

ObraVision · Aprender

Muros de arrimo

Como verificar muros de arrimo de gravidade e de flexão — empuxo, tombamento, deslizamento, tensões na base e armadura do fuste — e como salvar e exportar o cálculo.

VERSÃO DO MANUAL
1.0

ATUALIZADO EM
18/10/2026

Sumário

1. Para que serve
2. Onde fica no app
3. Passo a passo
 - a. Muro de gravidade
 - b. Muro de flexão
4. Campos
5. Como ler os resultados
6. Salvar, reabrir, histórico e exportar
7. Limitações desta versão
8. Perguntas frequentes
9. Ficha de teoria
 - a. Empuxo ativo
 - b. Tombamento e deslizamento
 - c. Tensões na base
 - d. Fuste do muro de flexão
 - e. Estabilidade global (em liberação)

Para que serve

Muros de arrimo verifica dois tipos de muro dentro da obra:

- **Muro de gravidade:** alvenaria, concreto ciclópico ou simples, seção trapezoidal que resiste pelo peso próprio.
- **Muro de flexão:** concreto armado em "T invertido" (fuste, ponta e calcanhar), com o solo sobre o calcanhar ajudando na estabilidade.

O app calcula o empuxo ativo, o tombamento, o deslizamento e as tensões na base, e, no muro de flexão, a flexão e o cortante do fuste. É uma memória de cálculo para conferência; a verificação final é do responsável técnico.

Onde fica no app

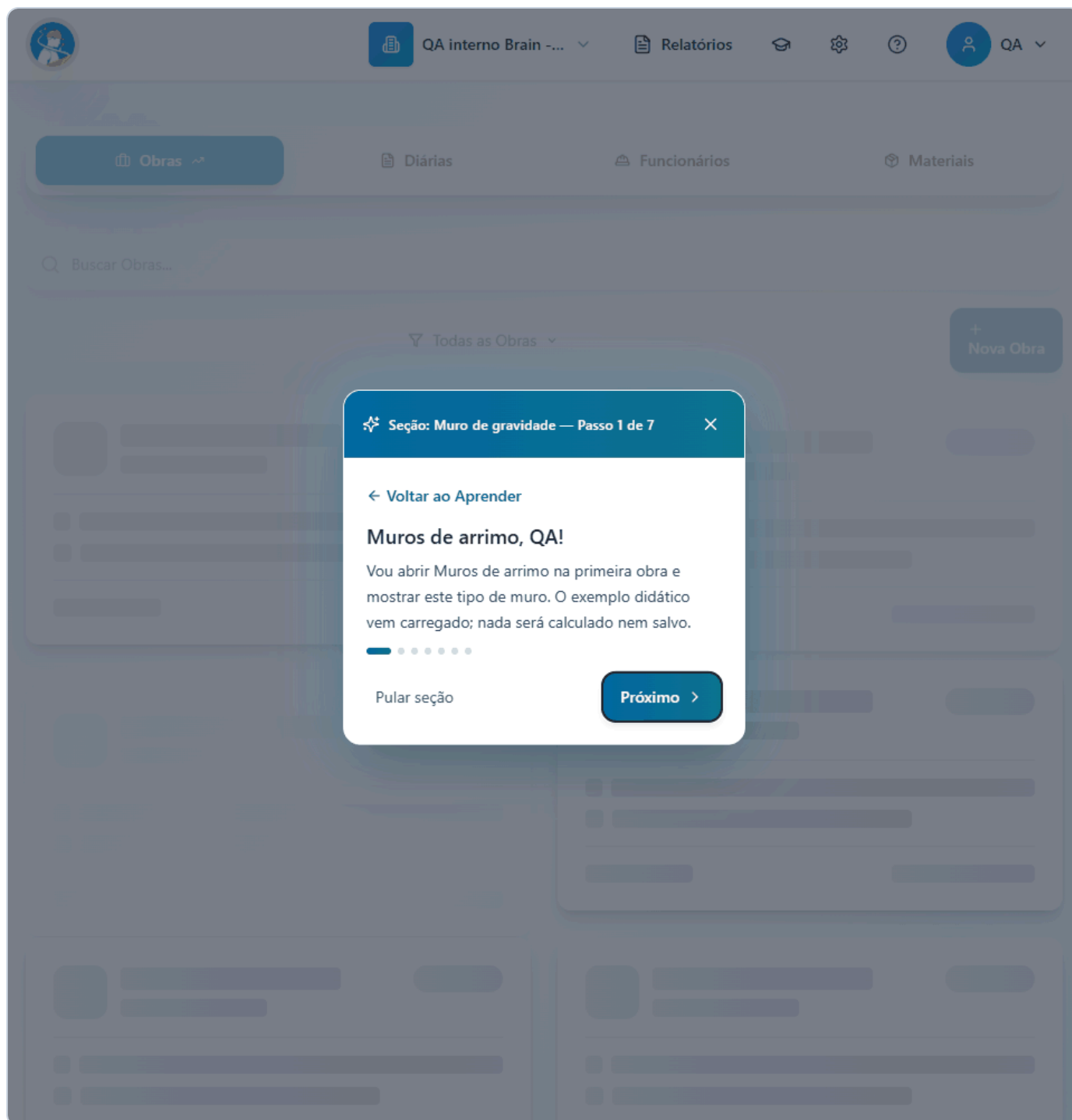
1. No painel, abra a aba **Obras** e toque na obra. Abre a **Central da obra**.
2. Escolha a área **Engenharia**.
3. No cartão **Muros de arrimo** ("Muros de gravidade e de flexão: empuxo, tombamento, deslizamento e tensões na base"), toque em **Acessar**.

Calcular e salvar exigem assinatura válida e papel de engenheiro, contratante ou administrador.

Passo a passo

Muro de gravidade

1. Em **Tipo de muro**, escolha **Muro de gravidade**. Um exemplo didático é carregado.
2. Preencha **Nome do cálculo (obrigatório)**.
3. Em **Seção (trapézio)**, informe **Altura**, **Base**, **Topo** e **Inclinação da face frontal**; escolha o **Material** (o peso específico é sugerido e pode ser editado).
4. Em **Aterro**, informe γ , ϕ , inclinação do terrapleno, sobrecarga e δ (atrito solo–muro).
5. Em **Fundação e segurança**, informe atrito solo–base, tensão admissível do solo, profundidade com empuxo passivo e os fatores de segurança mínimos.
6. Toque em **Calcular** e confira o desenho, a tabela de forças e a tabela de verificações. Toque em **Salvar cálculo**.

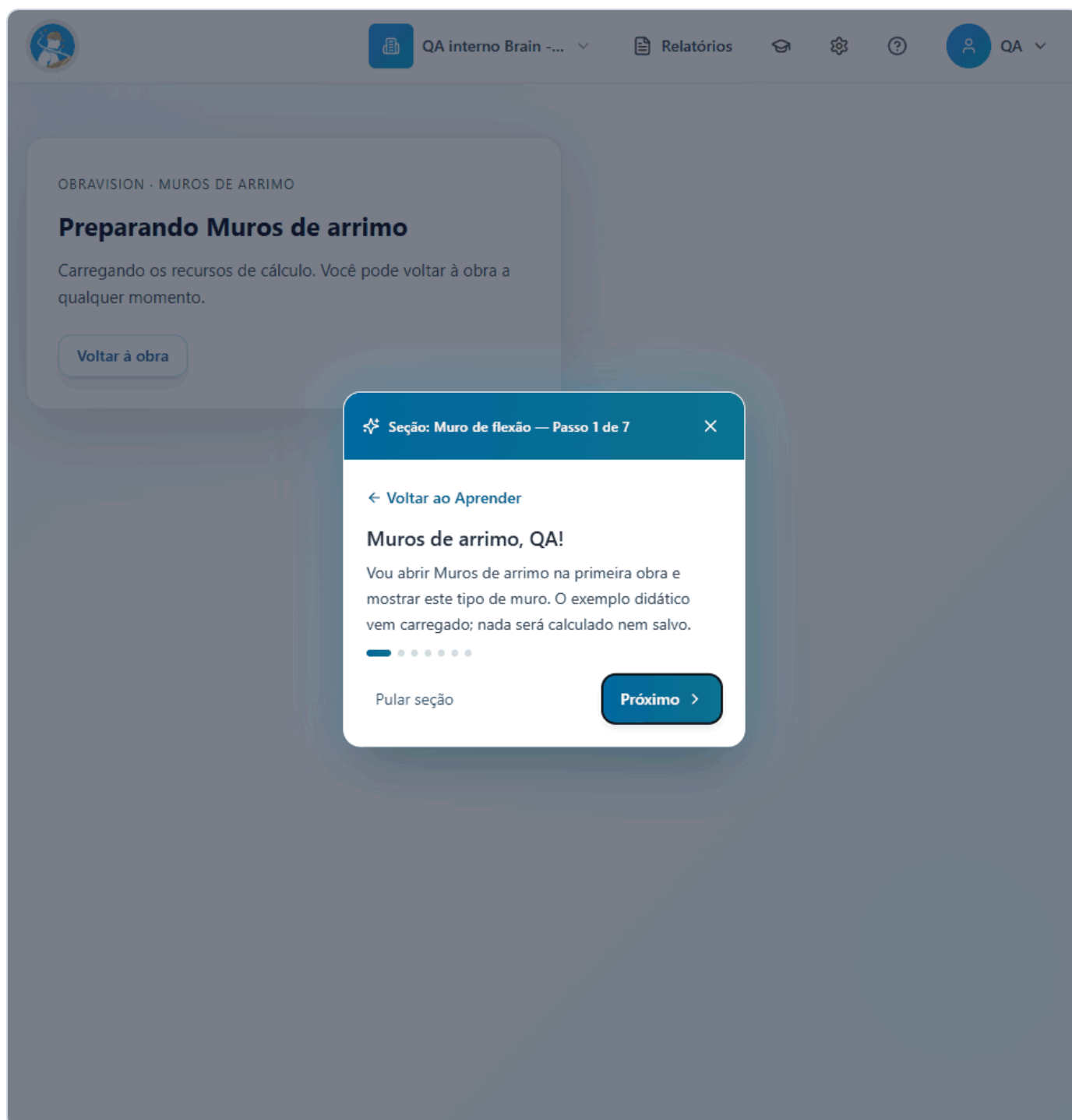


Muro de gravidade com empuxo e tensões na base

Muro de flexão

1. Em **Tipo de muro**, escolha **Muro de flexão**.
2. Em **Geometria**, informe altura do fuste, espessura do fuste no topo e na base, ponta, calcanhar e espessura da base.
3. Em **Concreto armado do fuste**, informe f_{ck} , cobrimento, ϕ das barras e y_f .
4. Preencha **Aterro** e **Fundação e segurança** como no muro de gravidade.
5. Opcional (em liberação): **Dimensionar ponta e calcanhar**, **Contrafortes (gigantes)**, coesão do aterro, nível d'água e **Verificar estabilidade global (Bishop simplificado)**.

6. Toque em **Calcular**. O resultado indica a armadura do fuste (ϕ c/ espaçamento) na face do aterro.



Muro de flexão com armadura do fuste

Campos

Campo	O que é	Unidade	Observação
Altura H	Altura do muro de gravidade	m	
Base B / Topo	Larguras da base e do topo	m	Topo + inclinação da face não pode exceder a base

Campo	O que é	Unidade	Observação
Inclinação da face frontal	Recuo horizontal do topo em relação ao pé da face	m	
Material / Peso específico do muro	Alvenaria de pedra, ciclópico, concreto simples, blocos grauteados	kN/m ³	22, 22, 24, 20 sugeridos
Altura do fuste	Altura do muro de flexão	m	
Fuste no topo / na base	Espessuras do fuste	cm	Topo não pode ser mais espesso que a base
Ponta / Calcanhar	Balanços da base	m	Base usual 0,4 a 0,7 H
Espessura da base	Laje da base	cm	
fck / Cobrimento / φ das barras / γ_f	Concreto armado do fuste	MPa / cm / mm / —	
γ	Peso específico do aterro	kN/m ³	
φ	Ângulo de atrito do aterro	°	
Inclinação do terrapleno β	Talude do aterro	°	Deve ser menor que φ
Sobrecarga q	Carga sobre o aterro	kN/m ²	
δ — atrito solo–muro	Inclinação do empuxo	°	Usual $2\varphi/3$ em muro rugoso; 0 em face lisa
Coesão efetiva c'	Coesão do aterro	kPa	Em liberação
Nível d'água acima do fundo da base / γ saturado	Água estática no aterro	m / kN/m ³	Em liberação
Atrito solo–base δ_b	Atrito no contato da base	°	
Tensão admissível	Tensão admissível do solo	kPa	
Solo à frente com empuxo passivo	Profundidade considerada	m	
FS tombamento / FS deslizamento	Fatores mínimos	—	Usual 1,5; confirme com a norma adotada
γ , φ e coesão do solo de fundação / FS estabilidade global	Estabilidade global	kN/m ³ , °, kPa	Em liberação; φ e c não podem ser ambos nulos
φ das barras da base	Armadura de ponta e calcanhar	mm	Em liberação
Espaçamento / Espessura dos contrafortes	Gigantes	m / cm	Em liberação

Como ler os resultados

- **Situação geral** traz um selo: **Atende** (verde), **Não atende** (vermelho), **Inconclusivo** (amarelo) ou **Não implementado** (cinza).
- Logo abaixo: **Empuxo ativo** (total e K_a equivalente), **Componentes** H e V com a altura de aplicação, **Cunha crítica**, **ΣV / e** (excentricidade) e **Tensões na base** (máxima / mínima).

- O desenho mostra a seção, a seta do empuxo e o diagrama de tensões na base.
- A tabela de **forças** lista V, H e braço de cada parcela.
- A tabela de verificações traz, para tombamento, deslizamento, tensões e (no muro de flexão) fuste: critério, valor, limite e selo.

O que fazer:

- **Não atende no tombamento:** aumente a base ou o calcanhar, ou reduza a altura livre.
- **Não atende no deslizamento:** aumente a base, considere o empuxo passivo na frente (se confiável) (o app não modela dente de base).
- **Não atende nas tensões:** aumente a base ou revise a tensão admissível.
- **Inconclusivo:** em geral, a resultante caiu fora do terço médio da base. Redimensione a seção.

Abra **Hipóteses e limites** para ver as hipóteses usadas e a lista "Não verificado".

Salvar, reabrir, histórico e exportar

- **Salvar cálculo** grava entradas, resultado do servidor e versão do cálculo. Ao reabrir e editar, o botão vira **Salvar nova versão**.
- **Cálculos salvos nesta obra (n):** lista as versões; toque para reabrir.
- **Exportar JSON, CSV** (verificação, critério, valor, limite, unidade) e **Imprimir** (com opção de salvar em PDF).
- **Exportar DXF** (em liberação): seção do muro, aterro, empuxo, tensões na base e armadura do fuste, em metros. Ver **Exportação DXF** (manual).

Limitações desta versão

- Em liberação: coesão do aterro, nível d'água com subpressão, dimensionamento de ponta e calcanhar, contrafortes e estabilidade global por Bishop simplificado.
- Não implementado nesta versão: ação sísmica; percolação (rede de fluxo) e água na fenda de tração; adesão solo-muro e coesão no empuxo passivo; superfícies de ruptura não circulares e solo de fundação estratificado; contraforte como placa em duas direções, cortante da alma do contraforte e detalhamento; tensões internas em muros de alvenaria ou ciclópico.
- Os fatores de segurança são entradas do usuário; o app não declara conformidade com norma.

Perguntas frequentes

Qual δ devo usar? É escolha de projeto. O app sugere $2\phi/3$ para muro rugoso e 0 para face lisa. No muro de flexão, o empuxo é aplicado no plano vertical que passa pela ponta do calcanhar.

O solo sobre a ponta entra na estabilidade? Não. Fica desprezado, a favor da segurança. O empuxo passivo só conta na profundidade informada.

Por que o resultado saiu inconclusivo com FS acima do mínimo? Porque a resultante saiu do terço médio da base, e a tensão passou a ser triangular sem tração.

Ficha de teoria

Empuxo ativo

Hipóteses:

- Coulomb por cunhas de tentativa: para cada ângulo da superfície de ruptura, equilíbrio da cunha (peso + sobrecarga, reação inclinada de φ , empuxo inclinado de δ); vale o máximo.
- Aceita dorso inclinado, terrapleno inclinado, atrito no muro e sobrecarga.
- Muro de flexão: plano virtual vertical na ponta do calcanhar, com $\delta = \beta$ (equivale a Rankine nesse plano).
- Zona tracionada desprezada.

Fórmulas principais:

E_a = máx sobre θ do empuxo de equilíbrio da cunha

$p(z) = K_a \cdot \sigma'_v(z) + K_{a,q} \cdot q - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$ (zona com $p < 0$ desprezada)

Sem água e sem coesão: $E_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2 + K_{a,q} \cdot H$ (solo a $H/3$, sobrecarga a $H/2$)

Rankine, plano vertical liso: $K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$

Fontes públicas: Coulomb (1776); Rankine (1857); redução de coesão de Rankine–Bell.

Tombamento e deslizamento

Hipóteses:

- Momentos em torno da ponta da base; peso do muro e do solo sobre o calcanhar estabilizam.
- Subpressão triangular sob a base quando há nível d'água (em liberação), somada ao momento tombador.
- Empuxo passivo de Rankine só na profundidade informada.

Fórmulas principais:

$FS_{\text{tomb}} = \Sigma M_{\text{resistentes}} / (\Sigma M_{\text{horizontais}} + M_{\text{subpressão}}) \geq FS_{\text{mínimo}}$

$FS_{\text{desl}} = ((\Sigma V - U) \cdot \tan \delta_b + E_p) / \Sigma H \geq FS_{\text{mínimo}}$

$E_p = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma \cdot h_p^2$, $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$

Fontes públicas: Coulomb/Rankine; convenção de subpressão do USACE EM 1110-2-2502.

Tensões na base

Hipóteses:

- Distribuição linear de tensões sob a base rígida.
- Fora do terço médio, distribuição triangular sem tração; resultado marcado como inconclusivo.

Fórmulas principais:

$$e = B/2 - (\Sigma M / \Sigma V)$$

$$|e| \leq B/6 : \sigma_{\max, \min} = (\Sigma V/B) \cdot (1 \pm 6e/B) \leq \sigma_{adm}$$

$$|e| > B/6 : \sigma_{\max} = 2 \cdot \Sigma V / (3 \cdot x) , \quad x = B/2 - |e|$$

Fontes públicas: mecânica dos solos clássica para fundações diretas.

Fuste do muro de flexão

Hipóteses:

- Fuste em balanço engastado na base, com o diagrama de pressões horizontais (e água, quando houver) e γ_f informado.
- Flexão simples e cortante sem armadura transversal, por metro de muro.

Fórmulas principais:

$$M_d = \gamma_f \cdot \int p(z) \cdot (h_f - z) \, dz$$

$$V_d = \gamma_f \cdot \int p(z) \, dz$$

$$A_s \geq \max(A_{s, calc} ; A_{s, mín})$$

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1}$$

Fontes públicas: apostilas públicas de concreto armado da UNESP (Bastos), segundo o modelo da ABNT NBR 6118:2023.

Estabilidade global (em liberação)

Hipóteses:

- Bishop simplificado em círculos que passam sob a base; corpo do muro só como peso; solo de fundação homogêneo.

Fórmulas principais:

$$FS = \Sigma [(c \cdot b + (W - u \cdot b) \cdot \tan \phi) / m\alpha] / \Sigma W \cdot \sin \alpha$$

$$m\alpha = \cos \alpha \cdot (1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi / FS) \quad (\text{iterativo})$$

Fontes públicas: Bishop (1955); USACE EM 1110-2-1902 (2003), apêndice C; FHWA NHI-06-088, cap. 6.

Manual Muros de arrimo · versão 1.0 · atualizado em 18/10/2026. Os cálculos do ObraVision apoiam o projeto; a conferência e a responsabilidade técnica são do profissional habilitado.