

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

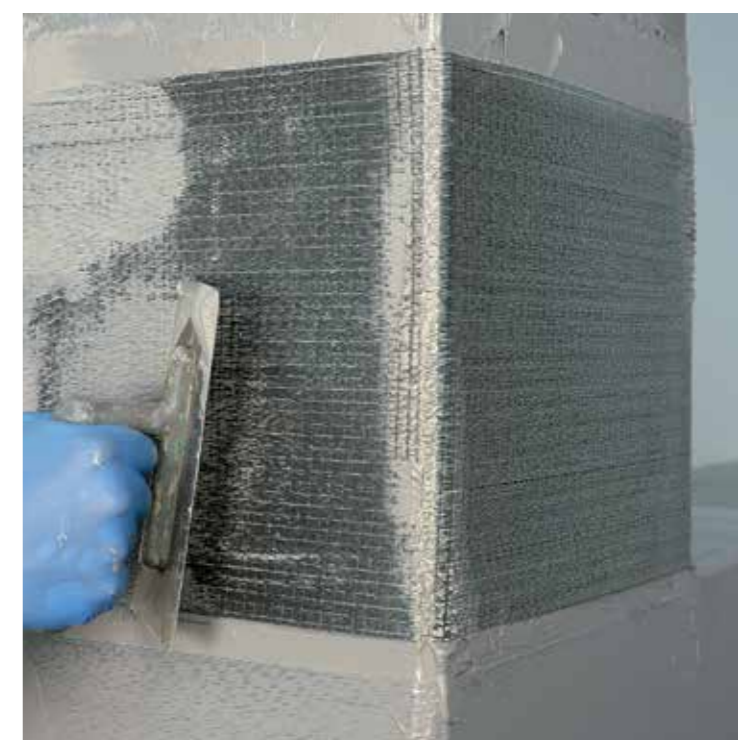
Em Portugal e no resto do mundo, numerosas patologias afectam o património edificado, em todas as suas formas: desde a construção histórica em alvenaria de variada natureza até às mais recentes estruturas em betão armado. O estudo destas patologias evidenciou aspectos relacionados com a presença de alvenarias 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.

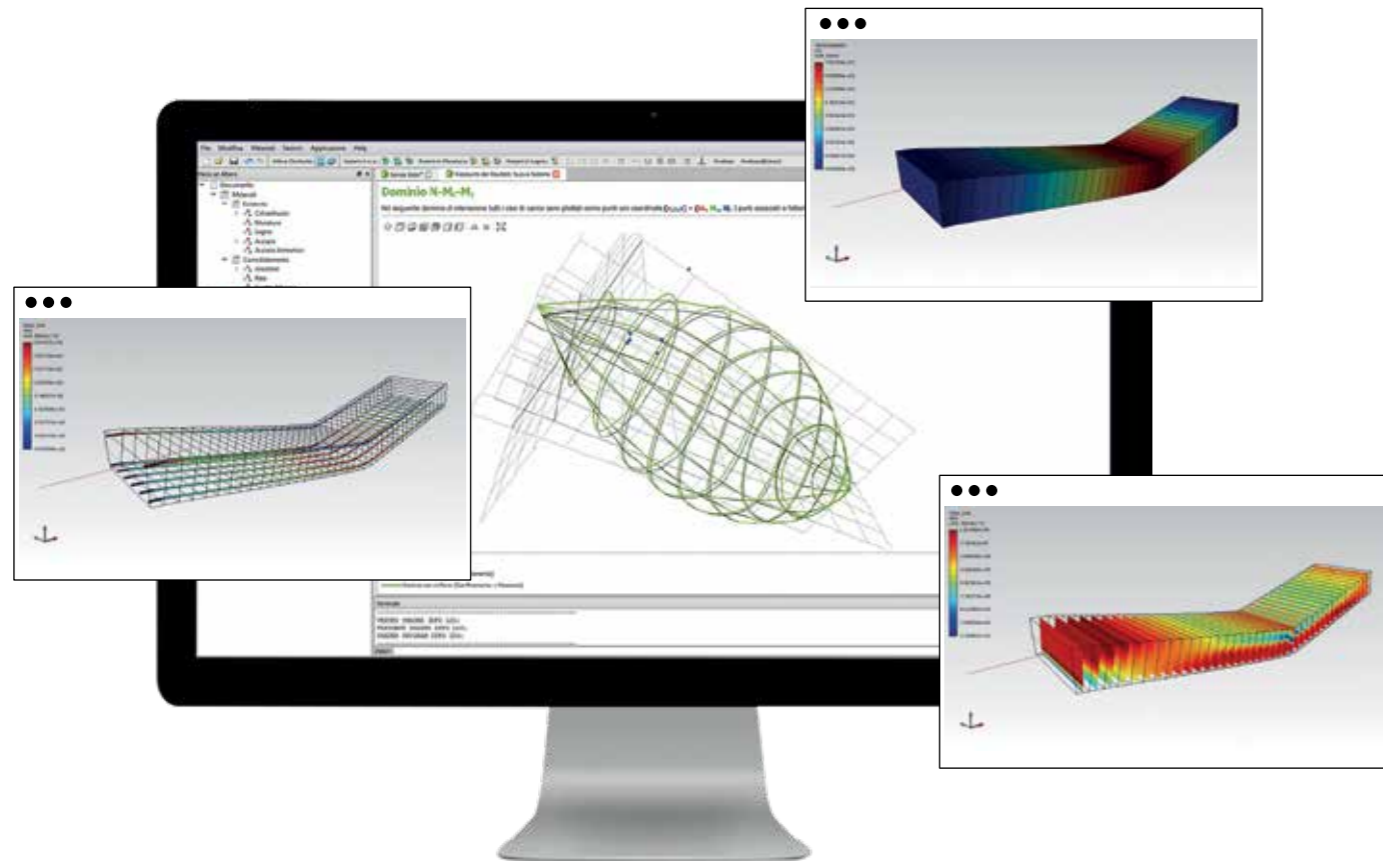


A Kerakoll é membro contribuinte e parceiro de



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.

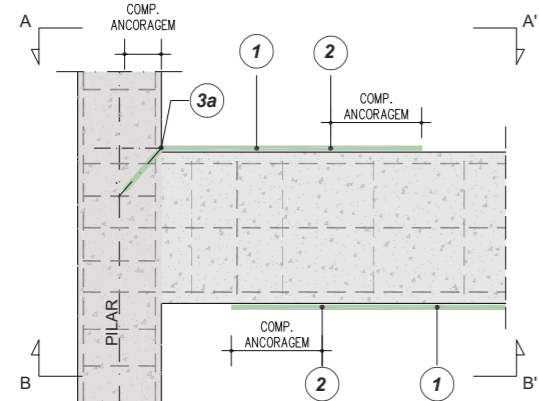
Índice Geral

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

APÊNDICE A

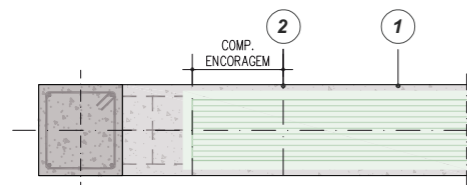
TIPO DE ANCORAGEM DOS SISTEMAS DE REFORÇO

- 1 SECÇÃO INTERMÉDIA (ZONA MÉDIA) PARA O DESENVOLVIMENTO DA BANDA
- 2 SECÇÃO DA EXTREMIDADE COM COMPRIMENTO DE ANCORAGEM
- 3a SISTEMA DE ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES EM CONTINUIDADE NO FURO OCULTO



PLANTA A - A'

REFORÇO À FLEXÃO DA VIGA ATRAVÉS DE REFORÇO DO EXTRADORSO



PLANTA B - B'

REFORÇO À FLEXÃO DA VIGA ATRAVÉS DE REFORÇO DO INTRADORSO

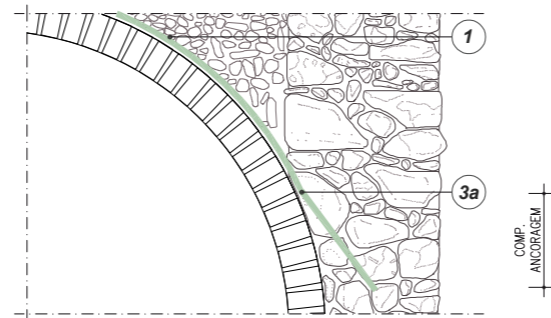
Para a verificação da secção 1 e da secção 3a, considera-se no cálculo uma tensão de projecto correspondente à rotura por delaminação do segundo modo para os sistemas SRP (CNR - DT 200 R1/2013 §4.1.4) e correspondente à rotura por destacamento/deslizamento intermédio para os sistemas SRG/FRCM (CNR - DT 215/2018 §3.1)

Para a verificação da secção 2, considera-se no cálculo uma tensão de projecto correspondente à rotura por delaminação do primeiro modo para os sistemas SRP (CNR - DT 200 R1/2013 §4.1.3) e correspondente à rotura das extremidades para os sistemas SRG/FRCM (CNR - DT 215/2018 §3.1)

- 4 SISTEMA DE ANCORAGEM MECÂNICA

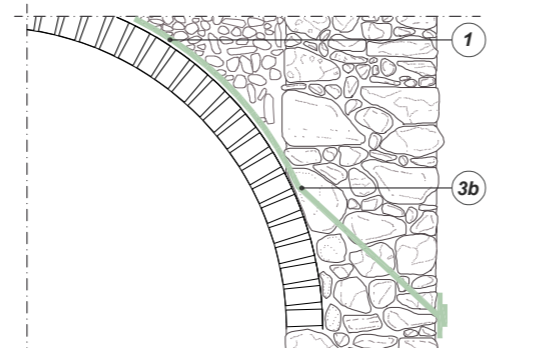
Para a ancoragem das extremidades, em alternativa às soluções em continuidade ou com o comprimento de ancoragem, é possível utilizar uma ancoragem mecânica. Este último prevê a preparação de um sistema de amarração para a banda de reforço, habitualmente constituído por placas de aço, ligada com conectores adequadamente calculados pelo projectista, capazes de impedir a rotura do reforço por destacamento do suporte e garantindo assim que a fibra alcance a sua tensão de rotura à tracção. (CNR - DT 200 R1/2013 §5.3.5)

- 3a SISTEMA DE ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES EM CONTINUIDADE NO FURO OCULTO



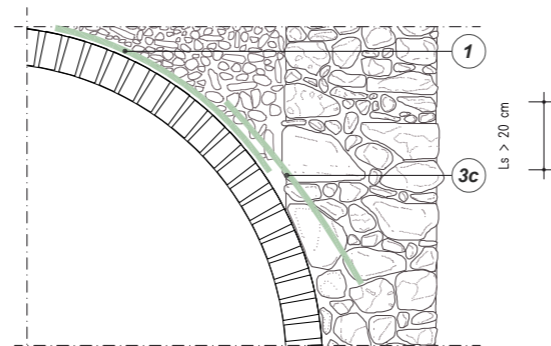
SECÇÃO C-C'
ANCORAGEM OCULTA PARA OS SISTEMAS DE REFORÇO COM BANDAS DE GEOSTEEL

- 3b SISTEMA DE ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES EM CONTINUIDADE NO FURO PASSANTE



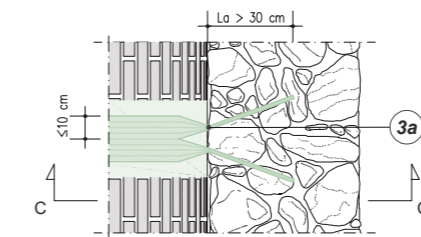
SECÇÃO C-C'
ANCORAGEM PASSANTE PARA OS SISTEMAS DE REFORÇO COM BANDAS DE GEOSTEEL

- 3c SISTEMA DE ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES EM CONTINUIDADE ATRAVÉS DE DIÁTONO

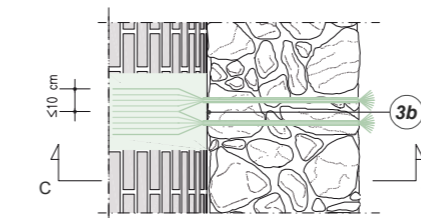


SECÇÃO C-C'
ANCORAGEM COM DIÁTONOS PARA OS SISTEMAS DE REFORÇO COM REDE DISTRIBUÍDA GEOSTEEL GRID 200/400 OU RINFORZO ARV 100

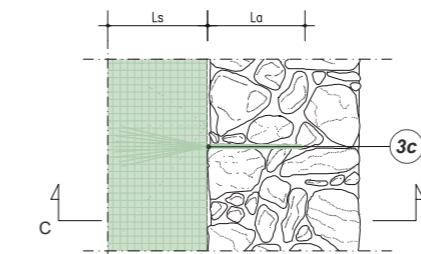
Para os sistemas SRG/FRCM, para a verificação da secção 3a, 3b y 3c, considera-se no cálculo uma tensão de projecto correspondente à rotura por destacamento/deslizamento intermédio (CNR - DT 215/2018 §3.1)



PLANTA
ANCORAGEM OCULTA PARA OS SISTEMAS DE REFORÇO COM BANDAS DE GEOSTEEL



PLANTA
ANCORAGEM PASSANTE PARA OS SISTEMAS DE REFORÇO COM BANDAS DE GEOSTEEL



Para mais informação sobre a aplicação dos diátonos, consultar o APÊNDICE B.

PLANTA
ANCORAGEM COM DIÁTONOS PARA OS SISTEMAS DE REFORÇO COM REDE DISTRIBUÍDA GEOSTEEL GRID 200/400 OU RINFORZO ARV 100

ANCORAGEM COM GEOFORCE ONE

Com o software de cálculo GeoForce One é possível indicar a posição da secção (secção intermédia ou secção de apoio). Quando se trata de uma secção de apoio, o usuário tem a possibilidade de introduzir no software o tipo de ancoragem presente; portanto, se tiver uma ancoragem mecânica, um sistema que garanta a obtenção de $f_{t,92}$ ou nenhum. Nos primeiros dois casos, o usuário selecciona respectivamente os botões "Ancoragem Mecânica" e "Continuidade". Se a ancoragem de reforço Geosteel se baseia apenas na aderência tecido-matriz-suporte, o projectista deve marcar os itens L_{anc} e L_{ed} se o comprimento de ancoragem for maior ou igual ao ideal calculado segundo a CNR - DT 200 R1/2013 e eficaz segundo a CNR - DT 215/2018. No caso de sistemas SRP, quando o valor do comprimento de ancoragem real seja inferior ao ideal, é necessário indicar o valor efectivo da ancoragem garantida.

- 3a SISTEMA DE ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES EM CONTINUIDADE NO FURO OCULTO



- 3b SISTEMA DE ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES EM CONTINUIDADE NO FURO PASSANTE



- 3c SISTEMA DE ANCORAGEM DAS EXTREMIDADES EM CONTINUIDADE ATRAVÉS DE DIÁTONO



Aconselha-se a prever comprimentos de ancoragem iguais a pelo menos 20 cm para os sistemas SRP e 30 cm para os sistemas SRG/FRCM, respectivamente de acordo com os documentos CNR-DT 200 R1/2013 e CNR-DT 215/2018.

APÊNDICE B

FASES DE MONTAGEM DOS DIÁTONOS COM INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL NUM FURO PASSANTE

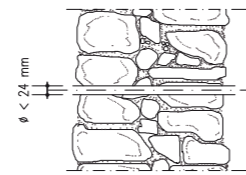
FASE I: PREPARAÇÃO DO DIÁTONO

PREPARAÇÃO DO DIÁTONO ARTIFICIAL DESFIBRILHADO COM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/1200**



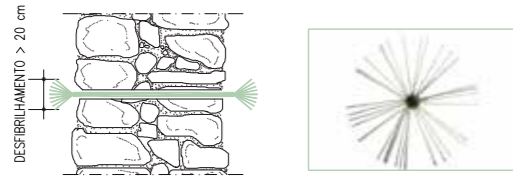
FASE II: EXECUÇÃO DO FURO

EXECUÇÃO DOS FUROS NA PAREDE COM FERRAMENTAS DE CAROTAGEM CONTÍNUA. LIMPEZA COM AR COMPRIMIDO PARA ELIMINAR O PÓ E OUTROS RESÍDUOS



FASE III: INSERÇÃO DO DIÁTONO

INSERÇÃO DOS DIÁTONOS ARTIFICIAIS DESFIBRILHADOS EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/G1200**. A ABERTURA DA EXTREMIDADE DESFIBRILHADA É FAVORECIDA PELA INSTALAÇÃO DO **INIETTORE & CONNETTORE GEOSTEEL**



FASE IV: FIXAÇÃO DO DIÁTONO

INJEÇÕES DE ARGAMASSA FLUIDA **GEOCALCE® FL ANTISISMICO** PARA FIXAR MECANICAMENTE OS DIÁTONOS GEOSTEEL. A INJEÇÃO DEVE SER FEITA ATRAVÉS DO FURO DA ROSETA (A SELAR COM A TAMPA FORNECIDA) E PREENCHIDO COM **GEOCALCE® F ANTISISMICO**

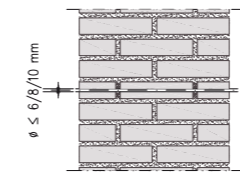


0m 0.5m 1m

INSTALAÇÃO DE VARÕES HELICOIDAIS STEEL DRYFIX® NUM FURO PASSANTE

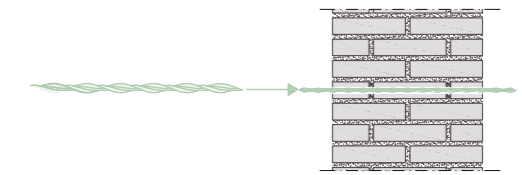
FASE I: EXECUÇÃO DO FURO

EXECUÇÃO DO FURO GUIA DE DIÂMETRO ADEQUADO NA SUPERFÍCIE, UTILIZANDO UM BERBEQUIM COM PERCUSSÃO. LIMPEZA DO FURO. NO CASO DE POSTERIOR INSTALAÇÃO DO **TASSELLO STEEL DRYFIX® 8/10/12**, ALARGAR OS PRIMEIROS 30 mm DE PROFUNDIDADE DO FURO PARA UM DIÂMETRO DE 14 mm



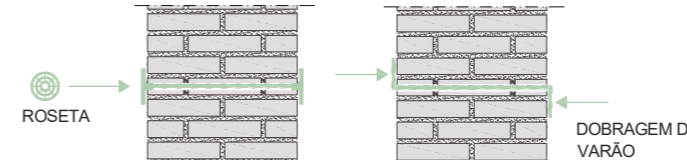
FASE II: INSERÇÃO STEEL DRYFIX®

APLICAÇÃO DOS VARÕES HELICOIDAIS **STEEL DRYFIX® 8/10/12** UTILIZANDO A FERRAMENTA ESPECÍFICA MANDRINO **STEEL DRYFIX® 8/10/12** INSTALADO NO BERBEQUIM COM ENCAIXE SDS PLUS; INSTALAÇÃO DO VARÃO APENAS COM PERCUSSÃO NO INTERIOR DO FURO GUIA



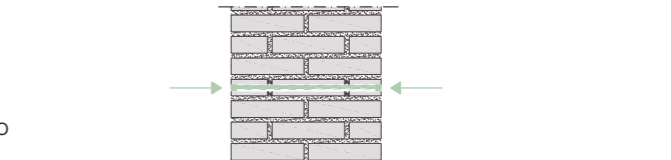
FASE III A: ANCORAGEM DO VARÃO

APLICAÇÃO DA ROSETA ADEQUADA TASSELLO **STEEL DRYFIX® 8/10** NA EXTREMIDADE DO VARÃO. EM ALTERNATIVA, DOBRAGEM DA EXTREMIDADE DO VARÃO PARA FICAR MOBILIZADA NA FACE EXTERIOR DA PAREDE. **NOTA: UTILIZÁVEL EM TODOS OS TIPOS DE INTERVENÇÃO.**



FASE III B: SELAGEM DO FURO

SELAGEM FINAL DO FURO COM **GEOCALCE® G ANTISISMICO**, **GEOCALCE® F ANTISISMICO** OU **BIOCALCE® PIEDRA**. **NOTA: UTILIZÁVEL APENAS PARA INTERVENÇÕES DE FIXAÇÃO A SECO.**



0m 0.5m 1m

FASES DE MONTAGEM DOS DIÁTONOS COM INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL NUM FURO OCULTO

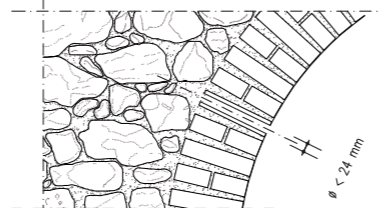
FASE I: PREPARAÇÃO DO DIÁTONO

PREPARAÇÃO DO DIÁTONO ARTIFICIAL DESFIBRILHADO COM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/1200**



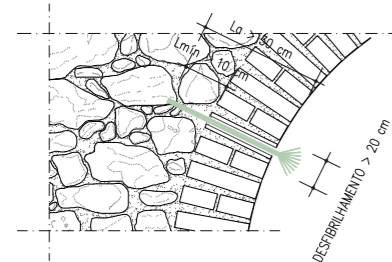
FASE II: EXECUÇÃO DO FURO

EXECUÇÃO DOS FUROS NA PAREDE COM FERRAMENTAS DE CAROTAGEM CONTÍNUA. LIMPEZA COM AR COMPRIMIDO PARA ELIMINAR O PÓ E OUTROS RESÍDUOS



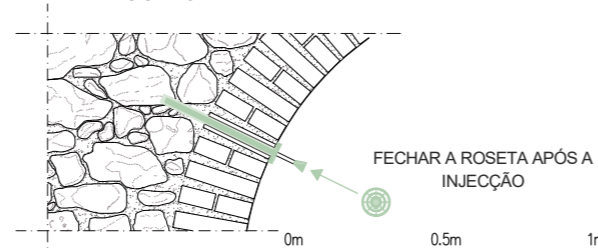
FASE III: INSERÇÃO DO DIÁTONO

INSERÇÃO DOS DIÁTONOS ARTIFICIAIS DESFIBRILHADOS EM FIBRA DE AÇO GALVANIZADO **GEOSTEEL G600/G1200**. A ABERTURA DA EXTREMIDADE DESFIBRILHADA É FAVORECIDA PELA INSTALAÇÃO DO **INIETTORE & CONNETTORE GEOSTEEL**



FASE IV: FIXAÇÃO DO DIÁTONO

INJEÇÕES DE ARGAMASSA FLUIDA **GEOCALCE® FL ANTISISMICO** PARA FIXAR MECANICAMENTE OS DIÁTONOS GEOSTEEL. A INJEÇÃO DEVE SER FEITA ATRAVÉS DO FURO DA ROSETA (A SELAR COM A TAMPA FORNECIDA) E PREENCHIDO COM **GEOCALCE® F ANTISISMICO**

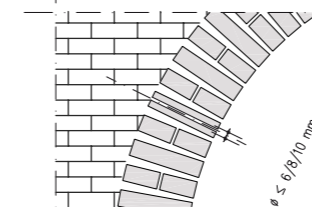


0m 0.5m 1m

INSTALAÇÃO DE VARÕES HELICOIDAIS STEEL DRYFIX® NUM FURO OCULTO

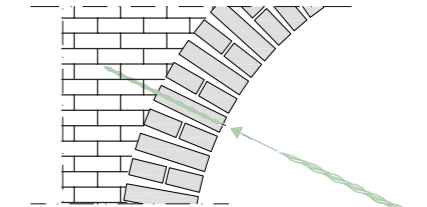
FASE I: EXECUÇÃO DO FURO

EXECUÇÃO DO FURO GUIA DE DIÂMETRO ADEQUADO NA SUPERFÍCIE, UTILIZANDO UM BERBEQUIM COM PERCUSSÃO. LIMPEZA DO FURO. NO CASO DE POSTERIOR INSTALAÇÃO DO **TASSELLO STEEL DRYFIX® 8/10/12**, ALARGAR OS PRIMEIROS 30 mm DE PROFUNDIDADE DO FURO PARA UM DIÂMETRO DE 14 mm



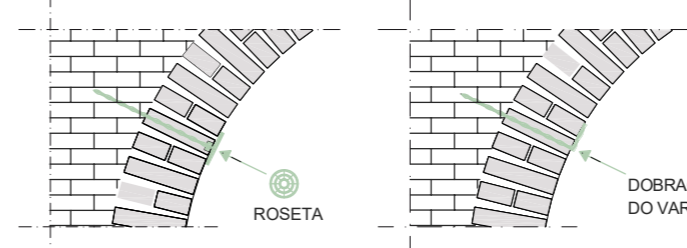
FASE II: INSERÇÃO STEEL DRYFIX®

APLICAÇÃO DOS VARÕES HELICOIDAIS **STEEL DRYFIX® 8/10/12** UTILIZANDO A FERRAMENTA ESPECÍFICA MANDRINO **STEEL DRYFIX® 8/10/12** INSTALADO NO BERBEQUIM COM ENCAIXE SDS PLUS; INSTALAÇÃO DO VARÃO APENAS COM PERCUSSÃO NO INTERIOR DO FURO GUIA



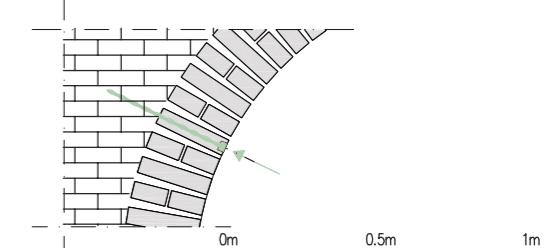
FASE III A: ANCORAGEM DO VARÃO

APLICAÇÃO DA ROSETA ADEQUADA TASSELLO **STEEL DRYFIX® 8/10** NA EXTREMIDADE DO VARÃO. EM ALTERNATIVA, DOBRAGEM DA EXTREMIDADE DO VARÃO PARA FICAR MOBILIZADA NA FACE EXTERIOR DA PAREDE. **NOTA: UTILIZÁVEL EM TODOS OS TIPOS DE INTERVENÇÃO.**



FASE III B: SELAGEM DO FURO

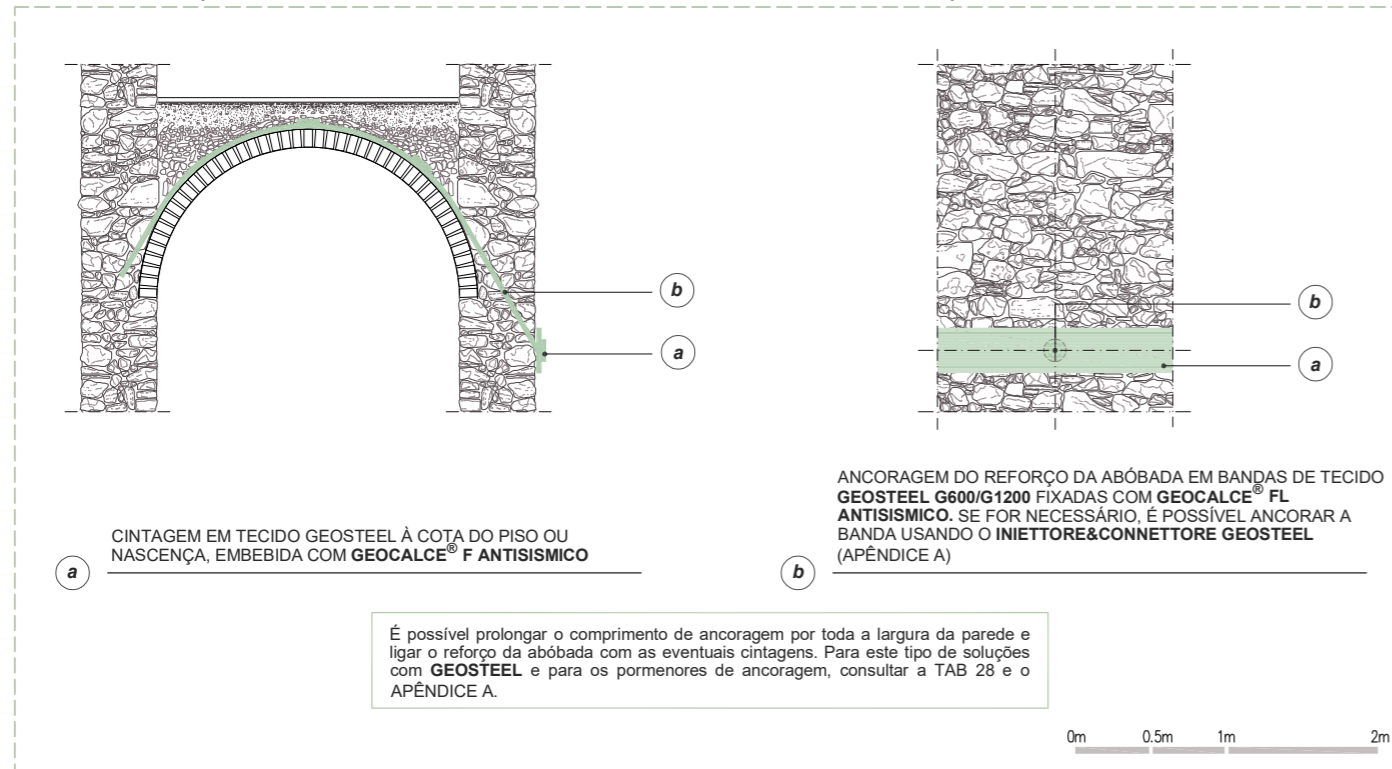
SELAGEM FINAL DO FURO COM **GEOCALCE® G ANTISISMICO**, **GEOCALCE® F ANTISISMICO** OU **BIOCALCE® PIEDRA**. **NOTA: UTILIZÁVEL APENAS PARA INTERVENÇÕES DE FIXAÇÃO A SECO.**



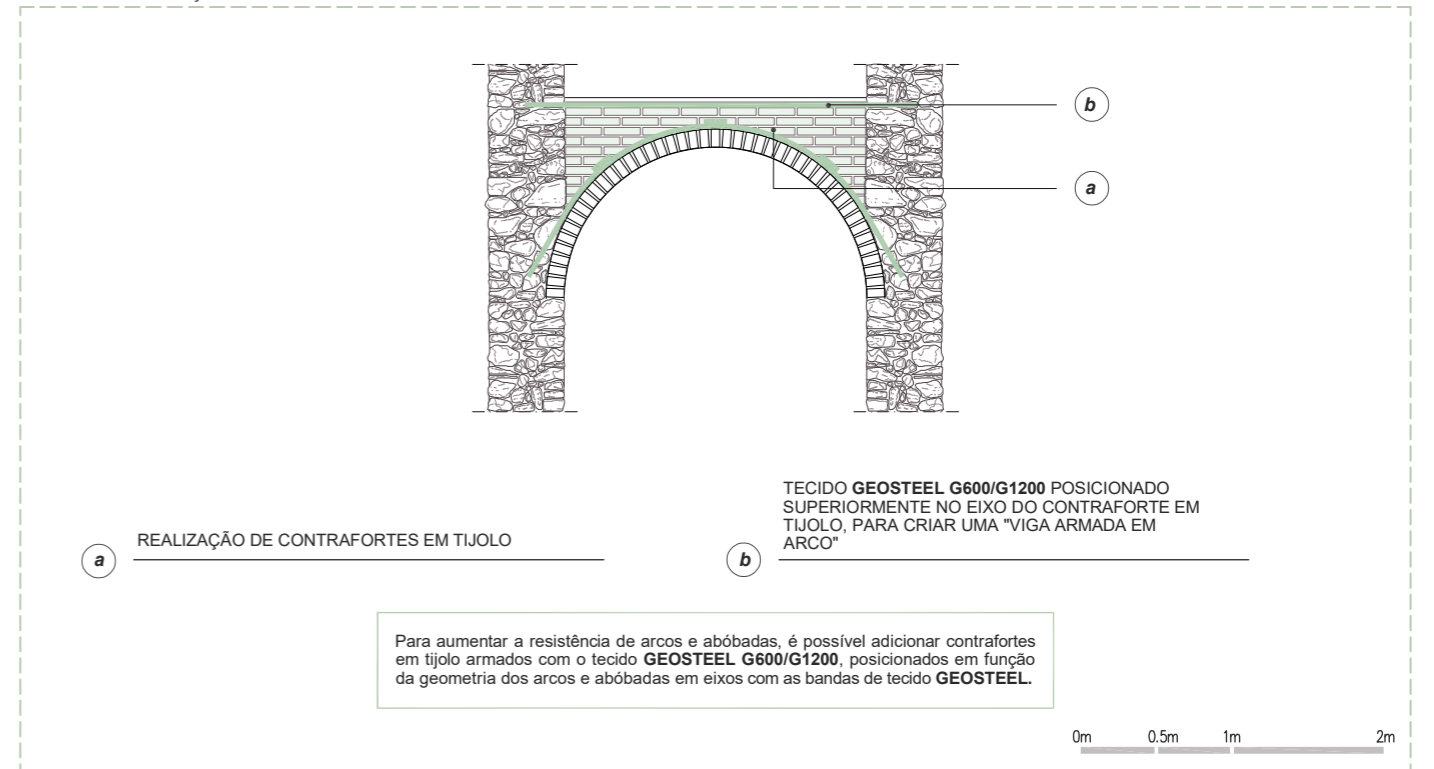
0m 0.5m 1m

APÊNDICE C

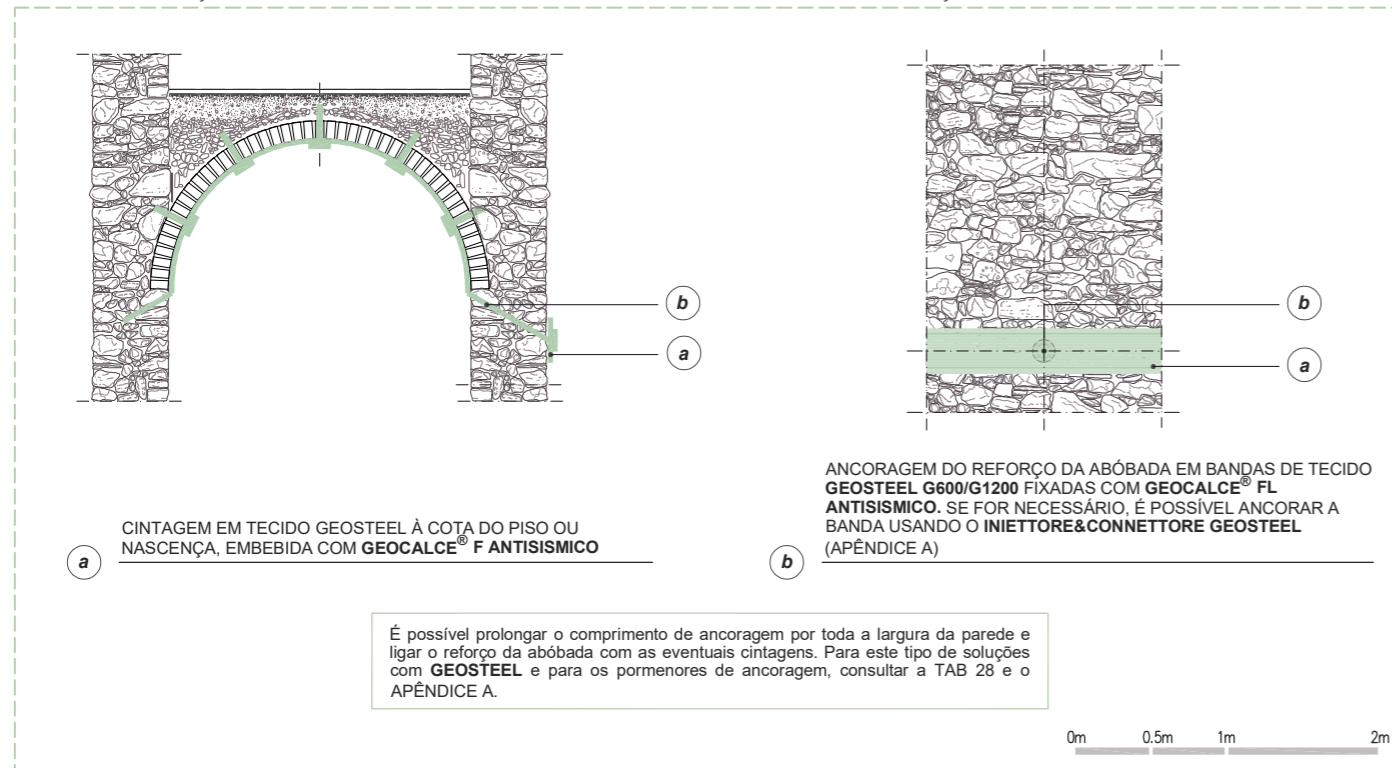
CONEXÃO DOS REFORÇOS DO EXTRADORSO DE ARCOS E ABÓBADAS COM CINTAGEM À COTA DO PISO OU NASCENÇA



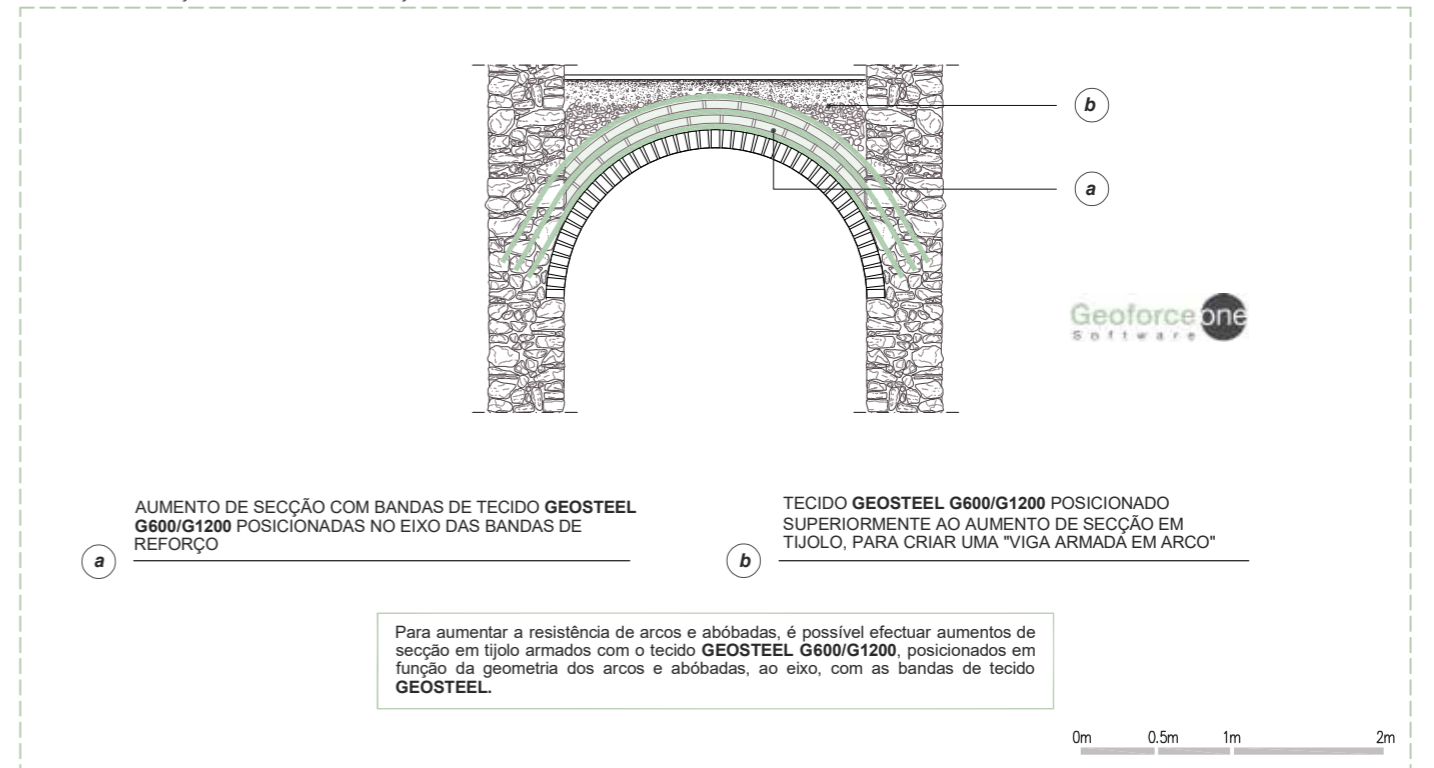
SISTEMA DE REFORÇO DE ARCOS E ABÓBADAS COM CONTRAFORTES



CONEXÃO DOS REFORÇOS DO INTRADORSO DE ARCOS E ABÓBADAS COM CINTAGEM À COTA DO PISO OU NASCENÇA



SISTEMA DE REFORÇO COM AUMENTO DE SECÇÃO DO EXTRADORSO ARMADO DE ARCOS E ABÓBADAS



kerakoll



kerakoll.com