

CORTINA ATIRANTADA: ETAPAS DE EXECUÇÃO E CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

Luiz Antônio Naresi Júnior¹; Antônio Geraldo da Silva²; Delfino Luiz Gouveia Gambetti³, Denise do Amaral Santana

Resumo – As cortinas atirantadas são estruturas fundamentais na engenharia geotécnica, amplamente utilizadas para contenção de solos e estabilização de taludes em escavações profundas. Este artigo apresenta detalhadamente as etapas de execução dessas estruturas, desde a investigação geotécnica inicial, passando pela profundidade, instalação e tensionamento dos tirantes, até a aplicação da face estrutural da cortina. Além disso, discute considerações geotécnicas cruciais, como a análise de estabilidade do solo e a importância do monitoramento contínuo. O estudo segue as melhores práticas da engenharia geotécnica, assegurando a aplicação dos melhores métodos da construção dessas contenções, sempre atendendo as demandas ambientais e a segurança dos trabalhadores. Embora não inclua análises de dimensionamento ou cálculos estruturais, o artigo enfatiza procedimentos construtivos e apresenta exemplos práticos que ilustram a aplicação eficaz das técnicas discutidas.

Abstract – Anchored retaining walls are fundamental structures in geotechnical engineering, widely used for soil retention and slope stabilization in deep excavations. This article provides a detailed presentation of the execution stages of these structures, from the initial geotechnical investigation, including depth determination, installation, and tensioning of anchors, to the application of the structural facing of the wall. Additionally, it discusses crucial geotechnical considerations, such as soil stability analysis and the importance of continuous monitoring. The study follows best practices in geotechnical engineering, ensuring the application of the most effective construction methods for these retaining structures while meeting environmental requirements and ensuring worker safety. Although it does not include design analyses or structural calculations, the article emphasizes construction procedures and presents practical examples that illustrate the effective application of the discussed techniques.

Palavras-Chave – Cortinas atirantadas; Execução de obras geotécnicas; Contenção de solos; Estabilização de taludes; Normas técnicas.

1 Eng., Universidade Federal de Juiz de Fora, naresi@progeo.com.br

2 Eng., Universidade Minas de Ouro Preto, antonio.eng.geologo@gmail.com

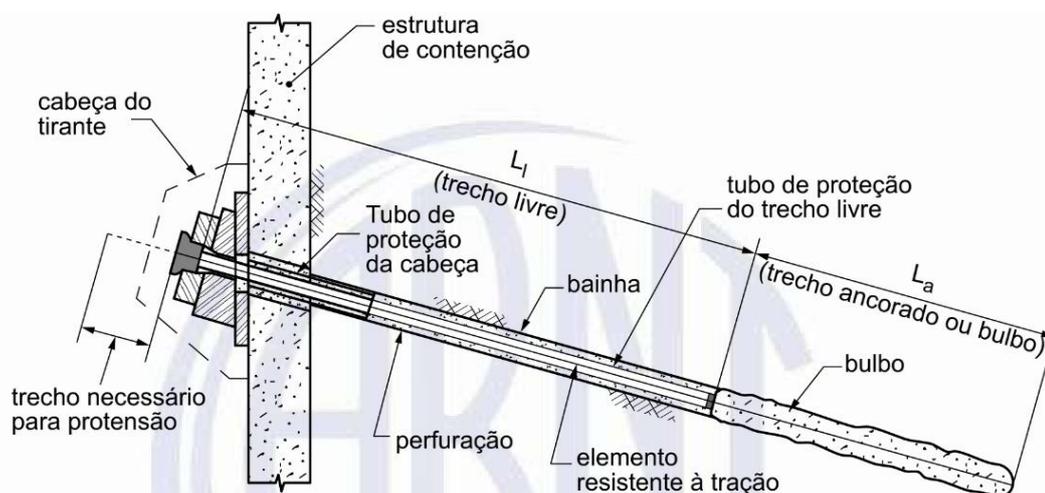
3 Eng. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, delfinogambetti@uol.com.br

4 Eng., Universidade São Judas Tadeu, amaralsantana19@outlook.com

1. INTRODUÇÃO

A estabilidade de encostas e taludes é um aspecto fundamental na engenharia geotécnica, pois influencia diretamente a segurança das infraestruturas e a preservação ambiental. Taludes naturais e artificiais podem ser compostos por diferentes camadas de solo e rocha, cuja estrutura é determinada pela interação entre os esforços atuantes e a resistência do terreno. De modo geral, essas estruturas apresentam um maciço principal, uma superfície de ruptura potencial e camadas superficiais de solo, podendo conter também a presença de um lençol freático, fator que compromete sua integridade ao longo do tempo ao reduzir a resistência ao cisalhamento do solo (NORMA ABNT 5629, 2018). Para evitar colapsos e garantir a estabilidade dessas formações, diversas técnicas de reforço e contenção são empregadas, com destaque para o uso de cortinas atirantadas.

Os tirantes ancorados são elementos estruturais projetados para resistir aos esforços de tração, promovendo o equilíbrio das forças atuantes no solo. Seu funcionamento baseia-se no conceito de protensão, um mecanismo que gera tensões controladas no sistema, aumentando a resistência da estrutura e diminuindo a probabilidade de superfícies (RANZINI e NEGRO JR., 1998). Esses dispositivos são amplamente utilizados em obras de estabilização de encostas e contenção de taludes, especialmente em situações onde há necessidade de reforço estrutural para prevenir rupturas. A Figura 1 apresenta os elementos básicos de um tirante.



Legenda

L_1 comprimento do trecho livre ou comprimento livre

L_a comprimento do trecho ancorado ou comprimento ancorado ou do bulbo

Figura 1: Elementos básicos do tirante. Fonte: ABNT NBR 5629:2018 - Tirantes Ancorados no Terreno – Projeto e Execução.

Neste estudo, será evidenciada a aplicação de cortinas atirantadas, um tipo de contenção ancorada ou reforçada em outras estruturas, caracterizada por sua baixa deslocabilidade (RANZINI e NEGRO JR., 1998). Essas estruturas podem ser realizadas em concreto armado, concreto projetado, paredes diafragmáticas ou metálicas cravadas, sendo estabilizadas por meio de tirantes inseridos no solo ou na rocha. A carga de protensão aplicada aos tirantes transfere os esforços de tração ao terreno por meio do bulbo de ancoragem, garantindo maior segurança e eficiência estrutural.

As cortinas atirantadas podem ser projetadas para uso temporário ou permanente, sendo especialmente indicadas para cortes em taludes elevados e solos com baixa resistência ao cisalhamento, onde há altos empuxos de terra (PINTO, 2006). Em determinadas condições, essa solução pode ser a única viável para contenção, especialmente em solos saturados ou instáveis. No entanto, é essencial considerar os impactos sobre terrenos vizinhos, pois a perfuração para instalação dos tirantes pode provocar recalques, e os processos de injeção e protensão podem introduzir exercícios horizontais que afetam fundações adjacentes (ABMS, 2010). Assim, o

planejamento adequado da execução e monitoramento dessas estruturas é fundamental para garantir sua eficiência e minimizar riscos geotécnicos.

2. ETAPAS PARA A CRIAÇÃO DE UMA CORTINA ATIRANTADA

2.1. Estudos e Planejamento Inicial

A execução de uma cortina atirantada requer um planejamento minucioso, que abrange a análise das condições geotécnicas, estruturais e ambientais do local. Esses estudos são essenciais para garantir a segurança da obra e selecionar o método construtivo mais adequado. Conforme destacado por Décourt e Quaresma (1978), um planejamento inicial minimiza incertezas, reduz custos operacionais e mitiga possíveis instabilidades no maciço de solo.

A Tabela 1 resume os principais estudos necessários, seus objetivos e as técnicas empregadas para obter as informações essenciais ao projeto.

Tabela 1 – Estudos iniciais para a execução de uma cortina atirantada

Etapa	Objetivo	Técnicas Utilizadas
Investigação Geotécnica	Determinar as características do solo	Sondagens, ensaios de resistência e permeabilidade
Estudo Hidrogeológico	Avaliar o nível do lençol freático e condições de drenagem	Ensaio de infiltração, piezômetros
Análise Estrutural	Dimensionar a cortina conforme as cargas atuantes	Modelagem computacional, ensaios de carga
Escolha do Método	Definir a melhor abordagem construtiva	Método descendente, ascendente ou híbrido

2.1.1. Investigação Geotécnica

A investigação geotécnica é uma etapa crucial no desenvolvimento de projetos de contenção, influenciando diretamente a escolha dos materiais e do método construtivo. De acordo com Décourt e Quaresma (1978), a precisão na caracterização do solo é determinante para o desempenho das cortinas atirantadas, reduzindo riscos de recalques diferenciais e instabilidades.

As principais técnicas utilizadas na investigação geotécnica incluem:

- Sondagens a percussão (SPT - Standard Penetration Test): Realizadas conforme a NBR 6484:2020, permitem determinar a resistência do solo em diferentes profundidades.
- Ensaio de descoberta estática (CPTu - Cone Penetration Test): Indicados para solos moles, são fundamentais para a caracterização de camadas profundas.
- Ensaio de permeabilidade: Avaliamos a capacidade de desvio do solo, aspecto essencial para evitar o aumento de pressão hidrostática e instabilidades.

2.1.2. Estudo Hidrogeológico

A presença de água subterrânea pode afetar significativamente a estabilidade da cortina atirantada, aumentando a pressão atuante sobre a estrutura. Segundo Terzaghi e Peck (1967), o aumento da pressão hidrostática pode comprometer a segurança da obra, tornando indispensável a adoção de medidas como a instalação de drenos rasos e profundos e consequentemente rebaixamento do lençol freático.

Para avaliar a influência da água no projeto, são realizados os seguintes procedimentos:

- Medição do nível do lençol freático com piezômetros, conforme a NBR 15495-1/2007.
- Ensaio de infiltração, utilizados para dimensionar sistemas de drenagem, reduzindo riscos de instabilidade por subpressão.

A correta caracterização das condições hidrogeológicas do local permite projetar soluções mais eficientes para minimizar os efeitos da água no desempenho da cortina atirantada.

2.1.3. Análise Estrutural

A cortina atirantada deve ser projetada para resistir às cargas atuantes no solo, garantindo a segurança da estrutura ao longo de sua vida útil. Os principais fatores analisados nesta etapa incluem:

- Esforços horizontais e verticais atuantes sobre a cortina: Determinação dos esforços atuantes sobre a massa a ser contida tanto em termos de cargas dinâmicas e/ou empuxos hidrostáticos.
- Modelagem computacional: Utilização de softwares especializados que permitem simular o comportamento estrutural da cortina sob diferentes condições de carregamento.
- Ensaio de carga em tirantes: Realizados conforme NBR 5629:2018, garantem que os ancoramentos resistam às forças aplicadas sem apresentarem deslocamentos excessivos.

A análise estrutural é fundamental para garantir a integridade da cortina atirantada e sua capacidade de suportar as condições de serviço previstas no projeto.

2.1.4. Escolha do Método de Construção

A definição do método de construção deve considerar fatores como as condições geotécnicas locais, o cronograma da obra e as soluções técnicas e econômicas da solução adotada. Segundo Schmertmann (1978), a escolha correta do método construtivo reduz significativamente os riscos de esforços diferenciais do maciço e respectivos colapso estrutural.

Os principais métodos construtivos utilizados para cortinas atirantadas incluem:

- Método Descendente: Indicado para escavações profundas, permite estabilizar o solo progressivamente em cada fase da obra.
- Método Ascendente: Aplicado no reforço de estruturas preexistentes ou estabilização de taludes instáveis.
- Método Sequencial: Executado em trechos alternados, sendo adequado para solos de baixa resistência e suscetíveis a recalques.
- Método Híbrido: Combina diferentes técnicas de construção para melhor adaptação às condições do terreno e otimização dos processos executivos.

Para facilitar a compreensão sobre as diferenças existentes entre os métodos de execução de cortinas tirantadas e suas aplicações típicas, a Figura 2 apresenta um fluxograma comparativo.

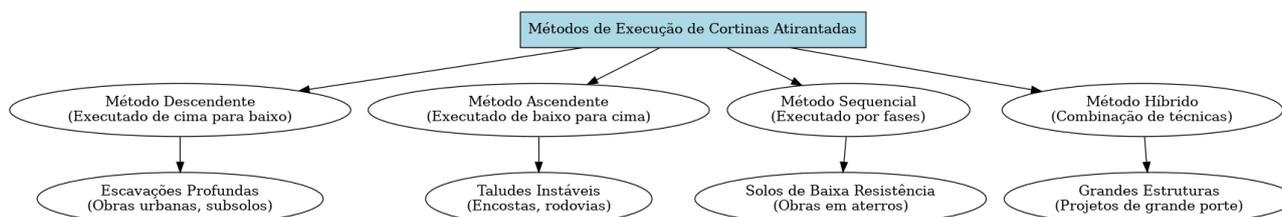


Figura 2 – Fluxograma comparando os diferentes métodos de execução de cortinas atirantadas e suas aplicações típicas.

2.2. Preparação do Terreno e locação de painéis e tirantes

A preparação do terreno e a marcação dos locais dos painéis e tirantes são etapas fundamentais para garantir a correta execução da cortina atirantada. Essa fase inicial garante que o local esteja devidamente regularizado, minimizando riscos de falhas na construção. De acordo com a ABNT NBR 11682:2009, a estabilidade de encostas e taludes depende de uma preparação adequada do terreno, considerando fatores como remoção de materiais instáveis, tração e locação precisa dos elementos estruturais. A preparação envolve três atividades principais:

- **Limpeza e Nivelamento do Terreno:** Consiste na remoção de acúmulos, entulhos e materiais que possam comprometer a execução da obra. Além disso, o nivelamento da área garante maior estabilidade e facilita a operação dos equipamentos.
- **Marcação da Posição dos Painéis e Tirantes:** Utilização de equipamentos topográficos para demarcar com precisão os pontos de escavação, definindo a orientação e o espaçamento dos tirantes (geralmente entre 10° e 45°).
- **Instalação de Drenagem Provisória:** Implementação de drenos superficiais e profundos para evitar a saturação do solo, além do controle do lençol freático para minimizar riscos de recalques diferenciais.

Essa fase é essencial para garantir que uma cortina atirantada seja executada corretamente, evitando riscos de instabilidade e otimizando o processo de construção.

2.3. Execução da Estrutura de Contenção

A execução da estrutura de contenção é uma etapa essencial no processo de estabilização de taludes e escavações profundas. Uma cortina atirantada pode ser instalada por painéis de concreto projetados, estacas secantes ou perfis metálicos cravados, dependendo das condições geotécnicas e estruturais do local. A escolha do método construtivo deve considerar fatores como tipo de solo, presença de água subterrânea, profundidade da escavação e cargas atuantes na estrutura.

Segundo a ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de Encostas e Taludes, a escolha da técnica de contenção deve ser baseada em uma análise detalhada das características do maciço terroso, levando em conta fatores de segurança, impactos ambientais e estratégias técnicas de execução. A Tabela 2 apresenta as principais metodologias construtivas utilizadas para cortinas atirantadas.

Tabela 2 – Métodos construtivos de cortinas atirantadas

Método	Descrição
Descendente	A contenção e os tirantes são instalados progressivamente conforme a escavação avança, garantindo suporte imediato ao solo exposto.
Ascendente	Inicialmente, são instalados a base da cortina e os tirantes inferiores. Em seguida, as camadas superiores são concretadas gradativamente.
Sequencial	A instalação ocorre em trechos intercalados, permitindo maior controle sobre a estabilidade do solo e adaptação a terrenos com diferentes resistências.

De acordo com Massad (2010), a escolha do método deve considerar não apenas a estabilidade do solo, mas também a logística da obra e a segurança dos trabalhadores. O método descendente é amplamente utilizado em escavações profundas, pois permite que uma estrutura de contenção seja instalada concomitantemente à retirada do solo. Já o método ascendente é mais comum em obras de reforço de taludes ou em terrenos onde a estabilidade precisa ser garantida antes da remoção do material. O método sequencial, por sua vez, é uma alternativa viável para solos heterogêneos ou regiões onde o avanço da obra precisa ser cuidadosamente monitorado (Figura 3).

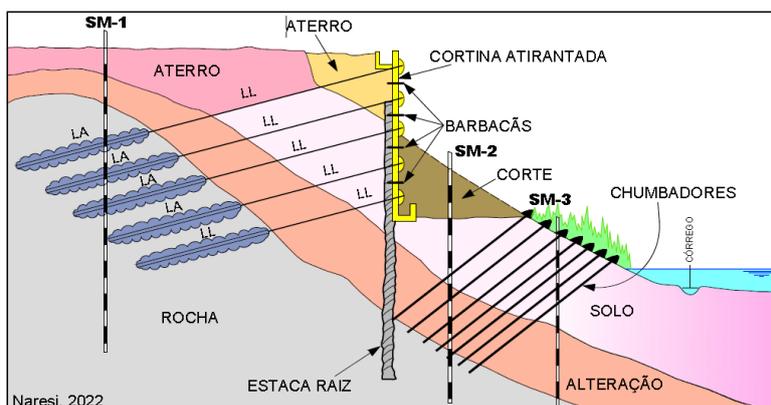


Figura 3 – Perfil básico de uma cortina atirantada. Fonte: Autor.

2.4. Perfuração para Instalação dos Tirantes

A instrução para a perfuração e instalação dos tirantes é uma etapa essencial na execução da cortina atirantada, garantindo a ancoragem eficiente e a estabilidade da contenção. Para que esse processo ocorra de forma segura, é necessário considerar a especificação dos furos, a técnica de investigação adequada ao tipo de solo, o dimensionamento correto das perfurações e a preparação do furo antes da aplicação da calda de cimento.

Os tirantes devem ser instalados com inclinação entre 10° e 45°, permitindo uma distribuição eficiente das forças. O método de perfuração deve ser escolhido conforme as condições do solo, podendo ser rotativo, percussivo ou rotopercussivo. O dimensionamento dos furos deve seguir as especificações do projeto, variando entre 75 mm e 200 mm de diâmetro, garantindo que a ancoragem ocorra em uma camada de solo ou rocha resistente.

Após a perfuração, a limpeza dos furos com ar comprimido ou água pressurizada é essencial para remover detritos e garantir a aderência da calda de cimento, evitando falhas na ancoragem. A execução correta dessa tarefa, aliada a um planejamento adequado, contribui para a segurança e durabilidade da cortina atirantada, garantindo que uma estrutura suporte as cargas atuantes e minimize deslocamentos indesejados (Figuras 4 e 5).



Figura 4 – Perfuração com sistema Odex, utilizando revestimento para evitar o fechamento do furo. Fonte: Autor.



Figura 5 – Perfuratriz sobre esteiras realizando perfuração em plataforma ferroviária para instalação de tirantes. Fonte: Autor.

2.5. Instalação dos Tirantes e Ancoragem

A instalação dos tirantes é um processo fundamental para garantir a estabilidade da cortina atirantada, sendo realizada em etapas que envolvem a inserção dos tirantes nos furos perfurados,

a injeção da calda de cimento, o tensionamento e a fixação final. Inicialmente, os tirantes, compostos por cordoalhas de aço protegidas contra corrosão (Figura 6), são posicionados dentro dos furos previamente perfurados. Em seguida, a calda de cimento é injetada, podendo ser aplicada em um ou dois estágios, conforme a necessidade estrutural. Devemos garantir que a resistência mínima da calda deve garantir a eficiência da ancoragem.

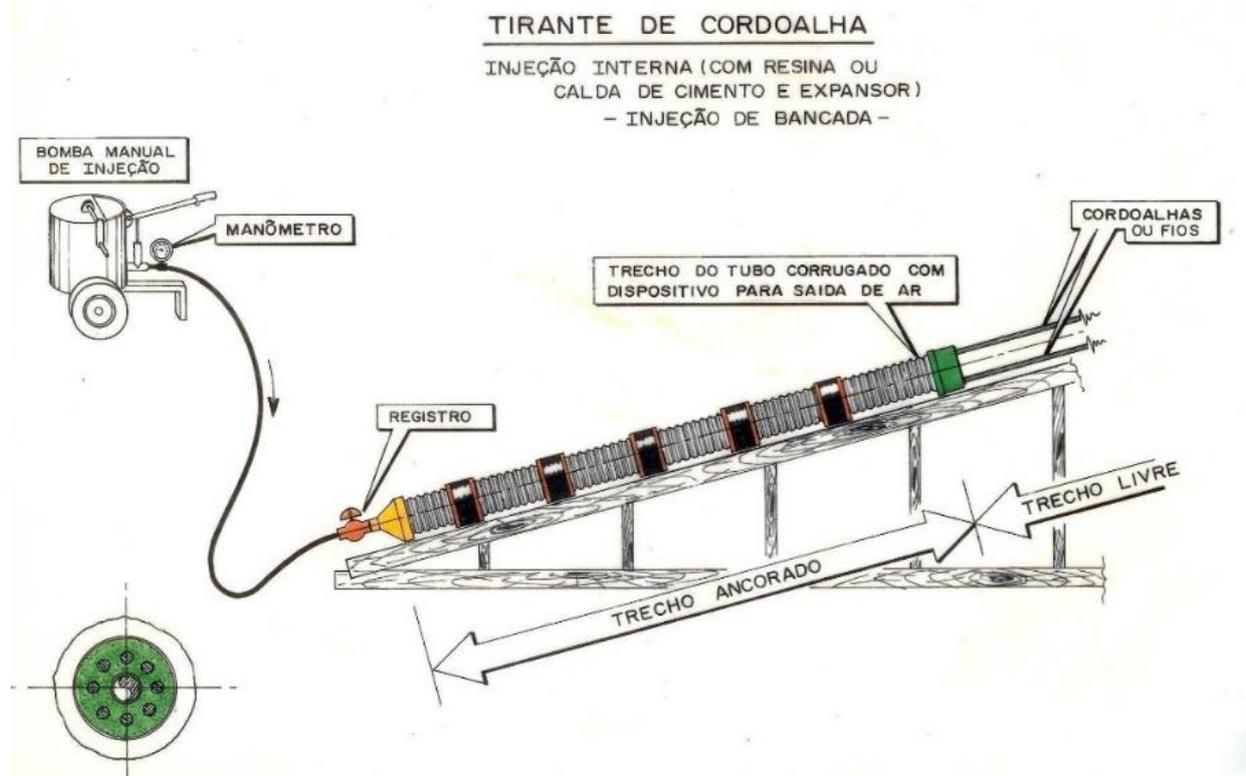


Figura 6 - Processo de Injeção do Tirante de Cordoalha. Fonte: Autor.

Após o tempo necessário para a cura do cimento, realiza-se o tensionamento dos tirantes com macacos hidráulicos, ativando a força de pré-esforço e garantindo a distribuição eficiente das cargas ao solo. Segundo Massad (2010), essa etapa reduz deslocamentos e melhora a eficiência da contenção.

A última fase inclui a fixação dos tirantes com porcas e placas de ancoragem, além do monitoramento contínuo da estrutura por meio de ensaios de carga, que permite avaliar a estabilidade e a durabilidade do sistema ao longo do tempo. O cumprimento das normas técnicas e a execução adequada desse processo são essenciais para garantir a segurança e a funcionalidade da cortina tirantada durante sua vida útil.

2.6. Tensionamento dos Tirantes

O tensionamento dos tirantes é uma etapa essencial na estabilização da cortina atirantada, pois garante a transferência eficiente das cargas ao solo, contribuindo para a segurança e durabilidade da estrutura. Esse processo deve ser realizado com precisão, seguindo as especificações estabelecidas pela NBR 5629:2018, para evitar deslocamentos excessivos e garantir o desempenho adequado da ancoragem.

A aplicação da força de pré-esforço é realizada por meio de macacos hidráulicos, monitorando-se os alongamentos do tirante para garantir que a carga seja distribuída corretamente. Segundo Massad (2010), esse controle é fundamental para evitar falhas na ancoragem e instabilidades na cortina.

Após o tensionamento, o tirante é fixado por meio de ancoragens mecânicas, compostas por porcas e placas metálicas, garantindo a manutenção da carga ao longo do tempo. O monitoramento periódico do sistema, incluindo ensaios de carga em conformidade com a NBR 5629:2018, permite avaliar a integridade da ancoragem e identificar possíveis variações nos esforços aplicados.



Figura 7 - Protensão realizada com Macaco Hidráulico e Bomba Manual. Fonte: Autor.



Figura 8 - Equipamento de Protensão com Macaco Hidráulico e Bomba. Fonte: Autor.

A correta execução do tensionamento garante a estabilidade da contenção, sendo indispensável o cumprimento das normas técnicas e o uso de equipamentos adequados para garantir a funcionalidade e a segurança da obra.

2.7. Execução da Face Estrutural da Cortina

A face estrutural da cortina atirantada é responsável por garantir a contenção do solo e proteger a estrutura contra processos erosivos. Sua execução pode envolver diferentes materiais e métodos, como concreto projetado, concreto moldado *in loco* ou placas pré-moldadas, dependendo das condições geotécnicas e do projeto.

O concreto projetado é amplamente utilizado devido à sua rápida aplicação e boa aderência ao solo. Esse procedimento construtivo, pode ser reforçado com fibras para maior resistência. O concreto moldado *in loco*, recomendado para estruturas de maior porte, exige a instalação de formas e armaduras antes da concretagem, obedecendo às diretrizes da NBR 6118:2014. Já o uso de placas pré-moldadas é indicado para obras em áreas urbanas ou de difícil acesso, pois reduz o tempo de execução.

Para garantir a durabilidade da cortina, a impermeabilização e a estabilidade da face estrutural são indispensáveis. A instalação de drenos sub-horizontais (Figura 9), evita o acúmulo de água e reduz a pressão hidrostática sobre a estrutura, prevenindo fissuras e deslocamentos.

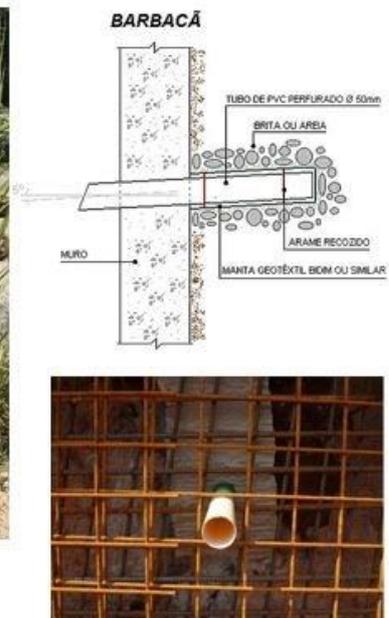


Figura 9 - Detalhe do Sistema de Drenagem em Cortina Atirantada. Fonte: Autor.

2.8. Monitoramento e controle

O monitoramento e controle de desempenho da cortina atirantada são essenciais para avaliar sua estabilidade ao longo do tempo e garantir que a estrutura continue operando dentro dos parâmetros de segurança. O monitoramento deve ser realizado desde a instalação dos tirantes até a fase de operação da cortina, evitando deslocamentos excessivos e falhas na ancoragem. Esse processo deve seguir diretrizes normativas, como a NBR 5629:2018, que estabelece critérios para ensaios de carga e inspeção de tirantes ancorados no solo. O monitoramento pode ser dividido em diferentes categorias, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Métodos de Monitoramento e Controle de Desempenho da Cortina Atirantada

Método de Monitoramento	Objetivo	Instrumentos Utilizados
Ensaio de Carga em Tirantes	Avaliar a resistência da ancoragem e sua capacidade de carga ao longo do tempo.	Macacos hidráulicos, células de carga e extensômetros.
Monitoramento de Deslocamentos	Verifique movimentações excessivas da cortina ou do maciço contido.	Inclinômetros, pinos de referência e medidores de recalque.
Controle da Pressão da Água nos Poros	Analisar o impacto das variações do nível d'água sobre a estrutura.	Piezômetros elétricos ou de corda vibrante.
Inspeções Visuais Periódicas	Identificar danos estruturais, fissuras ou posições visíveis.	Relatórios fotográficos e profundidade de fissuras.

Os ensaios de carga em tirantes são uma das principais formas de controle estrutural, sendo recomendados tanto no momento da instalação quanto em inspeções periódicas. Esses ensaios avaliam a resistência da ancoragem e sua capacidade de transferência de cargas. Conforme indicado por Massad (2010), a aplicação de carga controlada nos tirantes permite detectar possíveis perdas de tensão ao longo do tempo, evitando falhas estruturais.

O monitoramento de deslocamentos é essencial para detectar situações inesperadas que possam comprometer a estabilidade da cortina. A utilização de inclinômetros e pinos de referência permite a medição precisa de posições horizontais e verticais, garantindo que a contenção continue operando conforme projetado.

O controle da pressão da água nos poros também desempenha um papel crítico no desempenho da cortina atirantada. O uso de piezômetros permite avaliar a variação do nível da água subterrânea e sua influência sobre a estrutura. A NBR 11682:2009 recomenda a instalação de sistemas de drenagem eficientes para reduzir a pressão hidrostática sobre a cortina, prevenindo recalques diferenciais e erosão interna do maciço (Figuras 10 e 11).

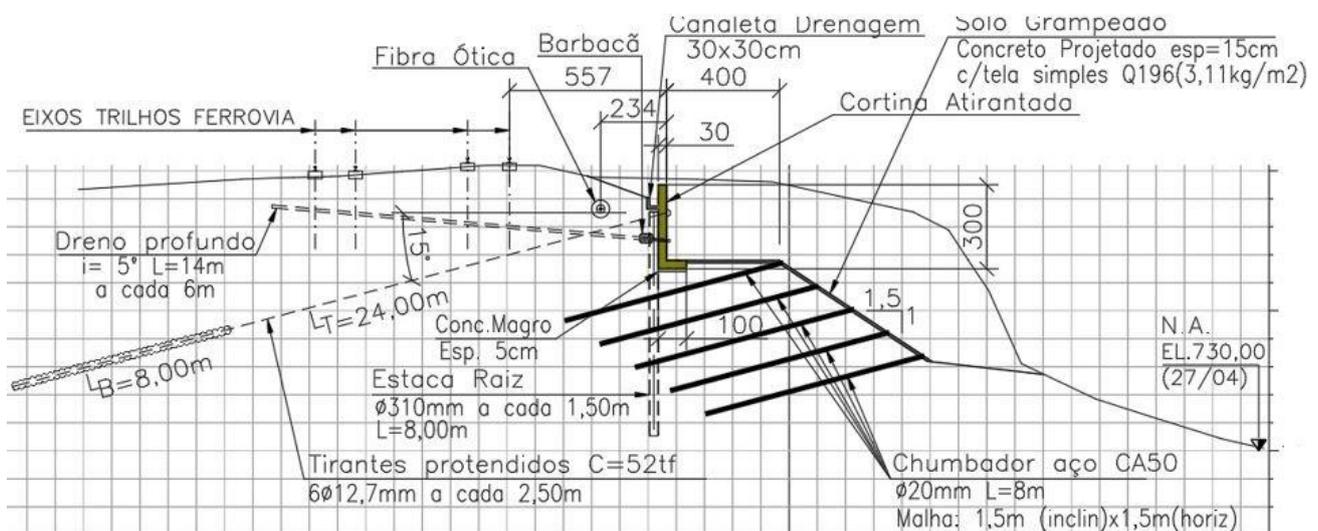


Figura 10 – Seção de Tirantes e Sistema de Drenagem Aplicado.

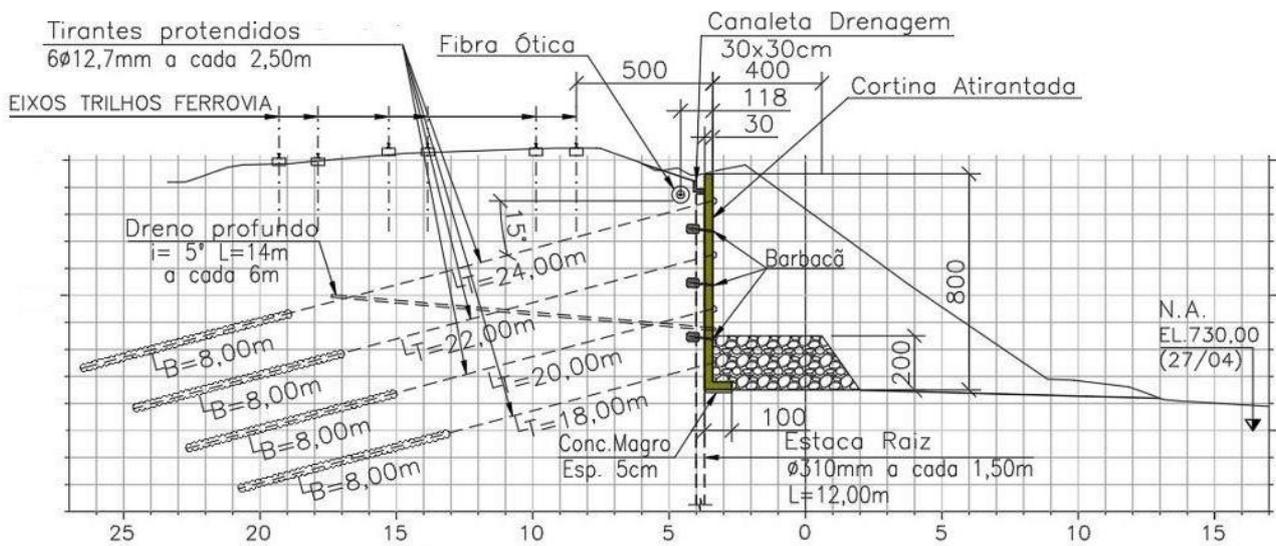


Figura 11 – Seção de Tirantes e Sistema de Drenagem Aplicado.

Além dos instrumentos de medição, as inspeções periódicas são fundamentais para identificar fissuras, deslocamentos ou qualquer anomalia que possa comprometer a segurança da estrutura. Relatórios fotográficos e registros de profundidade de fissuras devem ser atualizados periodicamente para garantir que medidas corretivas sejam cumpridas quando necessário.

3. CONCLUSÃO

As cortinas atirantadas são amplamente utilizadas na estabilização de solos e contenção de escavações. Entender as condições geológicas e geotécnicas é imprescindível para um bom projeto de contenção e respectiva eficiência estrutural. Sua aplicação requer um planejamento criterioso, que abrange desde a investigação geotécnica até a fase de monitoramento, garantindo que todas as etapas da execução sigam os padrões técnicos recomendados. O uso de diretrizes normativas, como as ABNT e da ABGE, aliado a boa investigação geológica e geotécnica é essencial para garantir a durabilidade e a estabilidade da estrutura ao longo do tempo.

A instalação adequada dos tirantes e a execução correta da estrutura são fatores determinantes para o desempenho da cortina. Técnicas condutoras, como má injeção da calda de cimento ou tensionamento deficiente dos tirantes, podem comprometer diretamente a resistência da estrutura às forças atuantes. Além disso, a aplicação da face estrutural, seja por meio de concreto projetado ou moldado *in loco*, protege a contenção contra processos erosivos e impactos mecânicos.

O monitoramento contínuo da estrutura desempenha um papel essencial na prevenção de deslocamento, rupturas e na manutenção da segurança da cortina. Ensaios periódicos, como monitoramento de deslocamentos e controle da pressão da água nos poros, permitem identificar variações de comentários que podem comprometer a estabilidade do sistema. Instrumentos como inclinômetros e piezômetros possibilitam a análise do comportamento da estrutura ao longo do tempo, conforme preconizado pela NBR 11682:2009.

Desta forma, a eficácia das cortinas atirantadas depende da combinação entre um projeto bem feito, conhecimento da geologia do local, execução planejada e monitoramento eficiente. A adoção de boas práticas na engenharia geotécnica e o uso de materiais e técnicas adequadas garantem que a estrutura desempenhe sua função de contenção com confiabilidade ao longo de sua vida útil.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15495-1/2007 - Poços de monitoramento de águas subterrâneas – Parte 1: Projeto e construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5629:2018 - Tirantes ancorados no terreno – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484:2020 - Sondagens de simples reconhecimento dos solos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

DECOURT, L.; QUARESMA, A. R. Capacidade de carga das fundações diretas em solos brasileiros. São Paulo: ABMS, 1978.

MASSAD, F. Engenharia de fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

NARESI JÚNIOR, L. A.; SILVA, A. G. Metodologia de execução de contenção em cortinas atirantadas e casos de obras. São Paulo: ABGE, 2024.

NORMA ABGE 100/2023. Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Métodos e Técnicas. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2023.

NORMA ABGE 103/2023. Sondagem à percussão. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2023.

NORMA ABGE 104/2023 - Sondagem rotativa e sondagem mista. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: Abge, 2023.

NORMA ABGE 107/2024. Ensaio de permeabilidade em solo utilizando furo de sondagem, poço, cava, slug test e anel duplo – Procedimentos para execução e interpretação de resultados. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2024.

PINTO, C. S. Curso básico de mecânica dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RANZINI, E. J.; NEGRO JÚNIOR, A. Engenharia de fundações: fundamentos e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.