou ao suporte; execução da segunda camada de geoargamassa, com espessura de cerca de 2 – 5 mm com o fim de envolver totalmente o tecido de reforço e preencher os eventuais vazios subjacentes; eventual repetição das fases de aplicação do tecido e geoargamassa em todas as camadas posteriores de reforço previstas no projecto; fixação mecânica das extremidades do tecido em fibra de aço no interior do suporte, procedendo à furação prévia dos suportes, enrolamento das extremidades do tecido em aço para serem inseridas no interior dos furos previamente realizados com selagem por gravidade final de uma geoargamassa com higroscopicidade e transpirabilidade muito alta, hiperfluida, com elevada retenção de água à base de cal natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, intervalo granulométrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 4, provida de marcação CE – tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO da Kerakoll – características técnicas certificadas: elevada eficácia em reduzir os poluentes interiores, não permite o desenvolvimento bacteriano (Classe B+) e fúngico (Classe F+) medido com o método CSTB, certificado com emissões muito baixas de COV com conformidade EC 1 Plus GEV-Emicode, emissão de CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, teor de materiais reciclados ≥ 30%. A geoargamassa natural é provida de marcação CE, classe da argamassa M15 (EN 998/2), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), permeabilidade ao vapor de água de 15 a 35 (EN 1745), resistência à compressão aos 28 dias ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo de elasticidade 9,5 GPa (EN 13412), resistência ao arrancamento do varão ancorado ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual picagem e remoção das camadas superiores ao arco, a reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; as fixações mecânicas das extremidades do tecido; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

1 Preparação e limpeza das superfícies.



2 Fixação mecânica das ancoragens com GEOCALCE FL ANTISISMICO.



3 Aplicação da primeira demão de GEOCALCE F ANTISISMICO.



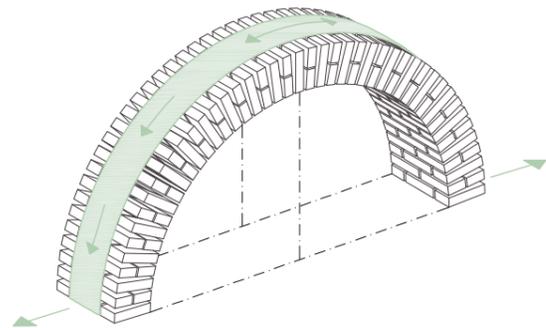
4 Instalação do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



5 Aplicação da segunda demão de GEOCALCE F ANTISISMICO.



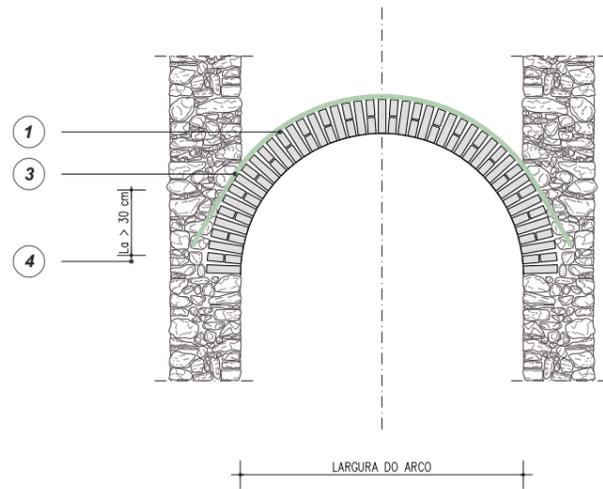
## REFORÇO E CONSOLIDAÇÃO DE ARCOS ATRAVÉS DO REFORÇO DO EXTRADORSO COM BANDAS DE TECIDO EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO E GEOARGAMASSA À BASE DE CAL HIDRÁULICA NATURAL PURA



VISTA AXONOMÉTRICA REFORÇO DO EXTRADORSO DO ARCO

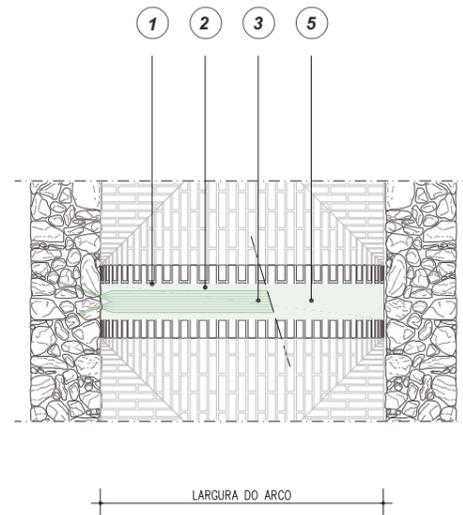
### NOTA

Os desenhos representam, a título de exemplo, um aparelho de alvenaria em pedra com um arco em tijolo, mas o esquema permanece invariável se se estiver em presença de alvenaria de tijolo ou tufo. Na presença de alvenaria muito heterogénea, é sempre aconselhável efectuar uma intervenção combinada através de injecções de argamassa (TAB 24).



ESQUEMA SISTEMAS DE REFORÇO DO EXTRADORSO COM BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

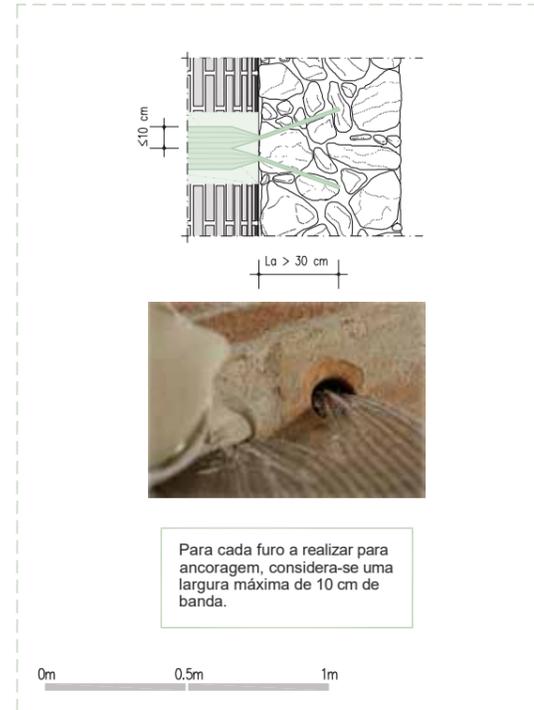
0m 0.5m 1m 2m



PLANTA SISTEMAS DE REFORÇO DO EXTRADORSO COM BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

### TIPO DE CONEXÃO RECOMENDADA



1 LIMPEZA DA SUPERFÍCIE DO EXTRADORSO DO ARCO, EVENTUAL APLICAÇÃO DO FIXADOR CONSOLIDANTE SUPERFICIAL TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** OU **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**. EVENTUAL RECONSTRUÇÃO DE VOLUMES PARA CONTINUIDADE DO MATERIAL E EVENTUAL REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM GEOARGAMASSA

2 APLICAÇÃO SOBRE O SUPORTE DE UMA PRIMEIRA CAMADA DE **GEOCALCE® F ANTISMÍCO** COM UMA ESPESSURA MÍNIMA DE 3-5 mm PARA APLICAR E EMBEBER O TECIDO DE REFORÇO

3 INSTALAÇÃO DO TECIDO **GEOSTEEL G600/G1200** COLOCADO EM BANDAS PARALELAS À DIRECTRIZ DO ARCO

Consultar o APÊNDICE C para a conexão do reforço do arco com as bandas de superfície.

4 APLICAÇÃO DO TECIDO COM UM COMPRIMENTO DE ANCORAGEM  $L_a$  DE MODO A GARANTIR O FUNCIONAMENTO CORRECTO DO REFORÇO

Aconselha-se um comprimento de ancoragem com um mínimo de 30 cm. Para mais informação, consultar o APÊNDICE A.

5 BARRAMENTO FINAL PROTECTOR COM **GEOCALCE® F ANTISMÍCO** (ESPESSURA DE 2-5 mm), PARA EMBEBER O REFORÇO E PREENCHER EVENTUAIS VAZIOS. É NECESSÁRIO GARANTIR A CURA SIMULTÂNEA DA CAMADA INICIAL E DA FINAL, QUE SERÁ ASSIM APLICADA QUANDO A PRECEDENTE AINDA ESTÁ FRESCA

### QUADRO NORMATIVO

#### Contenção de impulsos e consolidação de arcos e abóbadas

A absorção dos impulsos de estruturas em abóbada, particularmente importante no caso de evento sísmico, pode ser obtida com **tirantes e cintagens**. A posição ideal dos tirantes é acima da nascedoura dos arcos, mas frequentemente essa solução não pode ser adoptada, pelo que pode ser necessário colocar os tirantes no extradorso, desde que seja demonstrada a eficácia e a flexão resultante seja adequadamente controlada. As ligações no extradorso podem ser realizadas com elementos dotados também de rigidez à flexão (elementos de secção limitada) e adicionando tirantes inclinados a estas conexões e ancoradas ao nível das nascedouras. A realização de **contrafortes** (ou **amentos de espessura da alvenaria**) é útil para solicitações não sísmicas, mas o seu efeito em caso de acções sísmicas deve ser adequadamente avaliado, por causa de potenciais efeitos locais ligados à sua rigidez elevada. Para a consolidação de arcos e abóbadas, também é possível o recurso a técnicas de reforço no extradorso baseadas na utilização de compósitos reforçados com fibras. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Atualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018, §C8.7.4 - 5)

#### Reforço de abóbadas e arcos

Abóbadas e arcos podem ser reforçados aplicando sistemas FRCM tanto no seu extradorso como no intradorso. Em ambos os casos, o objectivo é o de suprir a falta de resistência à tracção do aparelho de alvenaria. O reforço pode ser posicionado de modo contínuo ou em bandas, e pode ser ligado à alvenaria envolvente e à abóbada por aderência, e com conectores especiais. [...] A possibilidade de conferir um comportamento dúctil ao sistema estrutural traduz-se num aumento da capacidade resistente e numa melhoria qualitativa total, tendo presente a necessidade de um modelo fiável de verificação da integridade do reforço e da conexão reforço-estrutura. (CNR - DT 215/2018 §2.1.2.2 - §4.5)

\* Para a limpeza do suporte, faz-se referência a normas de validade comprovada

# 35

## Reforço e consolidação de arcos através do reforço do intradorso com bandas de tecido em fibra de aço galvanizado e georgamassa à base de cal hidráulica natural pura



### PRESCRIÇÃO

- Preparação dos suportes. Assegurar a picagem e a remoção do reboco existente (sempre que a operação seja possível, dado que não existem mecanismos formais de avaliação da segurança), unicamente no intradorso do arco objecto da intervenção, e de todas os materiais inconsistentes ou não aderentes. Onde existam lesões ou lacunas da alvenaria, é aconselhável intervir através da reconstrução da alvenaria estrutural. Remover o pó dos suportes e humedecer as superfícies. Realizar eventuais regularizações das superfícies previamente consolidadas com GEOCALCE F ANTISISMICO georgamassa à base de cal natural pura NHL 3.5 e geoligante. Efectuar a eventual aplicação do fixador consolidante tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE ou RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, no caso de suportes em gesso isolar previamente com RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Aplicação do sistema de reforço. Realizar o sistema de reforço estrutural em fibra de aço Steel Reinforced Grout (combinação de fibra de aço e argamassa mineral à base de cal hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante), tendo o cuidado de aplicar uma faixa no intradorso ao longo da curva directriz do arco com largura a estabelecer pelo projectista, com a aplicação prévia de uma primeira demão de GEOCALCE F ANTISISMICO, garantindo sobre o suporte uma quantidade de material suficiente (espessura média 3 – 5 mm) para o regularizar e para aplicar e embeber o tecido de reforço. Posteriormente, aplicar, sobre a matriz ainda fresca, o tecido em fibra de aço galvanizado GEOSTEEL G600, garantindo o embebimento perfeito da banda na camada de matriz, exercendo uma pressão enérgica com a espátula e tendo o cuidado que a mesma saia por entre os cabos, garantindo assim uma óptima aderência entre a primeira e segunda camada de matriz. Posicionar o tecido em bandas paralelas à directriz do arco. Concluir a aplicação com o barramento final protector (espessura média 2 – 5 mm), sempre realizado com GEOCALCE F ANTISISMICO, com o fim de embeber totalmente o reforço e preencher eventuais vazios subjacentes. Em caso de camadas posteriores à primeira, deve-se proceder à aplicação da segunda camada de fibra sobre a camada de matriz ainda fresca. Para garantir uma melhor eficácia do sistema de reforço, aplicar conectores utilizando o tecido GEOSTEEL G600/G1200, preparado para obter um comprimento de ancoragem igual ao previsto e verificado pelo projectista. É responsabilidade do projectista dimensionar as eventuais distâncias entre os eixos de conectores vizinhos.

### ADVERTÊNCIAS

Consultar o APÉNDICE B para conhecer as modalidades de instalação e as prestações mecânicas dos conectores com tubo desfibrilhado, realizado com a gama de tecidos GEOSTEEL em combinação com a roseta de extremidade em polipropileno armado com fibra de vidro INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

Quando por exigência do projecto o tecido GEOSTEEL G600 não é suficiente para satisfazer as verificações, pode ser substituído por GEOSTEEL G1200.

Intervenção compatível com os sistemas desumidificantes Kerakoll.

### ESPECIFICAÇÃO

Reforço e consolidação de arcos através do reforço do intradorso, com a utilização de um sistema compósito com matriz inorgânica SRG (Steel Reinforced Grout), provido de Marcação CE através de Avaliação Técnica Europeia (ETA) segundo o art.º 26 do Regulamento UE n.º 305/2011 ou de certificação internacional de validade comprovada, realizado com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro, com peso líquido da fibra de cerca de 670 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G600 da Kerakoll – características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 1,57 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torsão em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; espessura equivalente da banda = 0,084 mm, embebido em georgamassa de elevada higroscopicidade e transpirabilidade à base de cal hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, agregados de areia de sílica e calcário dolomítico de curva granulométrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 4 – tipo GEOCALCE F ANTISISMICO da Kerakoll – características técnicas certificadas: elevada eficácia em reduzir os poluentes interiores, não permite o desenvolvimento bacteriano (Classe B+) e fúngico (Classe F+) medido com o método CSTB, certificado com emissões muito baixas de COV com conformidade EC 1 Plus GEV-Emicode, emissão de CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, teor de materiais reciclados ≥ 30%. A georgamassa natural é provida de marcação CE, classe da argamassa M15 (EN 998/2), classe de resistência R1 PCC (EN 1504-3), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), permeabilidade ao vapor de água de 15 a 35 (EN 1745), resistência à compressão aos 28 dias ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo de elasticidade 9 GPa (EN 13412), aderência ao suporte aos 28 dias > 1,0 N/mm<sup>2</sup> – FP: B (EN 1015-12).

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: eventual preparação das superfícies a reforçar, através de picagem e remoção do reboco existente, reparação de eventuais lesões através de reconstrução ou preenchimento; limpeza da superfície e humedificação da mesma ou, em alternativa, aplicação de um fixador consolidante superficial; aplicação de uma primeira camada de georgamassa, com espessura de cerca de 3 – 5 mm; com a argamassa ainda fresca, proceder à aplicação do tecido em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, tendo o cuidado de garantir um embebimento completo do tecido e evitar a formação de eventuais vazios ou bolhas de ar que possam comprometer a aderência do tecido à matriz ou ao suporte; execução da segunda camada de georgamassa, com espessura de cerca de 2 – 5 mm com o fim de envolver totalmente o tecido de reforço e preencher os eventuais vazios subjacentes; eventual repetição das fases de aplicação do tecido e georgamassa em todas as camadas posteriores de reforço previstas no projecto; inserção de conectores realizados com um tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, a ser instalado a cada 30 – 40 cm ao longo do desenvolvimento da banda, após: realização do furo de entrada, com dimensões adequadas à natureza do conector, preparação do conector metálico mediante corte, “desfibrilhamento”, e enrolamento final do tecido em fibra de aço, inserção do conector preparado no interior do furo com injeção final a baixa pressão de georgamassa com higroscopicidade e transpirabilidade muito alta, hiperfluida, com elevada retenção de água à base de cal natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, intervalo granulométrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 4, provida de marcação CE – tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO da Kerakoll – características técnicas certificadas: elevada eficácia em reduzir os poluentes interiores, não permite o desenvolvimento bacteriano (Classe B+) e fúngico (Classe F+) medido com o método CSTB, certificado com emissões muito baixas de COV com conformidade EC 1 Plus GEV-Emicode, emissão de CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, teor de materiais reciclados ≥ 30%. A georgamassa natural é provida de marcação CE, classe da argamassa M15 (EN 998/2), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), permeabilidade ao vapor de água de 15 a 35 (EN 1745), resistência à compressão aos 28 dias ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo de elasticidade 9,5 GPa (EN 13412), resistência ao arrancamento do varão ancorado ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual remoção do reboco existente e a reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; as fixações mecânicas das extremidades do tecido; os conectores e a injeção dos mesmos e todos os encargos necessários para a sua realização; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos. O preço é à unidade de superfície de reforço efectivamente aplicado em obra, incluindo as sobreposições.

1 \_\_\_\_\_

Execução dos furos guia.



2 \_\_\_\_\_

Molhagem do suporte.



3 \_\_\_\_\_

Aplicação da primeira demão de GEOCALCE F ANTISISMICO.



4 \_\_\_\_\_

Instalação do tecido em fibra de aço GEOSTEEL.



5 \_\_\_\_\_

Instalação do conector realizado com tecido em fibra de aço GEOSTEEL.

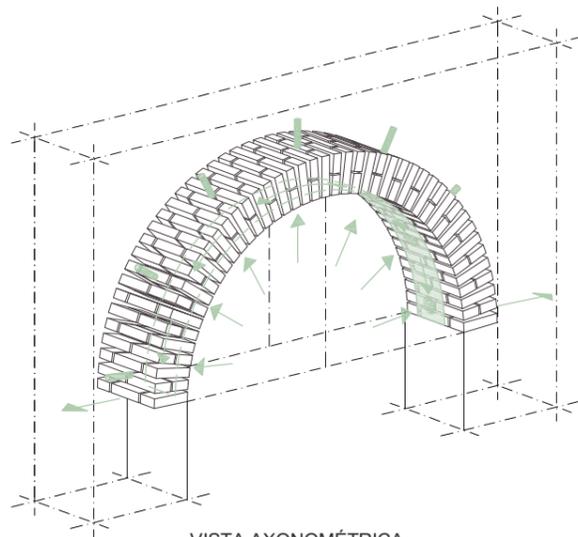


6 \_\_\_\_\_

Fixação mecânica dos conectores com GEOCALCE FL ANTISISMICO e fecho do furo de injeção com a tampa de fecho própria.



REFORÇO E CONSOLIDAÇÃO DE ARCOS ATRAVÉS DO REFORÇO DO INTRADORSO COM BANDAS DE TECIDO EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO E GEOARGAMASSA À BASE DE CAL HIDRÁULICA NATURAL PURA

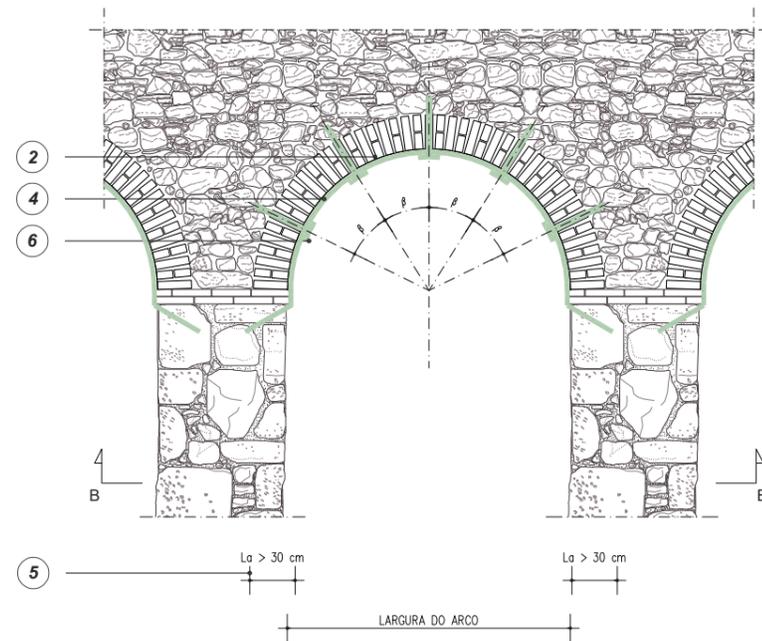


VISTA AXONOMÉTRICA REFORÇO DO INTRADORSO DO ARCO

NOTA

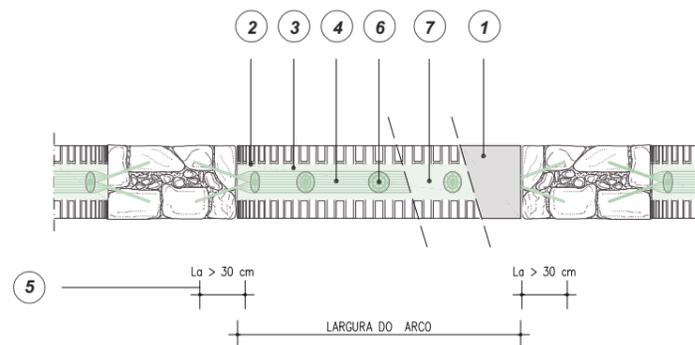
Os desenhos representam, a título de exemplo, um aparelho de alvenaria em pedra com um arco em tijolo, mas o esquema permanece invariável se se estiver em presença de alvenaria de tijolo ou tufo. Na presença de alvenaria muito heterogênea, é sempre aconselhável efectuar uma intervenção combinada através de injecções de argamassa (TAB 24). Se o arco em questão estiver apoiado sobre pilares e seja necessário consolidar também estes últimos, deve-se consultar desde a TAB 31 até à TAB 33.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



DETALHE SISTEMAS DE REFORÇO DO INTRADORSO COM BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

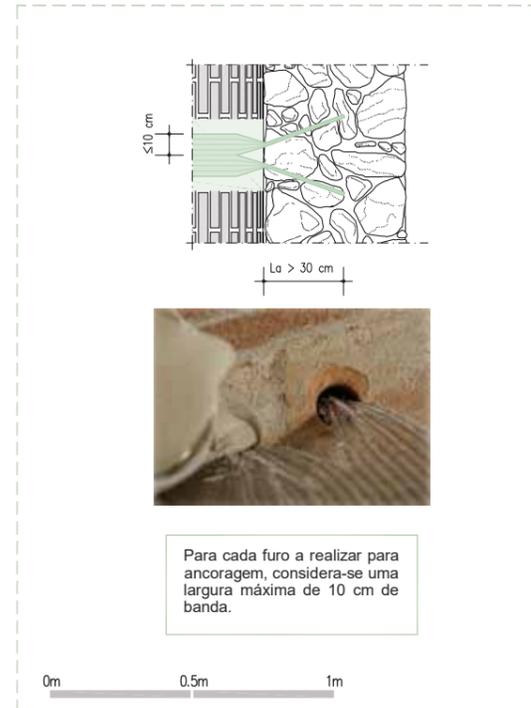
0m 0.5m 1m 2m



PLANTA B - B' SISTEMAS DE REFORÇO DO INTRADORSO COM BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

TIPO DE CONEXÃO RECOMENDADA



Para cada furo a realizar para ancoragem, considera-se uma largura máxima de 10 cm de banda.

1 EVENTUAL REMOÇÃO DO REBOCO E RECONSTRUÇÃO APÓS A INTERVENÇÃO DE REFORÇO

2 LIMPEZA DA SUPERFÍCIE DO INTRADORSO DO ARCO, EVENTUAL APLICAÇÃO DO FIXADOR CONSOLIDANTE SUPERFICIAL TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** OU **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**. EVENTUAL RECONSTRUÇÃO DE VOLUMES PARA CONTINUIDADE DO MATERIAL E EVENTUAL REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM **GEOCALCE® F ANTISISMICO**

3 APLICAÇÃO SOBRE O SUPORTE DE UMA PRIMEIRA CAMADA DE **GEOCALCE® F ANTISISMICO** COM UMA ESPESSURA MÍNIMA DE 3-5 mm PARA APLICAR E EMBEBER O TECIDO DE REFORÇO

4 INSTALAÇÃO DO TECIDO **GEOSTEEL G600/G1200** POSICIONADO EM BANDAS PARALELAS À DIRECTRIZ DO ARCO

5 APLICAÇÃO DO TECIDO COM UM COMPRIMENTO DE ANCORAGEM  $La$  DE MODO A GARANTIR O FUNCIONAMENTO CORRECTO DO REFORÇO

6 Aconselha-se um comprimento de ancoragem com um mínimo de 30 cm. Para mais informação, consultar o APÊNDICE A.

7 INSERÇÃO DE DIÁTONOS COM EXTREMIDADE DESFIBRILHADA **GEOSTEEL G600/G1200** INJECTADOS COM **GEOCALCE® FL ANTISISMICO**

Para os sistemas de reforço aplicados no intradorso, é aconselhável prever conectores mecânicos desfibrilhados para evitar fenómenos de destacamento. Consultar o APÊNDICE B e o APÊNDICE C para detalhes mais aprofundados sobre as modalidades de montagem dos conectores e a TAB 37 para as especificações do reforço de arcos através de conectores em fibra de aço.

BARRAMENTO FINAL PROTECTOR COM **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (ESPESSURA DE 2-5 mm), PARA EMBEBER O REFORÇO E PREENCHER EVENTUAIS VAZIOS. É NECESSÁRIO GARANTIR A CURA SIMULTÂNEA DA CAMADA INICIAL E DA FINAL, QUE SERÁ ASSIM APLICADA QUANDO A PRECEDENTE AINDA ESTÁ FRESCA

QUADRO NORMATIVO

Contenção de impulsos e consolidação de arcos e abóbadas

A absorção dos impulsos de estruturas em abóbada, particularmente importante no caso de evento sísmico, pode ser obtida com **tirantes e cintagens**. A posição ideal dos tirantes é acima da nascente dos arcos, mas frequentemente essa solução não pode ser adoptada, pelo que pode ser necessário colocar os tirantes no extradorso, desde que seja demonstrada a eficácia e a flexão resultante seja adequadamente controlada. As ligações no extradorso podem ser realizadas com elementos dotados também de rigidez à flexão (elementos de secção limitada) e adicionando tirantes inclinados a estas conexões e ancoradas ao nível das nascentes.

A realização de **contrafortes** (ou **umentos de espessura da alvenaria**) é útil para solicitações não sísmicas, mas o seu efeito em caso de acções sísmicas deve ser adequadamente avaliado, por causa de potenciais efeitos locais ligados à sua rigidez elevada.

Para a consolidação de arcos e abóbadas, também é possível o recurso a técnicas de reforço no extradorso baseadas na utilização de compostos reforçados com fibras. (Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018, §C8.7.4 - 5)

Reforço de abóbadas e arcos

Abóbadas e arcos podem ser reforçados aplicando sistemas FRM tanto no seu extradorso como no intradorso. Em ambos os casos, o objectivo é o de suprir a falta de resistência à tracção do aparelho de alvenaria. O reforço pode ser posicionado de modo contínuo ou em bandas, e pode ser ligado à alvenaria envolvente e à abóbada por aderência, e com conectores especiais. [...] A possibilidade de conferir um comportamento dúctil ao sistema estrutural traduz-se num aumento da capacidade resistente e numa melhoria qualitativa total, tendo presente a necessidade de um modelo fiável de verificação da integridade do reforço e da conexão reforço-estrutura. (CNR - DT 215/2018 §2.1.2.2 - §4.5)

\* Para a limpeza do suporte, faz-se referência a normas de validade comprovada

# 36

## Reforço e consolidação de arcos pelo intradorso através da fixação a seco de varões helicoidais em aço inox

### PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Não estão previstos procedimentos particulares para a preparação dos suportes, ficando, no entanto, à discricção da Direcção de Obra eventuais tratamentos preparatórios da alvenaria, como a picagem e remoção do reboco, se necessário.
2. Realização do furo guia. Efectuar o reforço de arcos pelo intradorso através da fixação a seco, iniciando pela realização de um furo guia de diâmetro adequado, em função da consistência do suporte e comprimento, se possível, igual a todo o comprimentos do varão helicoidal a instalar.
3. Instalação do varão. Instalar o varão STEEL DRYFIX 10 no interior do furo com recurso a ferramenta específica MANDRINO STEEL DRYFIX 10-12. Montar o mandril no berbequim de percussão com encaixe SDS Plus e inserir o varão no mandril. Proceder então à fixação do varão, utilizando apenas a percussão do berbequim e com pressão exercida manualmente. Inserir o varão no suporte até à fixação completa do mesmo. O espaçamento dos varões ao longo da directriz do arco deve ser determinado pelo projectista.
4. Colmatação do furo. No final da inserção do varão, preencher a extremidade do furo com a geoargamassa adequada (GEOCALCE G ANTISISMICO ou GEOCALCE F ANTISISMICO ou BIOCALCE PIEDRA), de modo a garantir a selagem perfeita e garantir uma aderência perfeita do varão ao substrato, também na parte inicial.
5. Controlo da qualidade da aderência dos varões instalados. Para aferir as prestações de aderência/extracção dos varões STEEL DRYFIX nos diversos suportes, aconselha-se a efectuar em obra ensaios de pull-out através do extractor próprio certificado da Kerakoll. Realizado esse controlo, é possível dimensionar com mais precisão a intervenção.

### ADVERTÊNCIAS

No caso de alvenarias particularmente incoerentes e pobres, é possível associar à fixação mecânica a seco a injeção através de geoargamassa hiperfluida GEOCALCE FL ANTISISMICO através de pequeno tubo instalado na extremidade do varão.

O projectista pode escolher, com base nas exigências do projecto, adoptar o varão STEEL DRYFIX 8 ou STEEL DRYFIX 12 utilizando o mandril adequado.

### ESPECIFICAÇÃO

Reforço e consolidação de arcos através de confinamento pontual e fixação a seco pelo intradorso de varões helicoidais certificados EN 845-1 em aço inox AISI 304-AISI 316, providos de marcação CE, no furo guia previamente realizado no elemento estrutural, com o eventual tratamento de reparação das superfícies degradadas, fornecidos e colocados em obra através de mandril de percussão adequado, – tipo STEEL DRYFIX 10 da Kerakoll – características técnicas certificadas: carga de rotura à tracção > 16,2 kN; carga de rotura ao corte > 9,5 kN; módulo de elasticidade > 150 GPa; deformação final à rotura 3%; área nominal 15,50 mm<sup>2</sup>.

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: eventual tratamento de reparação e preparação das superfícies degradadas; realização do furo guia de diâmetro adequado, em função do comprimento do varão e da natureza do material de suporte; instalação do varão no interior do furo (número, profundidade de ancoragem, distância entre eixos a definir pelo projetista) através de ferramenta específica – tipo MANDRINO STEEL DRYFIX 10-12 da Kerakoll; eventual colmatação do furo através de geoargamassa de elevada higroscopicidade e transpirabilidade à base de cal hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, agregados de areia de sílica e calcário dolomítico de curva granulométrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 4 – tipo GEOCALCE F ANTISISMICO da Kerakoll – características técnicas certificadas: elevada eficácia em reduzir os poluentes interiores, não permite o desenvolvimento bacteriano (Classe B+) e fúngico (Classe F+) medido com o método CSTB, certificado com emissões muito baixas de COV com conformidade EC 1 Plus GEV-Emicode, emissão de CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, teor de materiais reciclados ≥ 30%. A geoargamassa natural é provida de marcação CE, classe da argamassa M15 (EN 998/2), classe de resistência R1 PCC (EN 1504-3), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), permeabilidade ao vapor de água de 15 a 35 (EN 1745), resistência à compressão aos 28 dias ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo de elasticidade 9 GPa (EN 13412), aderência ao suporte aos 28 dias > 1,0 N/mm<sup>2</sup> – FP: B (EN 1015-12).

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. Exclui-se: a eventual reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de varão efectivamente aplicado em obra.

1

Realização do furo guia.



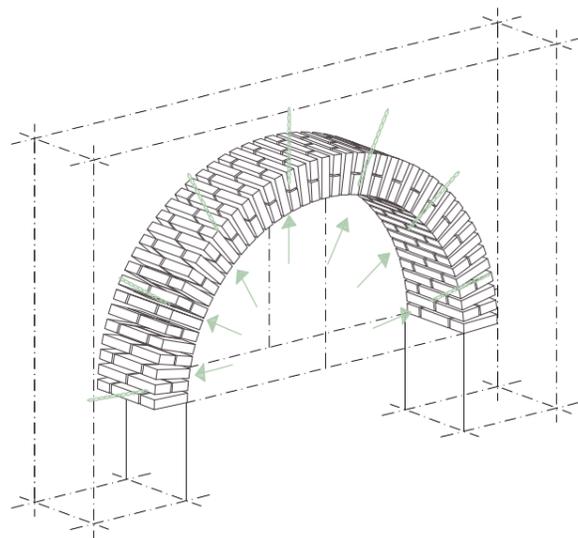
2

Instalação do varão STEEL DRYFIX no interior do furo através de ferramenta específica MANDRINO STEEL DRYFIX.



# 36

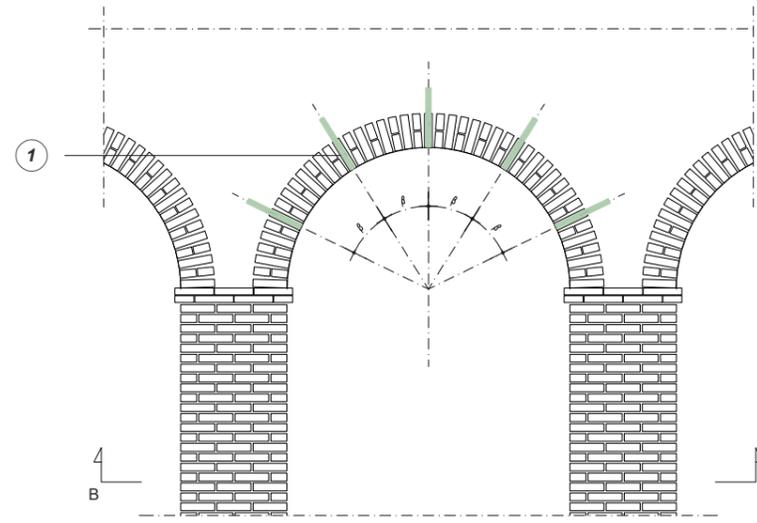
REFORÇO E CONSOLIDAÇÃO DE ARCOS PELO INTRADORSO ATRAVÉS DA FIXAÇÃO A SECO DE VARÕES HELICOIDAIS EM AÇO INOX



VISTA AXONOMÉTRICA  
REFORÇO PONTUAL DO ARCO

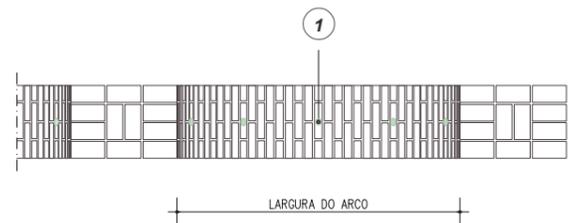
NOTA  
Os varões STEEL DRYFIX® 10, exceptuando na possibilidade de se verificar a sua instalação em obra, geralmente não podem ser projectados para intervenções de ligação mecânica em alvenaria de pedra de elevada consistência mecânica.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



DETALHE  
SISTEMAS DE REFORÇO DO INTRADORSO COM  
VARÕES HELICOIDAIS STEEL DRYFIX® 10

0m 0.5m 1m 2m



PLANTA B - B'  
SISTEMAS DE REFORÇO DO INTRADORSO COM  
VARÕES HELICOIDAIS STEEL DRYFIX® 10

0m 0.5m 1m 2m

EXTRACTOR CERTIFICADO



USO DO EXTRACTOR CERTIFICADO DA KERAKOLL PARA OS ENSAIOS PULL-OUT NA OBRA, PARA A VERIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA DOS VARÕES APLICADOS



EXTRACTOR CERTIFICADO DA KERAKOLL EM OBRA

1

INSTALAÇÃO A SECO DOS VARÕES HELICOIDAIS STEEL DRYFIX®

Os varões estão disponíveis em diferentes diâmetros e comprimentos: é responsabilidade do projectista dimensionar a intervenção, a eventual profundidade de ancoragem, a distância entre eixos tanto horizontal como vertical, entre os varões e o desenvolvimento no interior da alvenaria, a decidir em função da natureza do suporte e das necessidades estáticas a obter. Para mais informação sobre os varões helicoidais STEEL DRYFIX®, consultar o APÊNDICE B.

QUADRO NORMATIVO

**Contenção de impulsos e consolidação de arcos e abóbadas**

A absorção dos impulsos de estruturas em abóbada, particularmente importante no caso de evento sísmico, pode ser obtida com **tirantes e cintagens**. A posição ideal dos tirantes é acima da nasença dos arcos, mas frequentemente essa solução não pode ser adoptada, pelo que pode ser necessário colocar os tirantes no extradorso, desde que seja demonstrada a eficácia e a flexão resultante seja adequadamente controlada. As ligações no extradorso podem ser realizadas com elementos dotados também de rigidez à flexão (elementos de secção limitada) e adicionando tirantes inclinados a estas conexões e ancoradas ao nível das nascenças. A realização de **contrafortes (ou aumentos de espessura da alvenaria)** é útil para solicitações não sísmicas, mas o seu efeito em caso de acções sísmicas deve ser adequadamente avaliado, por causa de potenciais efeitos locais ligados à sua rigidez elevada. Para a consolidação de arcos e abóbadas, também é possível o recurso a técnicas de reforço no extradorso baseadas na utilização de compósitos reforçados com fibras.

(Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018, §C8.7.4 - 5)

# 37 Reforço e consolidação de arcos pelo intradorso através da fixação de conectores em fibra de aço galvanizado injectados com geoargamassa hiperfluida à base de cal hidráulica natural pura



## PRESCRIÇÃO

1. Preparação dos suportes. Não estão previstos procedimentos particulares para a preparação dos suportes, ficando, no entanto, à discricção da Direcção de Obra eventuais tratamentos de reabilitação e consolidação da alvenaria, como a picagem e remoção do reboco, se necessário.
2. Realização de furos. Efectuar o reforço de arcos em alvenaria à vista com a instalação de um conector em fibra de aço galvanizado UHTSS através da realização de um furo com diâmetro e profundidade de ancoragem adequados para receber o material de reforço: realizar esse furo na proximidade da junta de argamassa, assegurando, simultaneamente, a remoção da argamassa na proximidade do furo, para poder depois embeber os eventuais cabos do conector. Realizar os furos na parede através de ferramentas de rotação para carotagem contínua.
3. Preparação e instalação do conector do tipo diátono. Realizar o diátono artificial em tubo desfibrilhado com uma banda de tecido da gama GEOSTEEL de largura adequada, de modo a inserir no interior do conector o número de cabos mínimo necessário previsto no projecto para atingir as resistências de tracção exigidas; ter o cuidado de desfibrilhar a parte terminal da banda de tecido, através de corte da rede de suporte, realizando um corte paralelo aos cabos num comprimento igual ao do desfibrilhamento que se pretende aplicar sobre a alvenaria, garantindo um raio mínimo de desfibrilhamento de 10 cm. Terminado o corte do tecido, enrolar a banda sobre si mesma, tendo o cuidado de realizar um cilindro de diâmetro adequado em relação ao furo realizado. Instalar o conector no interior do furo.
4. Inserção da roseta de extremidade. Aplicar o INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL em polipropileno armado com fibra de vidro, ideal para a instalação do tubo desfibrilhado com GEOSTEEL G600 ou G1200 e para a posterior injeção de argamassas fluidas de ligação mecânica.
5. Ligação mecânica do conector do tipo diátono. Para consolidar a parede objecto do reforço e garantir a ligação mecânica com o conector metálico, efectuar uma injeção a baixa pressão (inferior a 1,5 bar) através da utilização da geoargamassa hiperfluida GEOCALCE FL ANTISISMICO, com molhagem prévia dos suportes, utilizando, como furo de injeção, o furo próprio na cabeça da roseta de extremidade. No final desta fase, fechar o INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL com a tampa respectiva. Realizar a aplicação final de GEOCALCE F ANTISISMICO para embeber o reforço.

## ADVERTÊNCIAS

Consultar o APÉNDICE B para conhecer as modalidades de instalação e as prestações mecânicas dos conectores com tubo desfibrilhado, realizado com a gama de tecidos GEOSTEEL em combinação com a roseta de extremidade em polipropileno armado com fibra de vidro INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

Intervenção compatível com os sistemas desumidificantes Kerakoll.

## ESPECIFICAÇÃO

Reforço e consolidação de arcos, pelo intradorso através da fixação de conectores realizados com diátonos artificiais realizados com tecido unidireccional em fibra de aço galvanizado com resistência muito elevada, formado por microcabos de aço produzidos segundo a norma ISO 16120-1/4 2017 fixados sobre uma microrrede em fibra de vidro – tipo GEOSTEEL G600 da Kerakoll – características técnicas certificadas da banda: resistência à tracção valor característico > 3000 MPa; módulo de elasticidade > 190 GPa; deformação final à rotura > 1,5%; área efectiva de um cabo 3x2 (5 fios) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n.º cabos por cm = 1,57 com envolvimento dos fios com elevado ângulo de torsão em conformidade com a norma ISO/DIS 17832; a carga de rotura do conector obtém-se multiplicando o número de cabos incluídos na largura do conector pela carga de rotura característica de cada cabo ≥ 1500 N.

A intervenção desenvolve-se nas seguintes fases: eventual tratamento de reparação das superfícies degradadas; realização do furo de entrada, com dimensão (diâmetro e profundidade) adequada à natureza do conector, e posterior remoção da argamassa na área adjacente ao furo realizado; preparação do conector metálico através de corte, “desfibrilhamento”, e enrolamento final do tecido em fibra de aço galvanizado, com fecho do mesmo através de braçadeira plástica; inserção do conector no interior do furo (número, profundidade de ancoragem, distância entre eixosa definir pelo projectista); inserir a roseta de extremidade – tipo INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL da Kerakoll – em polipropileno e fibra de vidro no diátono em fibra de aço de modo a dobrar em 90° a parte terminal do tubo desfibrilhado; consolidação da alvenaria e ligação mecânica do conector através de injeção a baixa pressão de geoargamassa com higroscopicidade e transpirabilidade muito alta, hiperfluida, com elevada retenção de água à base de cal natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, intervalo granulométrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 4, provida de marcação CE – tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO da Kerakoll – características técnicas certificadas: elevada eficácia em reduzir os poluentes interiores, não permite o desenvolvimento bacteriano (Classe B+) e fúngico (Classe F+) medido com o método CSTB, certificado com emissões muito baixas de COV com conformidade EC 1 Plus GEV-Emicode, emissão de CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, teor de materiais reciclados ≥ 30%. A geoargamassa natural é provida de marcação CE, classe da argamassa M15 (EN 998/2), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), permeabilidade ao vapor de água de 15 a 35 (EN 1745), resistência à compressão aos 28 dias ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo de elasticidade 9,5 GPa (EN 13412), resistência ao arrancamento do varão ancorado ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78); fixação dos cabos “desfibrilhados”, com ocultação total do conector, e refecimento simultâneo das juntas através de geoargamassa de elevada higroscopicidade e transpirabilidade à base de cal hidráulica natural pura NHL 3.5 e geoligante mineral, agregados de areia de sílica e calcário dolomítico de curva granulométrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 4 – tipo GEOCALCE F ANTISISMICO da Kerakoll – características técnicas certificadas: elevada eficácia em reduzir os poluentes interiores, não permite o desenvolvimento bacteriano (Classe B+) e fúngico (Classe F+) medido com o método CSTB, certificado com emissões muito baixas de COV com conformidade EC 1 Plus GEV-Emicode, emissão de CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, teor de materiais reciclados ≥ 30%. A geoargamassa natural é provida de marcação CE, classe da argamassa M15 (EN 998/2), classe de resistência R1 PCC (EN 1504-3), reacção ao fogo classe A1 (EN 13501-1), permeabilidade ao vapor de água de 15 a 35 (EN 1745), resistência à compressão aos 28 dias ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo de elasticidade 9 GPa (EN 13412), aderência ao suporte aos 28 dias > 1,0 N/mm<sup>2</sup> – FP: B (EN 1015-12).

Inclui-se: o fornecimento e a aplicação em obra de todos os materiais acima descritos e tudo o que seja necessário para concluir o trabalho. A quantificação da argamassa de injeção é calculada apenas para o enchimento do furo do diátono. Exclui-se: a eventual reabilitação das zonas degradadas e reparação do substrato; os ensaios de aceitação do material; os inquéritos pré e pós-intervenção; todos os meios auxiliares necessários para a execução dos trabalhos.

O preço é à unidade de conector efectivamente aplicado em obra.

\*consoante o tipo de intervenção

- 1 Realização dos furos guia.
- 2 Aplicação da primeira demão de GEOCALCE F ANTISISMICO.
- 3 Instalação do conector realizado com tecido em fibra de aço GEOSTEEL.

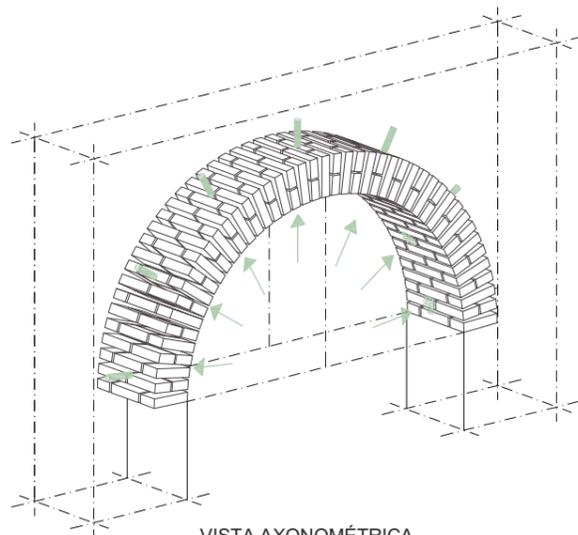


- 4 Instalação do INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.
- 5 Ligação mecânica dos diátonos com GEOCALCE FL ANTISISMICO.
- 6 Fecho do furo de injeção com a tampa de fecho própria.



# 37

REFORÇO E CONSOLIDAÇÃO DE ARCOS PELO INTRADORSO ATRAVÉS DA FIXAÇÃO DE CONECTORES EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO INJECTADOS COM GEOARGAMASSA HIPERFLUIDA À BASE DE CAL HIDRÁULICA NATURAL PURA

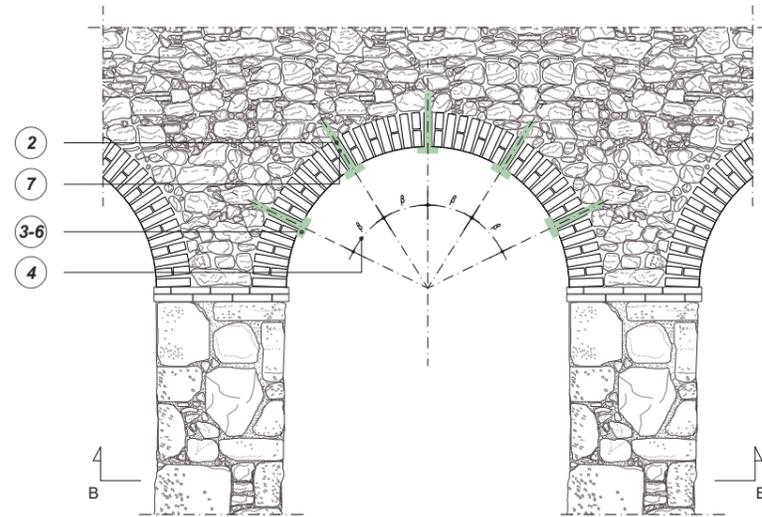


VISTA AXONOMÉTRICA REFORÇO PONTUAL DO ARCO

**NOTA**

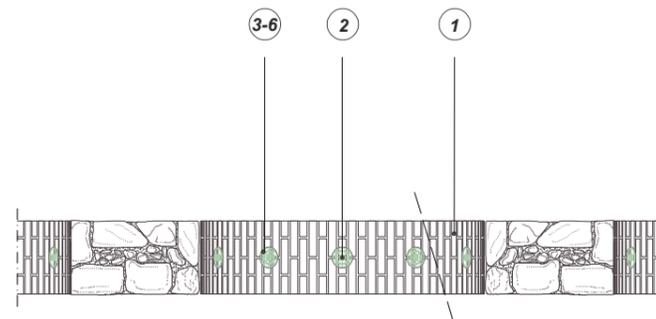
Os desenhos representam, a título de exemplo, um aparelho de alvenaria em pedra com um arco em tijolo, mas o esquema permanece invariável se se estiver em presença de alvenaria de pedra ou tufo. Na presença de alvenaria muito heterogénea, é sempre aconselhável efectuar uma intervenção combinada através de injeções de argamassa (TAB 24). Para informação adicional sobre os conectores em fibra de aço galvanizado **GEOSTEEL G600/G1200**, consultar a TAB 25A. Se o arco em questão estiver apoiado sobre pilares e seja necessário consolidar também estes últimos, deve-se consultar desde a TAB 31 até à TAB 33.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



DETALHE SISTEMAS DE REFORÇO DO INTRADORSO COM CONECTORES GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m



PLANTA B - B' SISTEMAS DE REFORÇO DO INTRADORSO COM CONECTORES GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

**QUADRO NORMATIVO**

**Contenção de impulsos e consolidação de arcos e abóbadas**

A absorção dos impulsos de estruturas em abóbada, particularmente importante no caso de evento sísmico, pode ser obtida com **tirantes e cintagens**. A posição ideal dos tirantes é acima da nascedura dos arcos, mas frequentemente essa solução não pode ser adoptada, pelo que pode ser necessário colocar os tirantes no extradorso, desde que seja demonstrada a eficácia e a flexão resultante seja adequadamente controlada. As ligações no extradorso podem ser realizadas com elementos dotados também de rigidez à flexão (elementos de secção limitada) e adicionando tirantes inclinados a estas conexões e ancoradas ao nível das nasceduras.

A realização de **contrafortes** (ou **umentos de espessura da alvenaria**) é útil para solicitações não sísmicas, mas o seu efeito em caso de acções sísmicas deve ser adequadamente avaliado, por causa de potenciais efeitos locais ligados à sua rigidez elevada. Para a consolidação de arcos e abóbadas, também é possível o recurso a técnicas de reforço no extradorso baseadas na utilização de compósitos reforçados com fibras.

(Circular 21 de Janeiro de 2019, n.º 7 - Instruções para a aplicação da Actualização das "Normas técnicas para a construção" segundo o decreto italiano de 17 de Janeiro de 2018, §C8.7.4 - 5)

**1** EVENTUAL REMOÇÃO DO REBOCO E RECONSTRUÇÃO NAS ZONAS DA INTERVENÇÃO

Em aparelhos de alvenaria de face à vista, aconselha-se abrir o tecido desfibrilhado do conector e ocultá-lo nas juntas da alvenaria.

**2** INSTALAÇÃO DE DIÁTONOS COM EXTREMIDADE DESFIBRILHADA **GEOSTEEL G600/G1200**

A inserção de conectores mecânicos permite reforçar o aparelho de alvenaria sem modificar o funcionamento estático original, aumentando a resistência ao corte e a ductilidade e assegurando o monolitismo. Aconselha-se um espaçamento entre os conectores de 40 cm. Consultar o APÊNDICE B para detalhes mais aprofundados sobre as modalidades de montagem dos conectores.

**3** APLICAÇÃO DO DIÁTONO COM UM COMPRIMENTO DE ANCORAGEM  $L_s$  PARA GARANTIR O FUNCIONAMENTO CORRECTO DO REFORÇO

Aconselha-se um comprimento de ancoragem no interior da alvenaria de pelo menos 30 cm. Para mais informação, consultar o APÊNDICE A.

**4** DEFINIÇÃO DO ÂNGULO ENTRE OS CONECTORES MECÂNICOS

É preferível realizar o furo em elementos da alvenaria de dimensão maior, para evitar o destacamento dos mais pequenos e, portanto, mais fracos.

**6** UTILIZAÇÃO DO **INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL** PARA A MONTAGEM DOS DIÁTONOS (CONSULTAR O APÊNDICE B PARA AS FASES DE MONTAGEM)

POSICIONAMENTO NAS JUNTAS EM ARGAMASSA DOS CABOS DESFIBRILHADOS DO CONECTOR, OCULTOS NO INTERIOR DAS MESMAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO MANUAL DE **GEOCALCE® F ANTISISMICO**, COM MOLHAGEM PRÉVIA DOS SUPORTES. SE ESTIVER PREVISTO O REBOCO DO ARCO, ENCAMISAMENTO DA EXTREMIDADE DESFIBRILHADA DO DIÁTONO COM **GEOCALCE® F ANTISISMICO** SEM A NECESSIDADE DE INSERIR OS RESPECTIVOS CABOS NO INTERIOR DAS JUNTAS SANEADAS

**7** INJEÇÕES DE **GEOCALCE® FL ANTISISMICO** PARA ANCORAR OS CONECTORES

É de assinalar que a quantidade de mistura injectada deve ser menor do que no método de injeção de argamassa (TAB 24), uma vez que esta não se espalha no interior do aparelho de alvenaria, mas permanece confinada apenas na área do conector mecânico.

**kerakoll**



[kerakoll.com](http://kerakoll.com)