

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS EM
TRANSPORTES

PADRONIZAÇÃO E EFICÁCIA DOS PROCEDIMENTOS DE
CONTROLE EXTERNO EM OBRAS RODOVIÁRIAS DE
CONTENÇÃO DE TALUDES

FÁBIO FERREIRA PENIDO DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: ANDRÉ PACHECO DE ASSIS

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUDITORIA DE
OBRAS PÚBLICAS RODOVIÁRIAS

BRASÍLIA / DF: MARÇO / 2018

**TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO
INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS EM
TRANSPORTES**

**PADRONIZAÇÃO E EFICÁCIA DOS PROCEDIMENTOS DE
CONTROLE EXTERNO EM OBRAS RODOVIÁRIAS DE
CONTENÇÃO DE TALUDES**

FÁBIO FERREIRA PENIDO DE OLIVEIRA

**MONOGRAFIA SUBMETIDA AO INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA DO
TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO E AO CENTRO INTERDISCIPLINAR DE
ESTUDOS EM TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ESPECIALISTA EM AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS RODOVIÁRIAS**

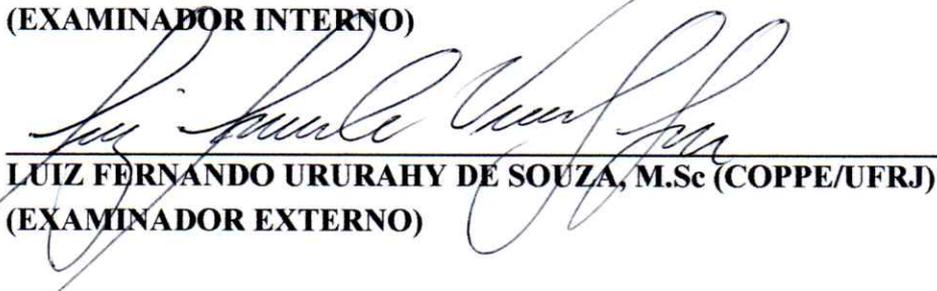
APROVADA POR:



**ANDRÉ PACHECO DE ASSIS, Ph.D.
(ORIENTADOR)**



**ALEXANDRE GIL BATISTA MEDEIROS, M.Sc (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**LUIZ FERNANDO URURAHY DE SOUZA, M.Sc (COPPE/UFRJ)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 15 DE MARÇO DE 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, F. F. P.

Padronização e eficácia dos procedimentos de controle externo em obras rodoviárias de contenção de taludes

Brasília, 2018

xi, 75 p., 210 x 297 mm (ISC/TCU, CEFTRU/UnB, Especialista, Auditoria de obras públicas rodoviárias, 2018)

Monografia de Especialização – Tribunal de Contas da União. Instituto Serzedello Corrêa. Universidade de Brasília. Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes.

1. Auditoria Rodoviária

2. Contenção de taludes

I. ISC/TCU

II. CEFTRU/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, FÁBIO F. P. (2018). Padronização e eficácia dos procedimentos de controle externo em obras rodoviárias de contenção de taludes. Monografia de Especialização, Instituto Serzedello Corrêa, Tribunal de Contas da União, Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 75 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Fábio Ferreira Penido de Oliveira

TÍTULO DA MONOGRAFIA: padronização e eficácia dos procedimentos de controle externo em obras rodoviárias de contenção de taludes

GRAU / ANO: Especialista em auditoria de obras públicas rodoviárias / 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Fábio Ferreira Penido de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Tribunal de Contas da União, pela oportunidade que foi dada para que seus auditores da área de infraestrutura rodoviária, gabinetes e coordenação pudessem aperfeiçoar seus conhecimentos, de forma a desenvolver auditorias mais eficientes e a cumprir a missão de aprimorar a administração pública em benefício da sociedade por meio do controle externo.

Agradeço também à minha família, pela compreensão nas minhas ausências, pela ajuda para o cumprimento das obrigações do dia a dia e pelo amor que sentimos uns pelos outros.

Em memória póstuma, sou extremamente agradecido à minha vó, pelo exemplo de vida que foi, pela sabedoria para mim repassada e por toda a entrega que deu na criação de nossa família.

RESUMO

As obras de contenção de taludes têm grande importância nas rodovias implantadas em terrenos ondulados e montanhosos. Do ponto de vista funcional, a garantia de estabilidade dos taludes rodoviários assegura a movimentação dos veículos de forma segura e econômica, do ponto de vista econômico, nesses tipos de terreno figuram entre os serviços mais onerosos das obras rodoviárias. Diante da importância dessas obras, buscou-se estudar se a forma de atuação do controle externo exercido pelo TCU era sistêmica e organizada, permitindo a detecção de erros relevantes de projeto, orçamentação e execução. Como objetivo buscou-se a melhora dos resultados obtidos pelas auditorias do tribunal nessas obras. Concluiu-se que os procedimentos de auditoria realizados pelo TCU são dependentes do conhecimento técnico dos seus auditores e não são sistematizados. Dessa forma, buscou-se identificar os pontos principais de estudos, projetos, orçamentação e execução que contribuem para o sucesso das obras de contenção de taludes. Após o entendimento desses pontos, elaborou-se uma matriz de planejamento contendo quatro questões sobre as obras de contenção de taludes e os procedimentos a serem executados para responde-las. Tomou-se o cuidado para que os procedimentos elaborados pudessem ser utilizados, em grande parte, por auditores não especializados em engenharia civil ou geotecnia.

Palavras-chave: Auditoria, Taludes, Obras rodoviárias

ABSTRACT

Slope containment works are of great importance on highways set up in rolling and hilly terrain. From a functional point of view, the guarantee of stability of the road slopes assures the movement of the vehicles in a safe and economical way, from the economic point of view, in these types of terrain they are among the most expensive services of the road works. Considering the importance of these works, it was sought to study if the form of external control exercised by the TCU was systemic and organized, allowing the detection of relevant errors of design, budgeting and execution. The objective was to improve the results obtained by the court's audits in these works. It was concluded that the audit procedures performed by the TCU are dependent on the technical knowledge of its auditors and are not systematized. In this way, it was sought to identify the main points of studies, projects, budgeting and execution that contribute to the success of the slope containment works. After the understanding of these points, a planning matrix was elaborated containing four questions on the works of contention of slopes and the procedures to be executed to answer them. Care was taken to ensure that the procedures developed could be used to a large extent by auditors not specialized in civil engineering or geotechnics.

Key-words: Audit, Slopes, Road works

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	APRESENTAÇÃO	1
1.2	PROBLEMA	2
1.3	JUSTIFICATIVA	2
1.4	OBJETIVOS	4
1.5	METODOLOGIA	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	7
3	ASPECTOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO	25
3.1	ESTUDO DE VIABILIDADE	25
3.2	ANTEPROJETO	32
3.3	PROCEDIMENTOS PRELIMINARES	32
3.4	PROJETO BÁSICO	35
3.5	PROJETO EXECUTIVO	36
3.6	ORÇAMENTO	40
3.7	EXECUÇÃO	45
4	ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS COLETADOS	48
5	PROPOSTA DE PROCEDIMENTOS DE AUDITORIA DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	53
6	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1– Tabela de acompanhamento do Fluxograma.	32
Tabela 2.2 – Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.	38
Tabela 2.3 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.	38
Tabela 2.4 – Fatores de segurança mínimos para deslizamentos.	39
Tabela 2.5 – Requisitos para estabilidade de muros de contenção.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Pesquisa sobre auditoria em contenção de encostas	5
Figura 2.1 – Tipos básicos de movimentos de massa	8
Figura 2.2 – muro de pedra seca.	11
Figura 2.3 – muro de pedra argamassada.	12
Figura 2.4 – muro de concreto ciclópico.	12
Figura 2.5 – muro de concreto ciclópico.	13
Figura 2.6 – muro de <i>crib-wall</i>.	14
Figura 2.7 – muros de flexão.	14
Figura 2.8 – Cortina Atirantada.	16
Figura 2.9 – Cortina Atirantada.	17
Figura 2.10 – Muro de solo-cimento.	18
Figura 2.11 – Cortinas Cravadas.	18
Figura 2.12 – Microestacas.	19
Figura 2.13 – Aterro reforçado com geotêxtil.	19
Figura 2.14 – Tela metálica fixada por chumbadores e recoberta por concreto projetado.	20
Figura 2.15 – Grelhas ancoradas.	21
Figura 2.16 – Telas metálicas.	22
Figura 2.17 – Barreiras flexíveis.	23
Figura 2.18 – Túnel falso.	24
Figura 3.1 – Tabela de características gerais para cada tipo de contenção de taludes.	28
Figura 3.2 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 1	29
Figura 3.3 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 2	30
Figura 3.4 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 3	31

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPU	Composição de Preço Unitário
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FIC	Fator de Influência de Chuva
Fiscobras	Programa de Fiscalização de Obras do Tribunal de Contas da União
FIT	Fator de Interferência de Tráfego
FS	Fator de Segurança
RDCi	Regime Integrado de Contratação Integrada
SeinfraRodoviaAviação	Secretaria de Fiscalização de Infraestrutura Rodoviária e de Aviação Civil
TCU	Tribunal de Contas da União
VMD	Volume Médio Diário de veículos

GLOSSÁRIO

Anisotropia: Propriedade de uma substância ou de um sistema em que as características variam conforme a direção em que são medidas.

Colúvio: Fragmento de rocha e materiais do solo acumulados em forma heterogênea, na base de encostas relativamente íngremes, por influência da gravidade.

Curva ABC: A classificação por meio da curva ABC baseia-se no princípio de Pareto, também conhecido como princípio dos “poucos significativos e muitos insignificantes”. A experiência mostra que os itens mais importantes (faixa A) respondem por cerca de 50% do valor total do orçamento. Já a faixa B abrange os itens que correspondem a cerca de 30% do valor total (itens de importância intermediária). A faixa C contém os itens relacionados a apenas 20% do valor total orçado (itens menos importantes). (BRASIL, 2012)

Geomorfologia: Ciência que estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rodovias, o clima da região e as diversas forças endógenas e exógenas, que entram como fatores modificadores do relevo terrestre.

Geossintético: produto sintético aplicado a obras geotécnicas e de proteção ambiental

Geotêxteis: produto têxtil permeável utilizado predominantemente em engenharia geotécnica exercendo funções de drenagem, filtração, reforço, separação e proteção.

Graute: mistura fluida de aglomerante (cimento, agregados, areia) e água, utilizada para preenchimento de vazios em formações rochosas, juntas e vazios menores em alvenaria.

Jet grouting ou Grauteamento: ato ou processo de forçar graute para dentro de vazios de formações rochosas

Off-sets: Estaca cravada a 2 m da crista de corte ou pé de aterro, devidamente cotada, que serve de apoio à execução de terraplenagem e controle topográfico, sempre no mesmo alinhamento das seções transversais.

Perfil geológico/geotécnico: representação, por meio de seções, de vistas e/ou de blocos-diagramas, das características geológicas e geotécnicas básicas do subsolo, assim como da superfície do trecho que interessa ao estudo de estabilidade do talude ou da encosta (ABNT, 2009)

Saprolíticos: rocha rica em sedimentos constituídos essencialmente de restos orgânicos, animais ou vegetais, que não sofreram decomposição total.

Sub-horizontal: plano ou reta pouco inclinados em relação à vertical

Sub-vertical: plano ou reta pouco inclinados em relação à horizontal

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Com o advento das necessidades de deslocamento constante pelo território brasileiro e pela característica de nossa ocupação territorial desde os tempos coloniais e do desenvolvimento de economias locais próximas aos polos do Rio de Janeiro e de São Paulo, foram construídas estradas para facilitar o deslocamento dos produtos. O uso de estradas como meio mais prático e indutor de desenvolvimento regional foi bastante incentivado e se tornou o principal meio de transporte de mercadorias e pessoas no governo Washington Luiz e figura até hoje como o principal meio de transporte (PEREIRA, 2014).

Ocorre que, para vencer os terrenos mais ondulados, o projeto rodoviário tem que realizar cortes e aterros nos terrenos de forma a proporcionar maior segurança e eficiência e cumprir os requisitos normativos das velocidades diretrizes mínimas para as classes de rodovia.

Uma das formas de manutenção dessas velocidades diretrizes mínimas é a limitação de raio mínimo de curvatura e de rampa máxima para a rodovia. Para atender esses parâmetros de projeto em terrenos ondulados, é necessário fazer o corte e o aterro do solo. Esses cortes e aterros são feitos de forma que o terreno abaixo ou acima da plataforma rodoviária se apresentem de forma inclinada em relação ao plano horizontal. A essa superfície inclinada, chamamos de talude (Brasil, 1997).

Dependendo do terreno, da altura e da inclinação desses taludes, é necessário fazer a estabilização, de forma a prevenir grandes massas de solo se deslocarem relativamente à plataforma rodoviária, interrompendo o trânsito ou colocando em risco os passageiros dos veículos em circulação naquela rodovia.

Essa estabilização pode ser feita por meio de simples correção na inclinação dos taludes até o uso de estruturas de concreto protendidas. O uso de cada solução depende do comportamento do solo a ser caracterizado pela empresa projetista e das restrições das condições dos locais de instalação, tais como área para implantação da solução mais barata.

Como, frequentemente, as contenções de encostas em terrenos ondulados que utilizam alguma estrutura estão entre os serviços de maior custo das obras de implantação ou duplicação rodoviária, o Tribunal de Contas da União (TCU), por meio de auditorias rodoviárias, tem interesse em verificar se a escolha do método de contenção foi o ideal para o projeto a ser construído.

1.2 PROBLEMA

O controle externo exercido atualmente pelo TCU em empreendimentos rodoviários, permite, com as ferramentas existentes, a detecção de erros relevantes de projeto, orçamentação e execução em obras de contenção de taludes?

1.3 JUSTIFICATIVA

A Portaria-Segecex 33, de 7 de dezembro de 2012, considerando, entre outros, a necessidade de expedir orientações às unidades técnicas deste Tribunal para padronizar os procedimentos de controle que envolvam contratações de obras e serviços de engenharia, aprovou a segunda revisão do Roteiro de auditoria de Obras Públicas. As orientações constantes desse roteiro devem ser obrigatoriamente observadas nas fiscalizações realizadas pelas unidades técnicas do TCU.

Esse roteiro de auditoria abrange os padrões de auditoria a serem observados pelas unidades técnicas especializadas do TCU, nas fases de planejamento, execução e relatório. O Roteiro dispõe de diversos procedimentos específicos voltados a vários aspectos das obras públicas, tais como análise de projetos, licitações, orçamentos, superfaturamentos, aditivos contratuais, reajustamento, imputação de débitos, responsabilização e outros assuntos correlatos. Entretanto, com relação às obras rodoviárias de contenção de encostas, somente as aborda de forma genérica. Quando aborda o assunto do projeto de contenções, a exigência em relação aos seus projetos se limita à existência dos projetos de contenção e reforço do terreno; da memória de cálculo do dimensionamento das contenções e do reforço do terreno; do projeto de detalhamento do rebaixamento do lençol freático, do detalhe das soluções; do memorial com justificativa do projeto; do cálculo de quantitativos e das especificações dos materiais e serviços. Entretanto, não possui nenhum procedimento específico de análise voltado para essas soluções.

Em terrenos ondulados a montanhosos, as obras de contenção de taludes são parte importante e materialmente relevante em obras rodoviárias. Constantemente tais obras figuram na parte “A” da curva ABC de uma obra rodoviária nesses tipos de terrenos, ou seja, essas obras de contenção normalmente se situam entre os serviços mais caros de um projeto de construção, duplicação ou adequação rodoviária. A classificação por meio da curva ABC baseia-se no princípio de Pareto, também conhecido como princípio dos “poucos significativos e muitos insignificantes”. A experiência mostra que os itens mais importantes (faixa A) respondem por cerca de 50% do valor total do orçamento. Já a faixa B abrange os itens que correspondem a cerca de 30% do valor total (itens de importância intermediária). A faixa C contém os itens relacionados a apenas 20% do valor total orçado (itens menos importantes) (BRASIL, 2012).

Para contribuir para a complexidade da análise dessas soluções de contenção, verifica-se que o conhecimento é estritamente técnico, dependendo de ensaios complexos e de conhecimento geotécnico do terreno, assim como do comportamento do solo nas diversas condições climáticas de cada região brasileira.

Outro fator que expressa a complexidade da análise de tais obras é a quantidade de soluções que podem ser aplicadas para a contenção dos taludes, as quais dependem das condições do solo, do perfil geológico/geotécnico do terreno, do espaço disponível para sua aplicação e do custo da solução adotada, quando comparada com a durabilidade projetada e com a facilidade de manutenção de seus dispositivos.

Para que se detecte os erros possíveis em projetos, orçamento e execução dessas obras, é necessária expertise do auditor de obras rodoviárias do Tribunal, o qual nem sempre tem formação em engenharia civil ou geotecnia.

Essa expertise pode vir por meio de cursos técnicos voltados a essa área da construção rodoviária, ou por meio de roteiros de auditoria que facilitem a análise dos auditores das unidades técnicas do Tribunal.

Entretanto, sem uma documentação que apoie a equipe não especializada nas auditorias realizadas neste tipo de obra, é possível que pontos falhos nas fases citadas passem despercebidos e a obra gere danos ao erário por solução projetada antieconômica, por erros na

formação de custos do serviço e até mesmo pela diminuição na vida útil da rodovia gerada pela má execução da obra.

A viabilidade desse trabalho é justificada pelo seu potencial de facilitar a execução de auditorias em obras de alta complexidade técnica, facilitando assim a obtenção de benefícios desses trabalhos, seja por detecção de inconsistências nos projetos e orçamentos adotados ou pela detecção de erros nos orçamentos elaborados.

Pela limitação de tempo e pelo grande número de soluções de estabilização de encostas, a monografia foi limitada às obras rodoviárias de contenção de taludes, sem a elaboração de procedimentos específicos para cada tipo de obra de contenção.

A escolha pelo tema se deu pela observação da dificuldade dos auditores em realizar uma auditoria mais detalhada nas obras de contenção de taludes. Essa dificuldade se dá pela falta de literatura especializada de fácil acesso e de linguagem mais próxima aos profissionais sem especialização nesse tema.

Embora existam trabalhos voltados à escolha das soluções de contenção de encostas, esse estudo voltado à auditoria de obras rodoviárias de contenção de taludes é inédito no meio acadêmico.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é melhorar os resultados obtidos pelas auditorias do Tribunal nas obras de contenção de taludes rodoviários.

Como objetivos específicos, tem-se:

- a) Elaborar procedimentos de auditoria a serem seguidos pelos auditores do TCU, de forma a facilitar a detecção de erros relevantes de projeto, orçamentação e execução de obras de contenção de taludes;
- b) Diminuir a necessidade de conhecimentos técnicos específicos de engenharia de contenção nos procedimentos de auditoria; e

c) Permitir que os auditores com formação diversa a de engenharia civil ou geotecnia consigam auditar, satisfatoriamente, obras de contenção de taludes rodoviários.

1.5 METODOLOGIA

Para a obtenção dos dados foi feita uma pesquisa documental nos processos de auditoria do ciclo anual de fiscalização de obras do Tribunal de Contas da União - Fiscobras, na área rodoviária, desde o ano de 2009 até o ano de 2015, que já tenham acórdãos prolatados.

Como resultado obteve-se que, apesar de ser citada em 128 casos, a contenção de encostas, em sua grande maioria, apenas constava do objeto da contratação, mas não foi avaliada a escolha do método de contenção, seu custo ou a sua execução.



Figura 1.1 – Pesquisa sobre auditoria em contenção de encostas

Fonte: Pesquisa de jurisprudência no site www.tcu.gov.br

Também foram feitas entrevistas junto aos servidores da Secretaria de Fiscalização de Infraestrutura Rodoviária e de Aviação Civil (SeinfraRodoviaAviação) e aos servidores do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) de forma a obter respostas sobre a sistemática e organização tanto das análises efetuadas pelos analistas do DNIT, quanto das auditorias realizadas pelos auditores do TCU em relação ao tema abordado. Dessa pesquisa se constatou que os procedimentos de análise de contenção de encosta ainda dependem da experiência do analista do DNIT ou do auditor do TCU, apesar de existirem iniciativas no sentido de elaborar procedimentos mais sistematizados.

Também foi feita pesquisa bibliográfica e eletrônica sobre o tema, visando o conhecimento de um referencial teórico sobre as técnicas de contenção de encostas, identificando os casos em que determinadas soluções de encostas sejam mais adequadas do que outras, seus pontos fortes e os erros mais comuns quando da elaboração do projeto desta técnica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

O Manual de Implantação básica de rodovias do DNIT (BRASIL, 2010, p. 53) define talude do corte como sendo “a inclinação da rampa do corte com a vertical (...) é expresso por uma relação entre a altura e a base de um triângulo retângulo, que tem um segmento da rampa por hipotenusa”. O talude de aterro é definido como a “a cotangente do ângulo de inclinação da saia do aterro expresso de maneira análoga à dos cortes ou a tangente, com o ângulo horizontal”.

Por estabilidade de talude, entende-se que é a “capacidade que esse possui de permanecer inalterado após a sua execução, resistindo à ação do intemperismo”. Esse manual ainda explica que a inclinação dos taludes se dá por critérios técnico-econômicos, sendo que os principais critérios técnicos são o atrito e a coesão interna do material, seguidos da natureza do solo no trecho, do regime de chuvas da região, da altura do corte, sua finalidade e o tipo de estrada, entre outros.

De acordo com o Manual de Geotecnia - Taludes de rodovias (SÃO PAULO, 1991, p. 3), o entendimento das condicionantes impostas pelo meio físico no desenvolvimento dos processos de instabilização de taludes de cortes, aterros e encostas naturais devem ser a base para a definição e construção de obras de estabilização. A falta deste entendimento pode levar a essas obras correrem “um grande risco de serem totalmente ineficientes, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, podendo ser executadas obras desnecessárias ou de custo excessivamente elevado para a sua função”.

Segundo a NBR 11682 – Estabilidade de taludes (ABNT, 2009), são tipos básicos de movimentos de massas (Figura 2.1): a queda ou rolamento, definida como sendo o desprendimento de fragmentos do terreno, de qualquer tamanho, que caem de certa altura, em queda livre ou com qualquer outra trajetória e tipo; o tombamento, caracterizado como o movimento de massa em forma de balsa com eixo na base; o escorregamento, que se dá pelo movimento de massa por deslocamento sobre uma ou mais superfícies; e o escoamento, representado pelo movimento de massa com propriedades de fluido, lento ou rápido (corrida).

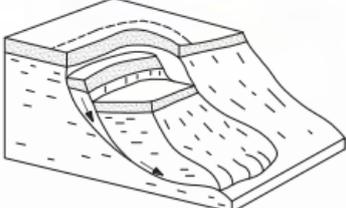
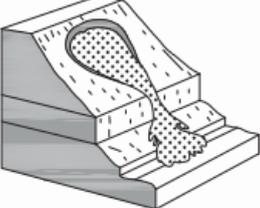
Terminologia dos tipos de movimento de massa	Figura	Definição
Queda / rolamento		Desprendimento de fragmentos do terreno, de qualquer tamanho, que caem de certa altura, em queda livre ou com qualquer outra trajetória e tipo de movimento
Tombamento		Movimento de massa em forma de balsa com eixo na base
Escorregamento		Movimento de massa por deslocamento sobre uma ou mais superfícies
Escoamento		Movimento de massa com propriedades de fluido, lento ou rápido (corrida)

Figura 2.1 – Tipos básicos de movimentos de massa

Fonte: ABNT, 2009

Já o Manual de Implantação básica de rodovias do DNIT (BRASIL, 2010, p. 291-293), diz que os tipos de movimentos mais comuns apresentados em taludes instabilizados são:

- a) o desprendimento, já explicado no parágrafo anterior;
- b) o escorregamento, definido como sendo “o deslocamento rápido de uma massa de solo ou rocha, que, rompendo-se do maciço, desliza para baixo e para o lado, ao longo de uma superfície de deslizamento. Explica que a sua correção, por ser geralmente onerosa, só se justifica em casos especiais;
- c) o rastejo, sendo definido como “o deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas”. Explica que a inclinação das árvores ajuda a detectar esse movimento.

Esse manual do DNIT ainda apresenta os processos indutores de instabilidade, quais sejam, os processos erosivos, os devidos à liquefação de solos superficiais e os processos de instabilidade propriamente ditos (BRASIL, 2010, p. 560).

Quanto aos processos erosivos, no qual a água ou vento carregam o material de forma constante ou periódica, desgastando o talude, o manual de implantação (BRASIL, 2010, p. 560) os classifica em: erosão laminar, ravinamento, erosão por sulcos, erosão cavernas, voçorocas, erosão em estágios avançados, erosão subterrânea, erosão eólica e erosão diferencial.

O manual de implantação do DNIT (BRASIL, 2010, p. 561) afirma que a maior incidência dos processos de instabilidade devido à liquefação de solos superficiais é em áreas de talvegues, encostas íngremes com capa de solo residual de pequena espessura e em encostas naturais constituídas de solo, sem revestimento vegetal protetor. Classifica os tipos mais comuns de liquefação de solos residuais em enxurradas; deslocamento de massa de solo saturado e liquefação de massa de solo, resultante de deslizamentos de capas de solo residual.

Em relação aos processos de instabilidade propriamente ditos, o Manual de Implantação do DNIT (BRASIL, 2010, p. 561-563) os separa pelo mecanismo de desenvolvimento, quais sejam:

- a) instabilidade superficial, definida como sendo aquela em que a profundidade da instabilidade é muito menor do que a sua extensão;
- b) instabilidade interna, com profundidade e extensão aproximadamente equivalentes. Conforme o manual, é sobre esse mecanismo de desenvolvimento que “os métodos de cálculo analítico têm a sua melhor e mais precisa aplicação”;
- c) instabilidade de grandes massas, quando a massa do solo instável atinge grande profundidade. Também se assemelha ao tipo de movimento escoamento definido pela NBR 11682, por ser uma massa de solo que se movimenta como um semifluido de alta viscosidade a velocidades diferentes conforme a sua profundidade;
- d) instabilidade devida à particularidade geológica local, cujas “características principais são deslizamentos rápidos e singulares, restritos ao local de particularidade geológica”; e

- e) colapsos ou deficiências de obras de estabilização, geralmente devidos “à inadequação de solução, à deficiência de projeto, à falha na execução da obra, assim como à falta de correção, conservação e manutenção e, também, a fatores externos imprevistos”.

Entre as causas mais comuns para os deslocamentos, esse manual (BRASIL, 2010, p. 293) indica fatores ligados à geometria dos taludes – inclinação não compatível com o terreno, escavação profunda no seu pé e altura excessiva; outros ligados a capacidade estrutural – sobrecarga excessiva ocasionada por “bota-foras” e baixo suporte dos solos de fundação, além do excesso de umidade do solo; e fendas, fraturas ou planos de estratificação do maciço, que se torna instável, pela presença de água de infiltração.

Afora as soluções de estabilização contra a erosão e os processos de liquefação de solos superficiais que envolvem somente obras de drenagem superficiais e revestimentos de superfície, a solução mais simples a ser estudada para a contenção de encostas, segundo o Manual de Geotecnia – Taludes Rodoviários (SÃO PAULO, 1991, p. 155) é o retaludamento, que consiste de um processo de terraplenagem, por meio do qual se alteram, por cortes ou aterros, os taludes originalmente existentes em determinado local.

O Manual de Implantação (BRASIL, 2010, p. 568) ainda complementa a obras de mudança de geometria de talude com o desmonte de partes instáveis com possibilidade de destaque, queda e rolamento e com o aterro ou berma estabilizante, executado no pé de talude de solo.

Outra categoria de obras simples, sem envolver estruturas de contenção que consta no Manual de Implantação (BRASIL, 2010, p. 568) é a de mudança do regime hidrogeológico, que envolve a execução de drenos sub-horizontais profundos; poços verticais de rebaixamento de lençol freático; galerias de drenagem para estabilização de grandes áreas; drenos superficiais; e canaletas de drenagem de pé de escarpa rochosa.

O último tipo de estabilização simples que esse manual elenca é a melhoria da resistência do terreno, por meio de injeção de calda de cimento em zonas de rocha alterada; injeção com produtos químicos em solos granulares e preenchimento com argamassa de fendas delimitadoras de blocos sujeitos a instabilidade, taludes rochosos.

Caso a geometria a ser alterada demande área excessiva ou trabalhos de terraplenagem muito caros, deve-se recorrer às obras de contenção ou drenagem.

Quanto às estruturas de contenção em solo, conforme a NBR 11682, essas podem ser de diversos tipos, quais sejam: muros de gravidade, muros de flexão, estruturas ancoradas e estruturas de solo reforçado.

Os muros de gravidade, como o nome indica, garantem a estabilidade através do peso próprio da estrutura. Devem atender à verificação de estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga da fundação. A linha de ação da resultante dos esforços envolvidos deve interceptar o terço central da base ou ter seu deslocamento justificado. Segundo o Manual de Implantação do DNIT (BRASIL, 2010, p. 569), “é contraindicada a sua construção em zona superior do talude ou encosta, pelo conseqüente acréscimo de carga introduzida”.

Normalmente são confeccionados por concreto simples, concreto ciclópico, gabiões, alvenaria de pedra argamassada ou de pedra seca, tijolos ou elementos especiais.

Os muros de pedra seca, segundo Manual de Geotecnia – Taludes Rodoviários (SÃO PAULO, 1991, p. 199), são pedras arrumadas manualmente, apresentam facilidade de construção, baixo custo e capacidade autodrenante, evitando pressões neutras contra o muro. Recomenda-se seu uso para a contenção de taludes de até 1,5 m, aproximadamente.



Figura 2.2 – muro de pedra seca.

Fonte: <http://silviatrevisaniblog.blogspot.com.br/2011/11/muros-de-pedra-um-pouquinho-de-historia.html>

Já os muros de pedra argamassada se diferem dos de pedra seca por terem seus vazios preenchidos com argamassa de cimento e areia. Devem ser implantados barbacãs para a drenagem da estrutura. Por possuírem maior rigidez comparativamente aos de pedra solta, recomenda-se sua utilização para contenção de taludes de até três metros.



Figura 2.3 – muro de pedra argamassada.
Fonte: <http://www.nortejuvil.pt/page63.html>

Segundo a reportagem “A ocasião faz a solução” (Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998), o muro de concreto ciclópico, que se trata de estrutura composta de concreto e agregados de grandes dimensões, tem como vantagem a facilidade de construção e baixo custo em alturas reduzidas. É vantajoso para contenção de taludes acima de três metros e tem que ter o cuidado executivo de ser implantado sistema de drenagem com barbacãs e dreno de areia.

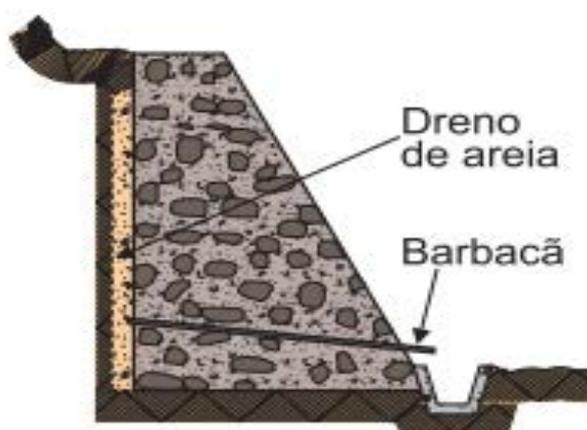


Figura 2.4 – muro de concreto ciclópico.
Fonte: Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998

Os gabhões são gaiolas de arame galvanizado, preenchidas com pedra britada ou seixos, que são colocadas justapostas e costuradas umas às outras por arame, formando muros de diversos formatos. Por ser de menor rigidez, são usados no caso de fundações que apresentam deformações maiores. Por serem simples de construir e de relativo baixo custo, são usadas como contenção provisória de aterro ou de menor responsabilidade. Para o uso em obras definitivas devem ter os fios de arame revestidos ou ter sua superfície externa argamassada, o que evita a sua depreação e a corrosão dos fios. O Manual de Geotecnia (SÃO PAULO, 1991, p. 205) não indica qual a altura preferencial para o uso dessa solução.



Figura 2.5 – muro de concreto ciclópico.

Fonte:

http://www.brasil.geradordeprecos.info/espacos_urbanos/Fundacoes/Contencoes/Muros_de_gabioes/Muro_de_gabioes.html

Como muro de gravidade de elementos especiais, o manual (SÃO PAULO, 1991, p. 203) cita os *crib-walls*, que são peças esbeltas de concreto com encaixes para poderem ser conectadas umas às outras, formando uma espécie de gaiola. O espaço vazio é preenchido por material terroso, entulho ou, preferencialmente, por blocos de rocha. O preenchimento gera o peso desejado e as peças de concreto respondem pela manutenção da forma e pela resistência da estrutura. Quando tratar de estrutura definitiva, devem usar um filtro na interface entre o *crib-wall* e o aterro. Existem locais onde esse tipo de muro de gravidade atinge até vinte metros de altura. A reportagem “A ocasião faz a solução” (Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998), aponta que o uso preferencial desse sistema se dá em áreas íngremes e locais pouco estáveis, que tem como vantagens a facilidade de construção, baixo custo, capacidade de adaptação ao terreno e aceitação de pequenos recalques. O cuidado com essa técnica seria a boa

resistência do terreno de fundação, a drenagem e a compactação cuidadosa do solo dentro da gaiola.



Figura 2.6 – muro de *crib-wall*.

Fonte: <http://www.senhoreco.org/2018/02/muro-vivo-em-madeira-tipo-cribwall.html>

Os muros de flexão, tais quais definidos na NBR 11682, diferem dos de gravidade por resistirem aos esforços por flexão, não serem monolíticos e geralmente utilizarem parte do peso próprio do maciço arrimado que se apoia sobre sua base, normalmente de concreto armado, para manter o equilíbrio. Apesar de dele diferirem, o dimensionamento deve atender os mesmos critérios do muro de gravidade, acrescido das verificações de estabilidade estrutural das peças do material constituinte.

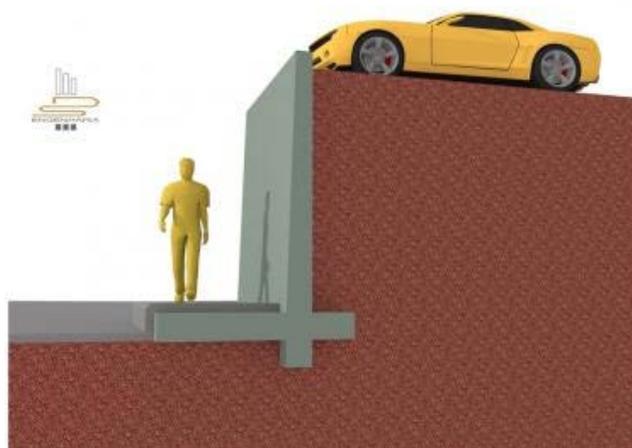


Figura 2.7 – muros de flexão.

Fonte: http://www.dsengenharia.com/projetos.php?id_P=46

Esses muros, geralmente executados em concreto armado se caracterizam, conforme o Manual de Geotecnia – Taludes de Rodovias (SÃO PAULO, 1991, p. 209), pela execução de aterros ou reaterros e possuem uma laje de fundo e outra vertical ou Sub-vertical, de paramento. Para maiores alturas se faz necessário o uso de nervuras, conhecidas como contrafortes, de tração, no caso de laje de fundo interna, ou de compressão, no caso de laje de fundo externa. Para seu correto funcionamento necessitam de um sistema de drenagem composto por drenos de areia e barbacãs. A vantagem desse sistema, de acordo com a reportagem “A ocasião faz a solução” (Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998), é a possibilidade de uma ocupação mais completa das áreas a montante e a jusante da estrutura. Como cuidados a serem tomados nesse sistema é citada a garantia de boa capacidade de suporte do terreno da fundação e a execução do sistema de drenagem interno.

As estruturas ancoradas são dimensionadas para que a estabilidade seja garantida por meio de tirantes ancorados no terreno ou por meio de estruturas específicas de ancoragem. A Estrutura pode ser em grelha, em placas ou em contrafortes. O dimensionamento deve atender aos critérios de norma para os tirantes injetados no terreno e aos fatores indicados para a estabilidade do maciço.

O Manual de Geotecnia – Taludes Rodoviários (SÃO PAULO, 1991, p. 215) cita, como exemplo de estrutura ancorada, a cortina atirantada, que é a uma estrutura de elementos verticais e sub-verticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados no substrato resistente do maciço por meio de tirantes protendidos. São consideradas como sendo as estruturas de contenção de maior eficácia, versatilidade e segurança. Entretanto, esse manual faz o alerta de que “a considerável evolução tecnológica precisa ser acompanhada de uma conscientização e racionalização dos processos de tomada de decisão, na escolha das obras mais adequadas em cada caso, e não simplesmente da escolha tecnicamente mais eficaz, porém de mais alto custo, independentemente de sua real necessidade” (SÃO PAULO, 1991, p. 219).



Figura 2.8 – Cortina Atirantada.

Fonte: <http://www.csaconstrutora.com.br/areas-de-atuacao/index/area/cortina-atirantada>

Quanto à sua execução, faz o alerta de que em cortes se executa a cortina atirantada de cima para baixo, conforme o andamento da escavação, tomando o cuidado de seguir a seguinte sequência construtiva: instalação dos tirantes, escavação do terreno, execução das placas de ancoragem e protensão dos tirantes. No caso da cortina em aterros, a execução se dá de baixo para cima, com a seguinte sequência construtiva: perfuração e instalação dos tirantes, concretagem do painel inferior, compactação do aterro e protensão dos tirantes. Um dos cuidados que se deve tomar, tanto nas cortinas executadas nos cortes, quanto nas em aterros é a protensão parcial dos tirantes, seja por falta de capacidade do terreno na fase de execução, seja pela redução da carga no tirante já protendido quando da protensão do tirante vizinho.

Outra estrutura ancorada citada pelo manual (SÃO PAULO, 1991, p. 223) é a Terra Armada e seus similares, mais usadas em estabilização de taludes formados por aterramento. Trata-se de solução constituída de solo compactado, armaduras distribuídas sobre o solo e ligadas a um paramento externo composto por placas que se encaixam umas às outras. Segundo a reportagem “A ocasião faz a solução” (Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998), é aplicado em aterros de até vinte metros de altura, tem como vantagens a rapidez de construção, a grande flexibilidade e a tolerância a recalques diferenciais. O cuidado a ser tomado é na escolha do material a ser utilizado como reaterro sobre as armaduras, pois este deve apresentar boas características de atrito interno.



Figura 2.9 – Cortina Atirantada.

Fonte:

http://tierraarmada.com/tae/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=11&lang=pt

As estruturas de solo reforçado, de acordo com a NBR 11682, se referem àquelas cuja estabilidade é garantida através do reforço do terreno com elementos resistentes introduzidos no seu interior. Normalmente se utilizam grampos, fitas, geossintéticos, colunas de solo-cimento ou estacas que trabalham conjuntamente com o terreno. Os esforços atuantes nos elementos resistentes utilizados devem situar-se na faixa de trabalho dos elementos considerados. As características físicas de resistência, deformabilidade e durabilidade dos materiais empregados devem ser apresentados e serem compatíveis com a dos produtos fabricados e existentes no mercado.

O muro de solo-cimento é citado no Manual de Geotecnia – Taludes de Rodovias (SÃO PAULO, 1991, p. 207), como sendo um tipo de solução de muro de gravidade. O muro de solo-cimento ensacado funciona como a dupla função de proteção superficial e contenção. Além de ensacado, pode ser usado compactado em camadas, o que faz com que o talude seja sustentado por uma faixa externa mais resistente e menos erodível. Sua função maior seria a de obturação de pequenas rupturas em taludes de grande extensão. Segundo a reportagem “A ocasião faz a solução” (Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998), suas vantagens são a facilidade e rapidez de execução, grande flexibilidade e baixo custo. Os cuidados seriam a seleção criteriosa do solo a ser utilizado na mistura.



Figura 2.10 – Muro de solo-cimento.

Fonte: <https://cimentomontesclaros.com.br/solo-cimento/>

Outro exemplo de estruturas de solo reforçado citado naquele manual (SÃO PAULO, 1991, p. 211) são as cortinas cravadas, que trabalham à flexão e resistem aos esforços pelo apoio da parte enterrada do perfil, chamada ficha. Podem ser contínuas, quando compostas por estacas-prancha ou justapostas, ou descontínuas, quando a cravação é espaçada e o intervalo preenchido por pranchões de madeira ou placas de concreto. São muito utilizadas em obras provisórias e, quando definitivas, deve-se proteger os perfis metálicos de cravação contra a corrosão e não se deve usar madeira para a ligação entre os elementos cravados.



Figura 2.11 – Cortinas Cravadas.

Fonte: <http://pradomacedo.com/servicos-fundacoes.php?lang=fr>

Outro exemplo de solo reforçado são as microestacas ou estacas-raiz, que são estacas, em forma de reticulados interligados por blocos de ligação, introduzidas no terreno por perfuração, colocação de armadura e injeção de concreto sobre pressão. O reforço do terreno se dá pela

armadura e pela excelente aderência proporcionada pela injeção da estaca sob pressão. Por ser de elevado custo, comparável ao da cortina atirantada, seu uso tem sido bastante restrito.



Figura 2.12 – Microestacas.

Fonte: http://www.ancorporgroup.com/services/cortina-de-microestacas_4

O último exemplo daquele manual (SÃO PAULO, 1991, p. 225) é o aterro reforçado com geotêxtil, que é a simples execução de um maciço composto de solo e mantas geotêxteis. As mantas têm o papel de confinar o solo à face externa e de resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. Quanto ao comportamento estrutural, se comportam como uma estrutura de contenção convencional, sendo sua verificação de estabilidade efetuada conforme as efetuadas pela estabilidade de conjunto. Como vantagens citadas estão o baixo custo, a rapidez e a facilidade na execução.



Figura 2.13 – Aterro reforçado com geotêxtil.

Fonte: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/163/engenharia-flexivel-nas-contencoes-drenagem-e-reforco-de-solos-285825-1.aspx>

Uma estrutura não citada naquele manual, mas citada na reportagem “A ocasião faz a solução” (Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998), é a tela metálica fixada por chumbadores e recoberta por concreto projetado. Esta estrutura consiste no reforço do maciço pela introdução de chumbadores e posterior recobrimento do talude com tela metálica fixada por pinçadores e aplicação de concreto projetado com sete a dez centímetros de espessura. A vantagem do sistema é a de não requerer escavações, fôrmas, escoramentos ou andaimes. Deve-se tomar o cuidado de instalar um sistema de drenagem composto por barbacã, drenos profundos, canaletas e outros.

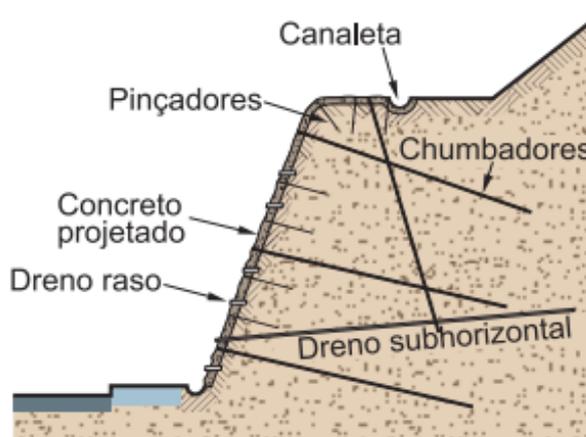


Figura 2.14 – Tela metálica fixada por chumbadores e recoberta por concreto projetado.

Fonte: Revista Técnica, Edição 37, Novembro/1998

Quanto às obras de contenção em rocha, segundo a NBR 11682, os elementos introduzidos no talude rochoso para aumentar sua estabilidade podem ser divididos em cinco grupos.

O primeiro grupo consiste em introdução de ancoragens e chumbadores, sendo as estruturas mais usuais as grelhas ancoradas, os contrafortes de concreto armado, as placas de concreto armado e as telas metálicas.

As grelhas ancoradas são constituídas de vigas horizontais e verticais de concreto armado, adaptadas às irregularidades da face do talude rochoso, tendo ancoragens protendidas posicionadas na interseção das vigas. Elas servem para consolidar regiões potencialmente instáveis em taludes rochosos fraturados.

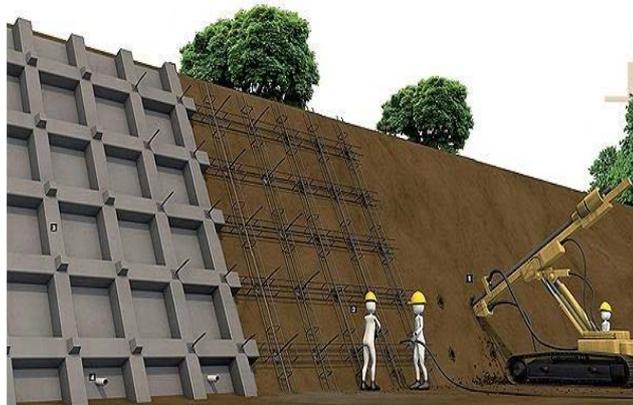


Figura 2.15 – Grelhas ancoradas.

Fonte: <https://sites.google.com/site/naresi1968/naresi/40-grelhas-atirantadas>

Aplicados como apoio ou calçamento, os contrafortes de concreto armado são estruturas adaptadas às irregularidades da face do talude rochoso, trabalhando predominantemente à compressão.

As placas de concreto armado são utilizadas quando se pretende distribuir as tensões introduzidas no maciço por ancoragens protendidas.

Visando a estabilização de taludes rochosos muito fraturados ou mesmo saprolíticos, as telas metálicas são sempre posicionadas junto à face do talude e fixadas por meio de ancoragens, tirantes ou chumbadores. Por serem formadas por um sistema de tela, placas metálicas de distribuição e pelos elementos de fixação, a contenção com telas metálicas tem que ser verificada quanto à possibilidade de ruptura desse sistema e seus componentes devem ser comprovados quanto à sua resistência, durabilidade, proteção anticorrosiva e desempenho. Além disso, o comprimento, espaçamento e diâmetro do elemento de fixação devem ser determinados por cálculo da ruptura global do maciço, ante a possibilidade de queda da porção rochosa, com superfície planar ou em cunha, condicionada pela geologia local.



Figura 2.16 – Telas metálicas.

Fonte: <https://www.maccaferri.com/br/produtos/queda-de-rochas-steelgrid-e-tela-de-alta-resistencia/tela-de-alta-resistencia/>

O segundo grupo consiste em alterações na geometria do talude por meio de implantação de banquetas, que podem ser para diminuição do ângulo médio do talude e para a redução de energia.

Quando a alteração for efetuada visando aumentar o fator de segurança e a permissão da implantação da drenagem superficial, se está utilizando a banqueteta para diminuição do ângulo médio do talude. A altura de talude entre cada banqueteta e sua largura deve ser calculada visando atender à estabilidade geral da encosta e a de cada talude entre as banquetas, tomando-se o cuidado de não exceder de quinze metros a altura do talude.

Já as banquetas para a redução de energia são utilizadas quando se visa criar espaços para a redução da energia cinética de blocos rochosos em queda. O cálculo de sua largura e altura devem ser efetuados por métodos numéricos que simulem a energia e a trajetória de rolamento de blocos rochosos em queda.

O terceiro grupo de elementos que podem ser introduzidos no talude rochoso consiste em elementos de drenagem, tais como drenagem superficial e drenos profundos. Os elementos de drenagem superficial devem ser calculados por meio de métodos consagrados e, preferencialmente, serem moldados no local. Já os drenos profundos são utilizados para manter rebaixado o lençol freático profundo e seu dimensionamento deve levar em conta os estudos geológicos e hidrogeológicos de forma a não permitir a passagem de partículas sólidas junto ao escoamento da água. São geralmente constituídos de tubos perfurados ou permeáveis

protegidos por materiais granulares ou sintéticos, que atendam aos critérios granulométricos de filtro.

As barreiras e estruturas de impacto são o quarto grupo destes elementos, visam à desaceleração de blocos de rocha ou de massas de solo em movimento, e consistem em muros rígidos ou semi-rígidos de impacto, barreiras flexíveis e trincheiras de amortecimento.

Os muros rígidos são estruturas associadas a uma área plana, atrás da face interna do muro, destinadas ao amortecimento do impacto. A largura da área de amortecimento e a altura do muro devem ser determinadas por métodos numéricos que simulem a energia e a trajetória de blocos rochosos e de massas de terra em movimento.

As barreiras flexíveis são constituídas de postes, telas, rede de anéis e cabos, todos em aço, além de dispositivos de frenagem. Para cumprir seu objetivo de desaceleração de blocos rochosos ou massa de solo em movimento, deve-se calcular por métodos numéricos iguais aos descritos para os muros rígidos. Dessa forma se obtém o número de elementos, o posicionamento da barreira na encosta, assim como sua altura e seu tipo.



Figura 2.17 – Barreiras flexíveis.

Fonte: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/24/solucoes-tecnicas-2-barreira-para-contencao-de-rochas-277852-1.aspx>

Servindo de área de impacto para a queda e coleta de blocos rochosos e de massas de solo e, também tendo a sua largura e profundidade calculadas pelos métodos numéricos citados, as trincheiras de amortecimento são posicionadas ao pé da encosta.

Por último, o uso de túnel falso seria o quinto elemento a ser introduzido nos taludes rochosos. Seu uso é mais específico para fins de proteção de vias de transporte, pois são estruturas utilizadas como cobertura para essas vias, servindo de desvio ou recebimentos de avalanches e quedas de blocos rochosos ou detritos. Além de sua largura e extensão serem calculadas pelos métodos numéricos citados, a sua estabilidade interna deve ser verificada quanto à energia e ao impacto esperados.

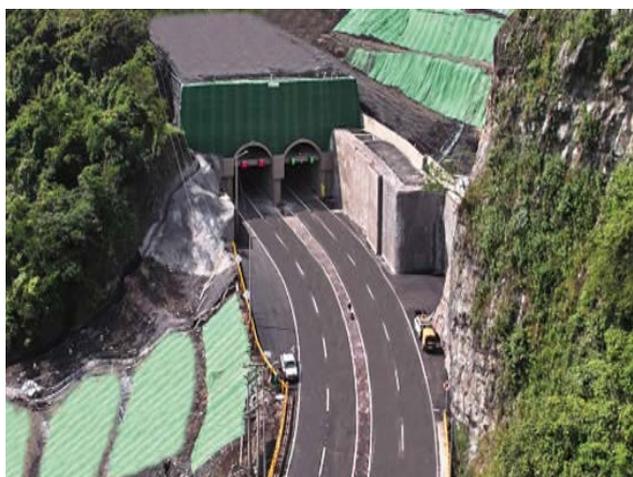


Figura 2.18 – Túnel falso.

Fonte: <http://nuevo.geotam.com/nuevo1/index.php/experiencia>

Também é possível a estabilização do talude por meio de soluções mistas, que envolvem simultaneamente duas ou mais das soluções descritas anteriormente ou, até, como elementos de estabilização diferentes daqueles listados, tais como “*jet grouting*”, reticulado de estacas tipo raiz, cortinas de tubulões, muros de terra e outros. Nesse caso seu dimensionamento deve atender, no que couber, à NBR 11682. Nos outros casos os critérios e cálculos adotados devem ser demonstrados pelo engenheiro civil geotécnico responsável.

3 ASPECTOS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO

As obras rodoviárias de contenção de encostas devem ser avaliadas desde o estudo de viabilidade do empreendimento, onde devem ser considerados os custos de sua implantação.

Segundo a NBR 11682 – Estabilidade de encostas, no caso de estradas, os estudos e projetos devem levar em conta a geologia e geomorfologia ao longo do traçado, direção e mergulho das rochas, presença de colúvios e outras situações críticas. As investigações devem ser definidas pelo projetista, caracterizando os taludes específicos nos quais devem ser realizados os estudos individualizados prescritos nessa norma. Os projetos devem obrigatoriamente prever drenagem e proteção contra erosão em todos os taludes de corte e aterro.

Essa norma prevê, ainda, que a escolha da solução a ser adotada no projeto de estabilização deve levar em conta a caracterização do mecanismo de instabilização, a elaboração de modelo geológico-geotécnico das condições locais e um estudo de alternativas de projeto em que sejam considerados: acessos, condições de operação de equipamento, disponibilidade de materiais, local adequado para bota-fora; dificuldades construtivas, interferências com instalações existentes, implicações ambientais, dificuldades de manutenção, segurança da equipe e dos equipamentos envolvidos na construção, custos e prazos do empreendimento.

Apesar da importância dada pela norma para os estudos de investigação, o Manual de Geotecnia – Taludes Rodoviários (SÃO PAULO, 1991, p. 149), cita ser comum, no estado de São Paulo, os exemplos de obras que são executadas sem as fases de estudos de investigação e estudos para concepção e otimização de um determinado projeto. Um exemplo dado é o caso de uma cortina ancorada em que se fixa a ancoragem na massa em movimento, em vez de zona mais resistente do talude ou encosta. Esse manual aponta que a fase de investigação é, geralmente, a mais sacrificada, tendo as menores verbas e o menor prazo.

3.1 ESTUDO DE VIABILIDADE

A NBR 8044 – Projeto Geotécnico, em seu item 15.1 define a fase de viabilidade de estabilização de taludes naturais como “a coleta de dados existentes e cadastramento adequado feito no local, que fornecem uma visão global do problema e permitem a elaboração da concepção preliminar no projeto”.

Essa norma recomenda as seguintes investigações: informações cadastrais, baseando-se na obtenção de elementos já existentes relativos à região e os locais de estudo concernentes aos aspectos geológicos, pedológicos, hidrológicos, de vegetação e de interferências humanas, além de dados geomorfológicos e geotécnicos; levantamentos expeditos de várias características dos taludes existentes que proporcionarão a elaboração de croqui em escalas adequadas e suficientes para uma primeira análise; visita ao local para um contato mais direto e definição das diretrizes para as etapas posteriores; e investigações geológico-geotécnicas com mapeamento superficial e sondagens em quantidade adequada para simples reconhecimento das ocorrências de solo ou rocha.

As análises e estudos recomendados para essa fase são a elaboração de seções topográficas extraídas de plantas existentes e corrigidas com as informações fornecidas pelas investigações realizadas; a elaboração de seções geológico-geotécnicas com os elementos existentes ou complementados pelas investigações de campo e mapeamento superficial; a elaboração, com base em parâmetros estimados, de análises de ruptura expeditas, que permitam a escolha de taludes de projetos técnica e economicamente viáveis; e a previsão de métodos construtivos viáveis e indicação das obras complementares

Segundo essa norma, os resultados obtidos são a obtenção de todas as informações necessárias para escolha da solução técnica e economicamente mais adequada e a possível evidenciação de áreas com instabilidade localizada e de pequeno volume, onde seja economicamente mais indicado a não interferência no processo natural, cabendo apenas medidas preventivas de segurança ou de desobstrução.

Sobre esse assunto, o Manual de Geotecnia – Taludes Rodoviários (SÃO PAULO, 1991, p. 155) é cristalino ao afirmar que a escolha do tipo de obra adequado para determinado local é o produto final de todo um processo de caracterização geológico-geotécnica e fenomenológica, devendo a obra atuar exatamente sobre o agente causador das instabilizações.

Defende que o estudo de alternativas, feito após a definição dos mecanismos de instabilização, devem partir sempre de solução mais simples e de menor custo, somente usando-se as soluções mais caras após as primeiras se mostrarem inviáveis ou inadequadas. Nesse sentido, afirma ser comum o uso de soluções pré-concebidas, geralmente de custo elevado, definidas em projetos tipo ou solução padrão, que seriam aplicáveis a qualquer caso.

Por sua clareza e pela exposição dada às tendências do mercado, transcreve-se trecho desse Manual com argumentação sobre os critérios de escolha das obras de contenção de encostas (SÃO PAULO, 1991, p. 191):

Apesar de sua simplicidade e de se tratar da primeira medida de correção a ser considerada, de uma maneira geral, em casos de instabilização de taludes, o assunto retaludamento vem merecendo pouca atenção da maioria das projetistas que vêm gradualmente reduzindo a importância com que enfocam os métodos de estabilização ditos "tradicionais", isto é, as alterações geométricas, a drenagem e a proteção superficial dos taludes.

Tem sido enfatizado cada vez mais o uso dos métodos "modernos" ("estacas-raiz", atirantamento). Sem desprezar estas tecnologias, avançadas e utilíssimas em muitos casos, deve-se, no entanto, manter claramente os raciocínios de prioridades e relação benefício-custo dos diversos tipos de obras, especialmente no caso de estabilização de taludes.

Assim, antes de se pensar em executar cortinas atirantadas, é preciso estudar se existe a possibilidade de resolver o problema por um simples retaludamento, o que é, geralmente, uma solução muito mais simples e barata. (grifo nosso)

Uma proposta simples, porém, de grande utilidade para essa fase, mas que não considera os resultados provenientes de ensaios geotécnicos do solo, foi feita por TORRES (2017).

Primeiramente foi elaborada uma tabela com as principais características de cada tipo de estrutura de contenção de taludes (Figura 3.1). Essa tabela balizou um fluxograma (Figura 3.2 a 3.4) a ser aplicado em conjunto com uma tabela de acompanhamento em que são listados numericamente os tipos de estrutura de contenção (Tabela 1), conforme as condições encontradas no local do talude a ser estabilizado, tais como natureza e característica do solo arrimado e do solo de fundação; altura da estrutura; condições de espaço; cargas influentes; mão de obra e equipamentos disponíveis e custos. O resultado da aplicação do fluxograma é a eliminação de estruturas inviáveis e a indicação, por nível de custos ascendentes, das estruturas viáveis para a estabilização dos taludes.

Estruturas Viáveis	Altura máx	Solo limitante	Espaço necessário para construção/modificação	Limitado por presença de estruturas no pé do talude	Limitado por presença de estruturas na crista do talude	Limitações/Particularidades
Retaludamento	—	—	—	—	Sim	-Grande volume de terra a ser movimentado -Presença de estruturas que não podem ser retiradas, ou presença de mata nativa.
Muro de pedra	Até 4m	Solos de baixa resistência	40% da altura da estrutura	Sim	—	-Necessita jazida de pedras nas proximidades
Muro de saco de solo-cimento	Até 5m	—	50% altura do muro	Sim	—	-Indicado preferencialmente para casos de ruptura em retaludamento ou pequenas rupturas
Muro de Pneu	Até 5m	—	50% altura do muro	Sim	—	-Causa poluição visual e é pouco usual
Muro de Concreto Cidôptico	Até 8m	Solos de baixa resistência	40% da altura do muro	Sim	—	-Estrutura muito pesada -Pode ser armado ou não
Gabiões	Até 8m	—	50% da altura do muro ou mais	Sim	—	-Extremamente flexíveis, indicados para solos com alta deformabilidade -Se integra à natureza com o tempo
Solo reforçado com geossintéticos	Até 15m	—	Ocupa muito espaço	Sim	—	-Grande volume de terra a ser movimentado e compactado
Terra armada	até 20m	Solos ácidos ou Solos com pouco atrito	Ocupa muito espaço	Sim	—	-Grande volume de terra a ser movimentado e compactado
Solo grampeado	—	Solos argilosos ou Solos sem atrito	—	—	—	-Necessita de um solo com aderência adequada na região onde serão ancorados os grampos -Método caro
Cortina atrintada	—	—	—	—	—	-Método mais caro apresentado -Necessita de um solo com resistência adequada na região onde serão ancorados os tirantes
Desmonte de matações	—	—	—	Sim	Sim	-Presença de estruturas ou fauna e flora que possa ser afetada por poluição sonora, vibrações e poeira ou eventuais rolamentos causados pelas explosões. -Interrupção do tráfego
Estabilização de matações	—	—	Necessita de espaço proporcional ao tamanho do contraforte	—	—	-No caso de atrintado, necessita substrato resistente. -Bastante cara, indicada somente para casos onde o desmonte é inviável.

Figura 3.1 – Tabela de características gerais para cada tipo de contenção de taludes.

Fonte: TORRES (2017)

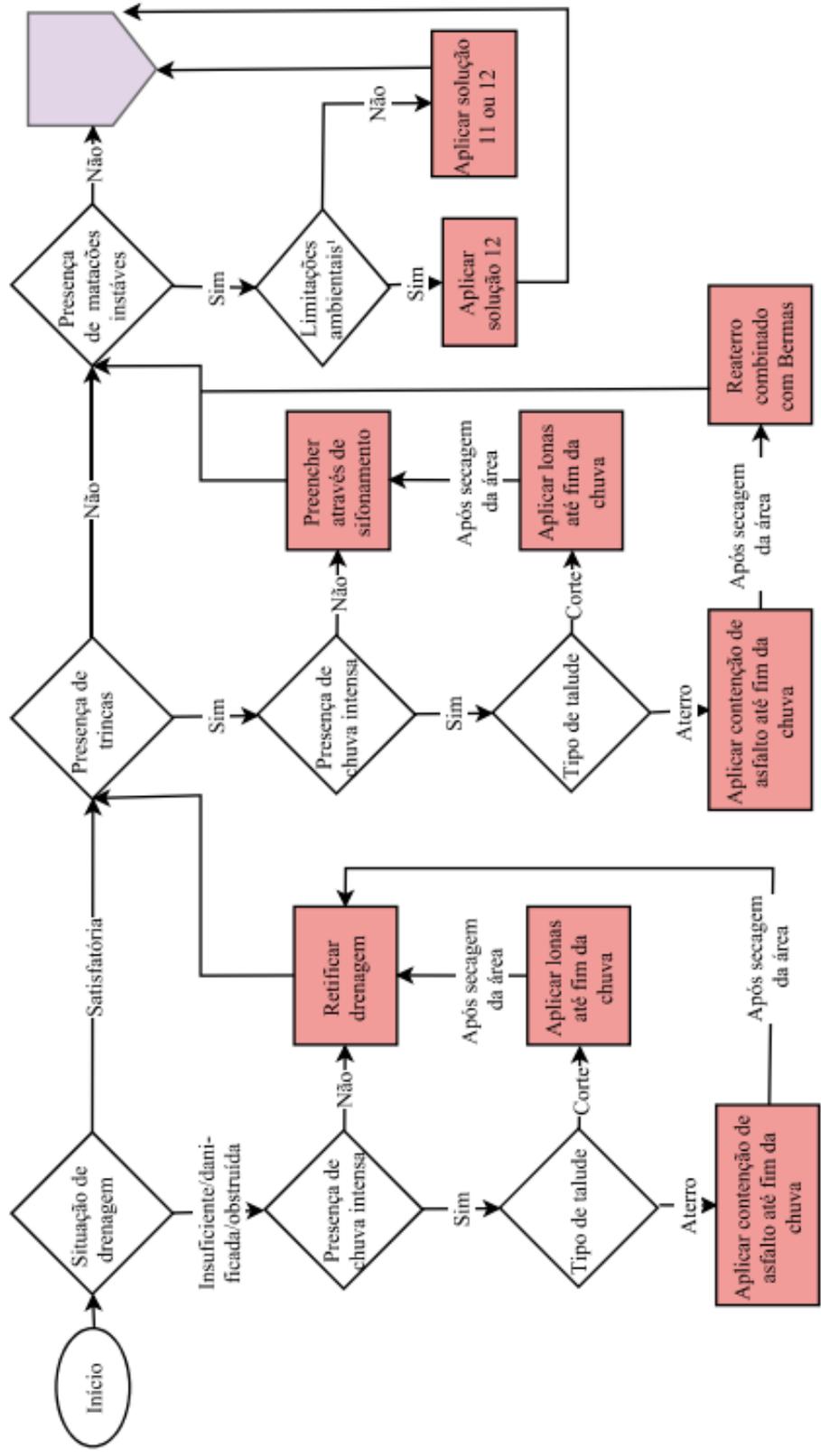


Figura 3.2 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 1
 Fonte: TORRES (2017)

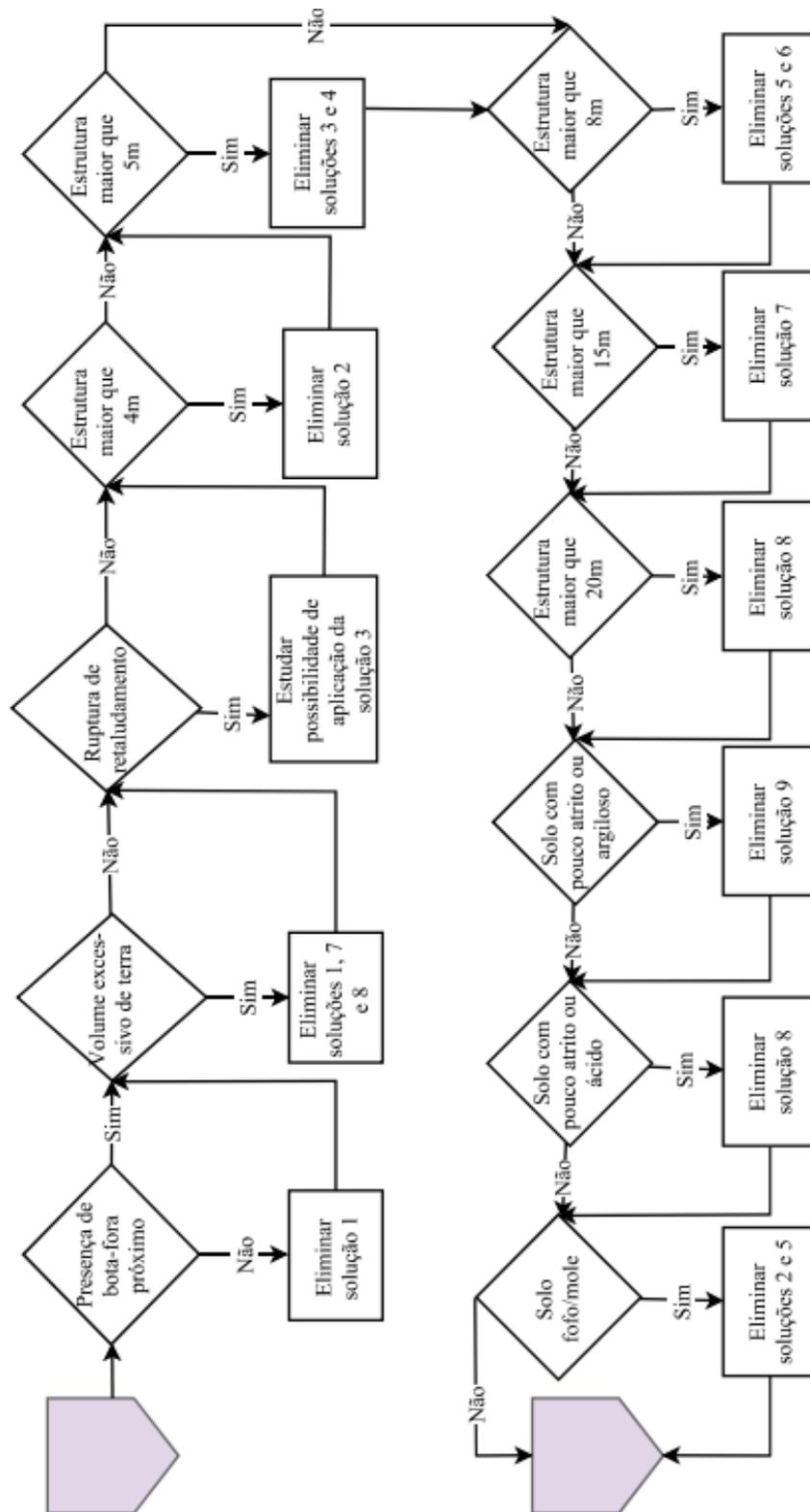


Figura 3.3 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 2

Fonte: TORRES (2017)

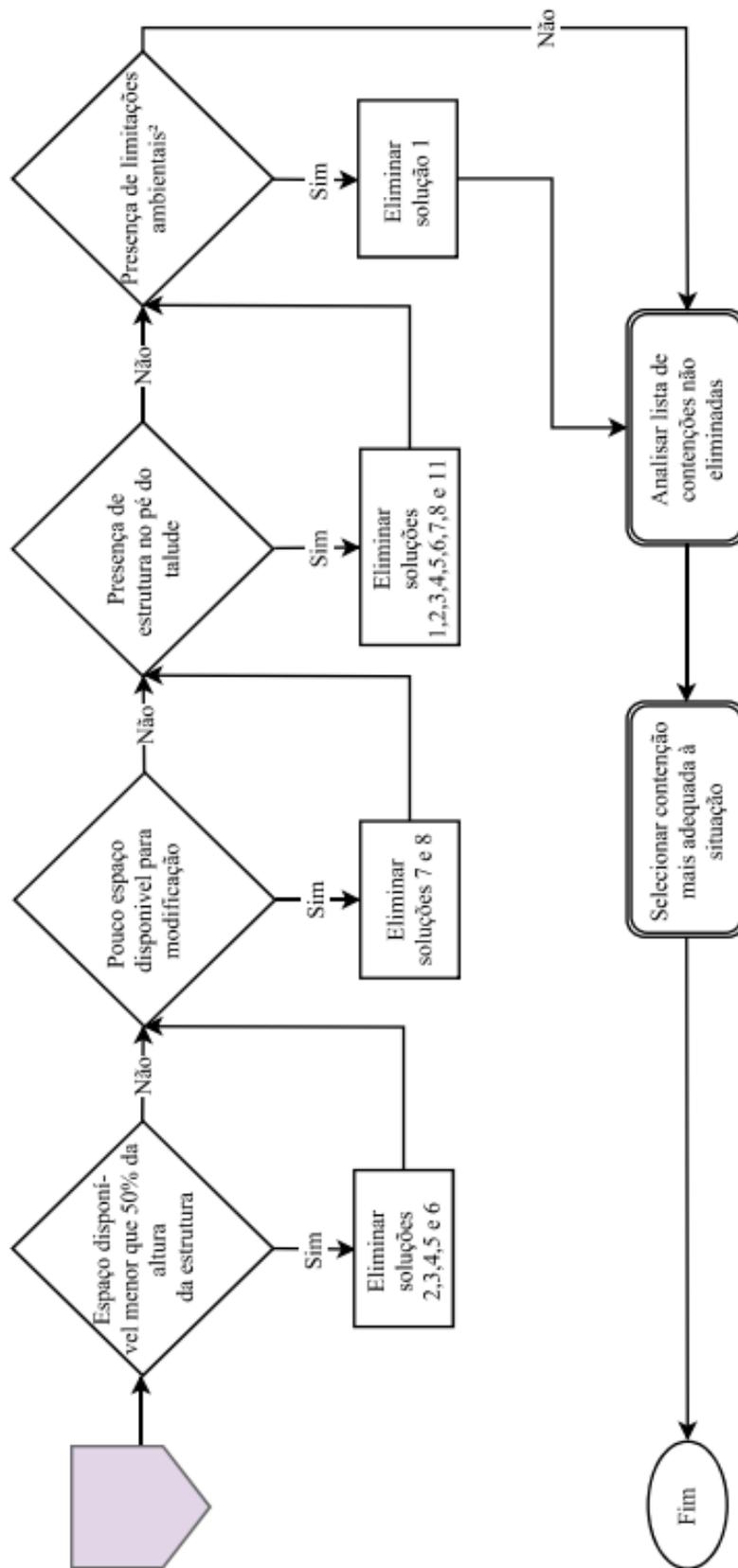


Figura 3.4 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 3

Fonte: TORRES (2017)

Tabela 2.1– Tabela de acompanhamento do Fluxograma.

ID	Estrutura Correspondente	Eliminada
1	Retaludamento	
2	Muro de pedra	
3	Muro de saco de solo-cimento	
4	Muro de pneus	
5	Muro de concreto ciclópico	
6	Gabiões	
7	Solo reforçado com geossintéticos	
8	Terra Armada	
9	Solo grampeado	
10	Cortina atirantada	
11	Desmonte de matacões	
12	Estabilização de matacões	

Fonte: TORRES (2017)

3.2 ANTEPROJETO

A NBR 11682 – Estabilidade de encostas define no item 4.3, que, no caso de elaboração de anteprojeto, devem ser claramente definidos, obrigatoriamente, todos os elementos avaliados e utilizados na concepção e detalhamento do anteprojeto. Interessante notar que a norma também exige a realização de sondagens suficientes para a definição do perfil geológico-geotécnico com no mínimo três sondagens por seção e levantamento topográfico. Quanto ao número de seções, a norma exige que seja o bastante para representar o conjunto em análise.

Apesar dessa definição, em seu item 7.2 a norma não faz distinção entre a conceituação do anteprojeto e do projeto básico, ou seja, as exigências a serem cumpridas são as mesmas tanto para um quanto para outro.

Portanto, nesse caso, as exigências de norma serão descritas no item 3.4 desta monografia.

3.3 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES

A NBR 11682 exige a execução de procedimentos preliminares, quais sejam: levantamento de informações disponíveis; verificação das restrições legais e ambientais à execução de obras e quanto a interferências com edificações e instalações presentes; vistoria da área por engenheiro

civil geotécnico ou geólogo de engenharia; avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais; programação de investigações geotécnicas e de instrumentação geotécnicas preliminares; investigações do terreno; dados cartográficos; levantamento topográfico; dados hidrológicos e dados geológicos e geomorfológicos.

Dentre esses procedimentos preliminares, no caso de obras rodoviárias, destaca-se o levantamento de informações, pela sua simplicidade e completude, uma vez que se trata de pesquisa de dados já disponíveis, inclusive sobre a forma de mapas, fotos aéreas e imagens de satélite, sobre a topografia, geologia e geotecnia da área. Permite, sem muito esforço, que se conheça as condições de vizinhança, a presença de cursos de água e a ocorrência de deslizamentos anteriores.

A vistoria por engenheiro civil geotécnico ou geólogo de engenharia garante um olhar mais técnico sobre as condições do local, referendando, ou não, os dados obtidos pelo levantamento de informações. Nesta visita o profissional deve documentar, em um laudo de vistoria contendo fotos e croquis dos locais estudados, os dados sobre o tipo de ocupação, de vegetação, condições de drenagem, tipo de relevo e natureza da encosta, geometria, existência de obras de contenção (com indicativo do seu estado atual), condições de saturação, indícios de artesianismo, natureza dos solos e outros materiais, possibilidade de movimentação, grau de risco, tipologia de possíveis movimentos, indicação de elementos em risco (vidas e propriedades), tipo provável de superfície de deslizamento ou de outro mecanismo de instabilização e possíveis consequências.

As investigações do terreno, realizadas conforme a norma NBR-8044 – Projeto geotécnico, visam a definir o perfil geológico-geotécnico do terreno, compreendendo as camadas do solo ou rocha, com suas características físicas e mecânicas. Esse perfil geológico-geotécnico constitui elemento obrigatório para o projeto de estabilização da encosta.

Interessante notar que o levantamento topográfico exigido na NBR-11682 deve conter informações sobre a locação das investigações geológicas-geotécnicas, cursos e surgências de água, afloramentos e blocos de rocha, bem como fendas, trincas e abatimentos no terreno.

Outro ponto importante a ressaltar é a necessidade de as surgências permanentes ou sazonais serem investigadas no levantamento dos dados hidrológicos, uma vez que permitem a

identificação de caminho de drenagem subterrânea. Segundo o Manual de Geotecnia - Taludes de Rodovias (SÃO PAULO, 1991, p. 11), a informação sobre a presença de água é de grande relevância, uma vez que ela está na origem da maioria dos processos de instabilização de taludes, sejam estes em solo ou rocha, naturais ou provenientes de terraplenagem.

A NBR-11682 define um campo específico para as investigações geológico-geotécnicas. Nele está prescrito ser necessário um plano de investigações referente ao tipo de investigação, a quantidade e a profundidade desejadas.

As investigações de campo, direcionadas para a obtenção do perfil geotécnico que orientará o modelo de cálculo de estabilidade, podem ser por dois métodos básicos: diretos, no qual se utilizam de processos com acesso direto ao terreno em estudo; e geofísicos, os quais correspondem a processos que identificam os terrenos e suas propriedades a partir de correlações físicas, como velocidade de propagação, refração e reflexão de ondas, entre outros.

As sondagens para caracterização da encosta e determinação da estratigrafia do terreno é obrigatória, sendo que a não realização é admitida somente em situações muito simples e justificadas pelo engenheiro civil geotécnico.

Os testemunhos de rocha obtidos por meio das sondagens rotativas devem ser classificados identificando-se o tipo da rocha, seu grau de alteração e fraturamento.

A amostragem utilizada nas investigações de campo deve permitir a realização da campanha de ensaios de laboratório para o estudo e deve ser representativa das camadas de solo envolvidas nas proximidades das superfícies potenciais de ruptura. As amostras podem ser do tipo deformadas ou indeformadas e devem levar em conta possível efeito de anisotropia, de xistosidade e de outros planos de menor resistência, com a respectiva orientação. Seu transporte deve ser de forma a evitar trepidações, quedas ou acidentes que possam alterar as características originais da amostra.

As investigações de laboratório devem, obrigatoriamente, determinar a umidade natural, granulometria, limite de liquidez e plasticidade e resistência ao cisalhamento. Também é obrigatória a realização de um mínimo de doze ensaios de corpo de prova para cada camada de solo idealizada para o perfil geotécnico e em amostras coletadas em três locais do mesmo tipo

de solo. Para a determinação da resistência ao cisalhamento do solo devem ser previstos ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto, sob condições de saturação, tensões, drenagem e velocidade de carregamento preestabelecidas pelo engenheiro civil geotécnico.

Interessante notar que a IS 206 – Instrução de Serviço para Estudos Geotécnicos do DNIT (BRASIL, 2006, p. 280) é bem mais complacente, pois para a fase de projeto executivo, prevê que “o trecho em projeto, considerando a estabilidade de taludes, deverá ser dividido em subtrechos homogêneos e em cada um deles deverá ser investigado, por amostragem, o comportamento dos taludes dos cortes de altura superior a 5 m”.

No caso de taludes rochosos deve ser feito um levantamento contendo aerofotografia ou foto convencional de todo o conjunto, registro minucioso dos elementos instáveis, perfis esquemáticos com indicação sobre as dimensões dos elementos instáveis, de eventuais intrusões, orientação dos planos de fratura da rocha e das xistosidades, assim como as condições de apoio, de forma a permitir a elaboração do modelo geomecânico.

É de destacar que a NBR 11682, prevê que o monitoramento de uma encosta em uma fase preliminar pode ser um dado importante de investigação do terreno. Para fazer esse monitoramento deve-se prever, juntamente com as investigações geotécnicas, a instalação de instrumentos para controle dos movimentos horizontais e verticais e do nível piezométrico da encosta.

3.4 PROJETO BÁSICO

Segundo a NBR 11682, “entende-se por projeto básico (ou anteprojeto) a definição da concepção da solução, incluindo avaliação preliminar de quantidades, análise de custos e prazos envolvidos”. (ABNT, 2009, p. 11)

Na hipótese de haver mais de uma solução possível para a estabilidade do talude, cada solução pode ser desenvolvida em seus aspectos básicos, tais como avaliação preliminar de quantidades e custos de serviços e de materiais, buscando a melhor relação custo/benefício entre elas.

A NBR 11682 lista, como partes integrantes do projeto básico, a memória de cálculo da estabilidade da encosta, com pesquisa de superfície crítica, incluindo parâmetros de resistência do terreno, nível d’água, sobrecargas adotadas e eventuais situações de sismo; planta com

locação da obra; vista e seções com as dimensões básicas da obra de contenção; seção ou seções transversais do modelo geotécnico com indicação da solução concebida; planilha de quantidades; e relatório sucinto, incluindo as hipóteses de cálculo adotadas e as considerações executivas. Nesse mesmo sentido são os resultados obtidos descritos no item 15.2 – Fase de projeto básico, da NBR 8044.

3.5 PROJETO EXECUTIVO

O projeto executivo, de acordo com as NBR 11682 e NBR 8044, deve conter todos os elementos previstos do projeto básico, devidamente verificados e revistos; o detalhamento da sequência executiva, com os cálculos de estabilidade e fatores de segurança de todas as fases da obra; o detalhamento, dimensionamento e especificações dos elementos individuais componentes da obra de estabilização do talude, detalhamento das condições de controle e da metodologia de construção e futura manutenção; a drenagem e a proteção contra erosão em todos os taludes de corte e de aterro; o detalhamento dos elementos de drenagem superficial, elaborado a partir do levantamento hidrológico da área em estudo, com período de recorrência de dez anos ou, em casos mais complexos, definido pelo engenheiro civil geotécnico; relatório consolidado, incluindo as respectivas análises de estabilidade e o dimensionamento dos elementos estruturais de concreto armado e suas fundações.

Nos casos em que o projeto envolver apenas terraplenagem e drenagem, o levantamento topográfico do terreno original deve ser apresentado juntamente com a topografia final. Caso sejam previstas bermas de estabilização, estas têm que estar assentes em camada drenante granular, com a respectiva saída de água, sempre que o lençol freático puder aflorar, no contato com o solo natural.

Quando envolver somente obras de contenção em solo, todas as estruturas de contenção devem ser projetadas para suportar, além dos esforços provenientes do solo, uma sobrecarga acidental mínima de 20 kPa, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado.

Quando envolver obras de contenção em rocha, deve-se verificar a caracterização do problema, abordando-se os aspectos topográficos e geológicos, com especial atenção à inclinação e à altura do talude, além do estudo da litogia, das discontinuidades, do grau de intemperização da rocha, das condições de contato e da possibilidade de sismos e demais riscos envolvidos.

Deve-se, ainda, fazer o levantamento das discontinuidades com a representação estereográfica e definição do mecanismo de ruptura. A resistência ao cisalhamento das discontinuidades deve ser pesquisada, adotando-se critérios de ruptura consagrados, considerando a rugosidade e a resistência à compressão através de gráficos e tabelas também de uso consagrado.

Quanto aos critérios de cálculo, a NBR 11682 estabelece que devem estar claramente definidos: as seções geológico-geotécnicas consideradas; os parâmetros geotécnicos do terreno e os respectivos critérios para obtenção dos valores adotados, devendo o valor de coesão de terreno rompido ser considerado igual à zero; o método de cálculo, com indicação das fórmulas consideradas, programas utilizados ou bibliografia de consulta e as situações do nível d'água, poro-pressões, atuação de sobrecarga, eventuais sismos e fases executivas.

Ainda segundo essa norma, o fator de segurança (FS) tem relação direta com a resistência ao cisalhamento do talude. Apesar de admitir que um FS maior equivale a uma segurança maior, entende que a variabilidade dos materiais naturais pode reduzir significativamente a segurança, aumentando a probabilidade de ocorrência de uma ruptura da encosta. Dito isso, a norma admite, na metodologia por ela recomendada, que o FS pode variar em função da situação potencial de ruptura do talude, no que diz respeito ao perigo de perda de vidas humanas e à possibilidade de danos materiais e ao meio ambiente. Entende que, para essa variação ser considerada, deve-se levar em conta as situações atuais e futuras, previstas ao longo da vida útil do talude estudado

Para o cálculo do FS, prescreve que o projeto deve ser enquadrado em uma das seguintes classificações de nível de segurança, quanto a perda de vidas humanas e quanto a danos ambientais e materiais:

Tabela 2.2 – Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Fonte: ABNT (2009)

Tabela 2.3 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Fonte: ABNT (2009)

O enquadramento nos casos previstos nessas tabelas deve ser justificado pelo projetista e estar em comum acordo com o contratante do projeto e aderente às exigências dos órgãos públicos competentes. O FS mínimo de projeto deve ser estipulado de acordo com a Tabela 4, conforme os níveis de segurança adotados nas tabelas anteriores.

Importante notar que os fatores de segurança indicados na Tabela 4 referem-se às análises de estabilidade interna (superfícies potenciais de escorregamento localizadas) e externa (aquela que envolve superfícies de escorregamento globais) do maciço, sendo independentes de qualquer outro fator de segurança recomendado por outras normas de dimensionamento dos elementos estruturais de obras de contenção.

Tabela 2.4 – Fatores de segurança mínimos para deslizamentos.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vidas humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1: No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10%. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2: No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3: Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Fonte: ABNT (2009)

A NBR 11682 ainda estabelece que nos casos de estabilidade de muros de gravidade e de muros de flexão, devem ser atendidos os fatores da Tabela 5.

Tabela 2.5 – Requisitos para estabilidade de muros de contenção.

Verificação da segurança	Fator de segurança mínimo
Tombamento	2,0
Deslizamento na base	1,5
Capacidade de carga da fundação	3,0
NOTA: Na verificação da capacidade de carga da fundação, podem o ser alternativamente utilizados os critérios e fatores de segurança preconizados pela ABNT NBR 6122.	

Fonte: ABNT (2009)

São estabelecidas, pela norma, três situações especiais. A primeira é sobre a obrigação, para encostas com colúvios permanentemente saturados e com investigação adequada, do estabelecimento de valor mínimo de FS, após as obras de estabilização, pelo engenheiro civil geotécnico responsável;

A segunda serve para os casos de elevado potencial de perda de vidas e de danos ambientais, em que pode ser quantificada a probabilidade de ruptura correspondente ao fator de segurança adotado, o qual deve ser comparado com os valores máximos aceitáveis, de acordo com os critérios disponíveis na literatura especializada.

A última situação especial estabelece critérios para a obrigação do monitoramento com instrumentação geotécnica durante e após a obra, quais sejam: casos em que um critério de deformações é determinante ao bom desempenho da obra de estabilização; casos de escavação onde a região de influência das deformações possa atingir obras existentes, particularmente envolvendo taludes íngremes ou de grande altura e casos de obra de estabilização de taludes com mais de trinta metros de altura, em área urbana.

3.6 ORÇAMENTO

O novo Sicro possui parte específica para estruturas de contenções sendo elas: enrocamento em pedra de mão; muro de arrimo em pedra argamassada; baldrame em alvenaria de pedra argamassada; contenção em solo-cimento ensacado; proteção de taludes rochosos com telas metálicas; e contenção com estacas de perfis metálicos I 254 mm x 37,7 kg/m.

Em relação às cortinas de concreto armado e às cortinas atirantadas, segundo o manual (BRASIL, 2017b, p. 37), “devem ter seus orçamentos elaborados em função de seus elementos constituintes”, sendo necessário apenas o acréscimo do custo dos tirantes constantes do Sicro no caso das atirantadas.

Esse manual ainda traz os fatores que devem ser observados quando da escolha da estrutura de contenção, quais sejam: altura da estrutura; cargas atuantes; natureza e características do solo a ser arrimado; natureza e características do solo de fundação; condições do nível d’água local; espaço disponível para construção; equipamentos e mão de obra disponíveis; experiência e prática das equipes; especificações técnicas especiais; e análise de custos.

Quanto ao enrocamento com pedra de mão, o novo Sicro faz a diferenciação de custo entre o espalhamento e compactação mecânica e a pedra arrumada manualmente, sendo que no primeiro o espalhamento é realizado por meio de um trator de esteira e a compactação executada com rolo liso autopropelido e no segundo o serviço é executado por um pedreiro e dez serventes. Outra grande diferença é a produção do serviço, sendo de 63,11 m³/h no serviço mecanizado e de apenas 2 m³/h no manual.

O serviço de muro de arrimo de pedra argamassada, que inclui o uso de argamassa de cimento e areia é formado por um pedreiro e dez serventes, tendo a produção de 5 m³/h.

A composição do serviço “muro de face em tela metálica dobrada em L e estabilizada com tensores em solo reforçado” conta com os custos dos elementos metálicos apenas, sendo que o material de enchimento (brita, solo cal, resíduos da construção civil e outros) deve ser considerado em separado no orçamento da obra.

O serviço de contenção em solo cimento considera em seu custo a mistura, o ensacamento e o empilhamento de sacas de aniagem ou ráfia na face do talude. São duas composições existentes no Sicro, ambas com mistura de 8% de cimento, sendo que o que as diferencia é o material reforçado, solo de jazida ou areia.

A proteção de taludes rochosos com telas metálicas contém, em sua composição de preço, a instalação de malha de aço de alta resistência ao longo da encosta. Para essa malha, prevê o uso de telas metálicas de dupla torção com liga em 95% ZN e 5% AL, em malha de 8 x 10 cm.

O muro em blocos segmentais, cuja face é em blocos de concreto pré-moldados intertravados e o solo é reforçado com geogrelhas de alta rigidez, apresenta em sua composição, custo para a fabricação de blocos de 40 cm x 40 cm x 20 cm, considera treze unidades por metro quadrado e massa de 25 kg/unidade. Considera, também, em relação à geogrelha empregada uma ancoragem de 30 cm no muro e uma sobreposição de 10 cm a cada três metros de largura.

Quanto ao muro de gabião, o novo Sicro disponibiliza composições de gabião caixa para diversas dimensões comerciais e seu enchimento com pedra de mão. As composições de custos são: 2,00 m x 1,00 m x 0,50 m Zn/Al + PVC - D = 2,4 mm; 2,00 m x 1,00 m x 1,00 m Zn/Al + PVC - D = 2,4 mm; 2,00 m x 1,00 m x 0,50 m Zn/Al - D = 2,7 mm; 2,00 m x 1,00 m x 1,00m Zn/Al - D = 2,7 mm. Nesse serviço, o Volume 10, Conteúdo 06 do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, faz o seguinte esclarecimento: “Todos os serviços aqui apresentados contemplam o fornecimento dos equipamentos, dos materiais e da mão de obra necessária, incluindo todos os encargos correspondentes para a sua completa execução”. (BRASIL, 2017b, p. 51)

Quanto ao serviço de muros de solos reforçados com fitas, mais conhecido pelo nome de sua antiga patente “Terra Armada”, o novo Sicro apresenta composições de custos para sua execução: Aterro compactado em solo reforçado com fita e Muro de escama de concreto armado para solo reforçado. Destaca que “todos os componentes necessários à execução dos muros de solos reforçados com fitas tiveram seus respectivos custos de confecção e fabricação incluídos nas composições de custos dos serviços”. (BRASIL, 2017b, p. 56)

Para a fabricação de escamas de concreto armado, considerou peças em concreto armado com fck máximo de 25 MPa, com taxa de armadura de 50 kg/m³, área total de 2,25 m² e com chumbadores em aço galvanizado de dimensões 60 x 4 mm.

Para a compactação do solo, além dos equipamentos de grande porte para execução dos serviços de terraplenagem, considerou um compactador de solo manual para as áreas próximas às escamas. O novo Sicro possui composições de custos para os serviços de aterro compactado em função da variação da taxa de armadura de 1,65 kg/m³ a 19,84 kg/m³, devido à quantidade de reforço necessária para a resistência do sistema.

O serviço de muro de escama de concreto armado para solo reforçado apresenta dez composições no novo Sicro, de acordo com a quantidade de chumbadores e da altura do muro: Tipo 01 e Tipo 02, ambos subdivididos nas seguintes classes de altura do muro em metros: até 4 m; de 4 a 6 m; de 6 a 8 m; de 9 a 10 m e de 10 a 12 m. Existem composições de custos auxiliares ao serviço que não devem ser medidas separadamente, sendo elas: moldes metálicos; fabricação de escamas; montagem das escamas; travamento e nivelamento de escamas; e travador de madeira para escamas. Novamente, o manual do novo Sicro faz o alerta de que “Todos os serviços aqui apresentados contemplam o fornecimento dos equipamentos, dos materiais e da mão de obra necessária, incluindo todos os encargos correspondentes para a sua completa execução” (BRASIL, 2017b, p. 60).

Quanto aos tirantes, o novo Sicro os agrupa por chumbadores; grampos; tirantes em barra e tirantes em cordoalhas.

O serviço “Chumbadores Ancorados na Rocha” apresenta composições para aço CA-50 com diâmetros de 20, 22 e 25 mm. Nas composições, estão incluídos a barra de aço, a placa de ancoragem, o anel angular e a porca sextavada, além da perfuração, que é feita por meio de brocas S11. Para a fixação, o diâmetro de 20 mm utiliza a injeção de nata de cimento, sendo que esse diâmetro e os outros ainda podem ser fixados com cartuchos de cimento.

Para o serviço “Grampo de Aço para Solo Grampeado”, o novo Sicro considera o grampeamento de barras de aço inclinadas de 5° a 30° em relação à superfície, com a perfuração por meio de perfuratriz rotativa com elemento cortante na sua extremidade do tipo tricône com vídia, no diâmetro de 76 mm. A barra de aço, dobrada na extremidade, pode ser de diâmetro de 10 a 20 cm com centralizadores a cada 2 m. Também considera tubos de injeção perdidos, com diâmetro interno de 15 mm, providos de válvulas a cada 0,5 m, até 1,5 m abaixo da boca do furo. O modelo de injeção considera duas etapas: um primeiro preenchimento da bainha, com calda de cimento fator A/C de 0,5 em peso e, após 12 horas, outra injeção por meio do tubo de injeção perdido, onde é anotada a pressão máxima e o volume de calda absorvida.

Os componentes do serviço “Tirante de Barra de Aço 527 MPa Fixado na Rocha com Resina de Poliéster” são a barra de aço de 527 MPa, a placa de ancoragem e a porca sextavada. Para a execução da perfuração é considerado o equipamento jumbo eletro-hidráulico com três braços e a fixação é feita por meio da introdução de uma pasta de resina de poliéster de alta qualidade

e um catalisador em estado pastoso e a posterior inserção, por meio de movimentos de rotação das barras de aço, já com a placa de ancoragem com a porca. Após o endurecimento, ainda é efetuado o aperto final na porca de ancoragem. Similar a esse serviço é o serviço “Tirante de Barra de Aço 750 MPa Fixado na Rocha com Resina de Poliéster”, alterando somente a resistência do aço do tirante.

Existe, ainda, o serviço de “Tirante Permanente Protendido Autoinjetável”, o qual faz parte da composição de preço dos serviços de contenção de taludes com a utilização de cortinas atirantadas. Sua diferença em relação aos outros é que a própria barra de ancoragem permite a injeção da calda de cimento por ela. Os principais elementos constituintes dos tirantes autoinjetáveis são a barra de aço, as luvas, os espaçadores e o tricône. A composição de preço não considera a ancoragem da cabeça do tirante, nem a perfuração do solo, que devem ser considerados em separado no orçamento.

O Segundo serviço existente no novo Sicro relativo às cortinas atirantadas é o serviço “Tirante Permanente Protendido Inco”, semelhante ao serviço descrito no parágrafo anterior, a composição de preço considera a injeção de nata de cimento e a protensão da barra, não incluindo a perfuração do solo, a ancoragem e o grauteamento da cabeça do tirante.

Outro serviço incorporado no novo Sicro para a execução de cortinas atirantadas é o serviço “Tirante Permanente Protendido de Aço D = 32 mm Tipo Dywidag ST 85/100 com Capacidade de 350 kN”, o qual inclui a injeção de nata de cimento e a protensão da barra, a qual é efetuada por meio de um conjunto macaco-bomba hidráulico, que se encaixa na cabeça do tirante (placa + porca), apoiando sobre a placa. Também compreende a bainha metálica e o distanciador.

O penúltimo serviço previsto no novo Sicro para a execução dessas cortinas é o serviço “Tirante Permanente Protendido de Aço D = 32 mm Tipo Gewi ST 50/55 com Capacidade de 210 KN”, o qual, pela sua semelhança como serviço anterior, não será descrito nesta monografia.

Por último, o novo Sicro incorpora, para a execução dessas cortinas, o serviço “Tirantes Permanentes Protendidos com Utilização de Cordoalhas”, o qual inclui as cordoalhas, as bainhas metálicas D = 70 mm, espaçadores, o tubo de polietileno D = 110 mm no comprimento livre do tirante, o tubo de polietileno D= 32/40 mm para a injeção da calda de cimento, o tubo de PVC espaguete no trecho livre, sendo um para cada cordoalha e válvulas manchetes a cada

50 cm no trecho ancorado. Também inclui a injeção de nata de cimento e a protensão da barra. Assim como os serviços de tirantes descritos anteriormente, a composição não inclui os serviços de perfuração do solo, a ancoragem e o grauteamento da cabeça do tirante.

O serviço de ancoragem constante do novo Sicro contempla os seguintes elementos: Placa de ancoragem; Anel de compensação angular; Porca de ancoragem (para barras); Cunhas metálicas (para cordoalhas); e Grauteamento, o qual considera uma forma metálica com cinquenta utilizações.

Em relação à perfuração para tirantes, o novo Sicro disponibiliza as seguintes composições de custo: Perfuração para tirantes em material com diâmetro de até 120 mm, separados de acordo com o solo, conforme seja de 1ª, 2ª ou 3ª categoria.

Deve-se atentar que o novo Sicro ainda considera o Fator de Interferência de Tráfego (FIT), que é a influência de Volume Médio Diário (VMD) de veículos no trecho da obra e sua proximidade em relação a grandes centros urbanos. Esse fator que pode majorar o custo unitário de execução, o custo devido ao tempo fixo e o custo do transporte das Composições de Custo Unitário (CPU), em até 20%.

Outro fator a influenciar no custo do serviço é o Fator de Influência de Chuva (FIC), o qual incide sobre alguns serviços constantes na Tabela 45 no Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (BRASIL, 2017, p. 130) e pode majorar o custo unitário de execução (mão de obra e equipamentos) das composições de custos principais, dos serviços auxiliares e dos transportes.

3.7 EXECUÇÃO

Quanto à fase de execução das obras, a NBR 11682 faz alguns comandos, tais como a importância de ser começar as obras somente após a conclusão do projeto executivo e da obtenção das licenças e autorizações necessárias, além da necessidade de a mobilização não interferir com terceiros, nem com a própria obra ou com critérios de projeto, como o posicionamento inadequado de sobrecargas.

Quanto ao desenvolvimento da obra, indica que se deve seguir a sequência construtiva, locações, dimensões, materiais, especificações executivas e ensaios indicados no projeto. Alerta sobre a necessidade de especial atenção, na fase de escavação, ao posicionamento de

sobrecargas, à condução de águas, entre outros, para não alterar as considerações de projeto. Também alerta, nos casos de implantação de estruturas de contenção e drenagem e de marcação dos *off-sets* de terraplenagem, sobre a necessidade de locações no local específico dos serviços, bem como em locais de segurança, mais afastados, de forma a não perder a referência uma vez iniciados os serviços.

Dentre a indicação, pela norma, dos aspectos a serem observados na execução da obra, destacam-se: comunicação ao engenheiro civil geotécnico sobre qualquer alteração nas condições de campo em relação ao projeto executivo, em particular na fase de locação; a disposição de material resultante de escavação e entulhos, bem como o caminhamento de águas de drenagem ou de retorno de perfuração não podem causar instabilização; na execução de cortinas atirantadas pelo método descendente, a escavação abaixo de qualquer nível de tirantes somente pode ser iniciada após a aplicação da carga especificada no projeto, para todos os níveis superiores na mesma vertical; na compactação de aterro junto à estruturas de contenção (cortina, muro, gabião etc.), deve ser respeitada uma distância do paramento interno da estrutura de no mínimo 2 m, na qual não pode ser utilizado equipamento mecânico de compactação, para evitar danos na estrutura. Nessa faixa, o aterro deve ser compactado com sistema manual ou semimecanizado (tipo sapo ou mesa vibratória), ou alternativamente com água, no caso de utilização de material granular; e o terreno de assentamento de estruturas de contenção deve ser verificado por engenheiro civil geotécnico, de forma a comprovar a capacidade de carga da fundação no nível de tensões previsto.

O Manual de Geotecnia – Taludes de rodovias (SÃO PAULO, 1991) afirma ser essencial o acompanhamento contínuo e uma fiscalização rigorosa, independente de tratar de uma solução simples ou especializada. Entende, também, que por mais detalhadas que tenham sido feitas as investigações geológico-geotécnicas, é comum que “seja necessário introduzir adequações e adaptações durante sua execução, em função das condições locais encontradas quando da realização dos trabalhos” (SÃO PAULO, 1991, p. 27). Por isso, alerta que essas alterações têm que ser compatíveis com o projeto, sendo necessária a assessoria de profissional especializado.

Outro alerta constante nesse manual é o de que as obras projetadas têm que ser completamente executadas, pois a falta de qualquer componente de projeto “pode prejudicar bastante suas condições de estabilidade, chegando a provocar a perda total dessa obra”. (SÃO PAULO, 1991, p. 27)

Por último, alerta que a falta de execução de obras de drenagem é a causa de “inúmeros registros de obras de grande importância e alto custo que foram danificadas e até totalmente perdidas, apenas pelo fato de não terem sido implantadas "obras complementares" de drenagem adequadas” (SÃO PAULO, 1991, p. 227).

4 ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS COLETADOS

Durante a entrevista com os servidores do DNIT verificou-se que a análise efetuada por eles ainda é baseada na experiência profissional, não existindo roteiro de análise específico para as obras de contenção, exceto a análise efetuada para as obras do tipo “Terra Armada”, a qual consta especificamente na versão beta do “Guia de Análise de Projetos Rodoviários” da Coordenação Geral de Desenvolvimento de Projetos do DNIT.

Identificou-se nesse guia a indicação para que o analista verificasse o cumprimento da IS-202 – Instrução de Serviço para estudos geológicos. Essa instrução de serviço indica que devem ser apresentados na memória justificativa do projeto básico as recomendações para solução de problemas construtivos de rodovia decorrentes da formação geológica da região (cortes e aterros em zonas de instabilidade e aterros em solos compressíveis).

Também se vislumbrou, no campo da análise do estudo geotécnico desse guia, a verificação da coerência das soluções previstas para os taludes de cortes mistos, rocha-solo, com a definição dos horizontes em rocha.

Entretanto, não foi observado nesse guia uma verificação quanto ao cumprimento do disposto no EB-112 – Escopo Básico para Projeto Executivo de Engenharia para Estabilização de Taludes de Rodovias, o qual contém, também, os procedimentos preliminares, em conformidade com a NBR-11682.

Outro guia em elaboração é o intitulado “Análise de estabilidade de taludes referente ao projeto de engenharia”, o qual está mais para um referencial teórico do que para um guia de análise. Porém, já demonstra a preocupação da área de projetos do DNIT em padronizar os procedimentos de análise.

No Tribunal de Contas da União também não foram identificados procedimentos formais para a auditoria em obras rodoviárias de contenção de encostas. Os procedimentos são feitos baseados nas experiências anteriores do auditor componente da equipe ou de estudos prévios próprios.

Um ponto sensível encontrado, quando da análise da documentação estudada e da literatura técnica, foi a da necessidade de verificação da compatibilidade da estrutura desde as etapas de estudo de viabilidade do empreendimento.

Tanto o material sobre estabilidade de taludes rodoviários (SÃO PAULO, 1991) quanto a versão Beta do manual de análise de projeto da área de geotecnia do DNIT (BRASIL, 2018) são claros em afirmar que, apesar de sua importância para o sucesso da obra, essa etapa de estudos preliminares é constantemente negligenciada nos projetos de estabilização de taludes.

Verificou-se que o não entendimento das condicionantes impostas no desenvolvimento dos processos de instabilização de taludes de cortes, aterros e encostas naturais pode levar a soluções de obras ineficientes, desnecessárias ou de custo excessivamente elevado para sua função. Portanto, para que a auditoria realizada pelo TCU melhore sua eficácia é de extrema importância a verificação do estudo dessas condicionantes, pois é a primeira forma de verificar se a obra foi previamente estudada e será compatível com o problema apresentado.

Outra verificação importante a ser feita é a de coeficiente de atrito e a determinação da coesão dos solos componentes do talude, uma vez que estão entre as principais causas elencadas pelo DNIT para a instabilidade do talude. Essas propriedades também são de grande importância para os cálculos de estabilidade do talude, sendo fundamentais para a determinação dos fatores de segurança da solução projetada.

Pelos elementos estudados, fica clara a importância de a análise de soluções da estabilização de taludes ser feita desde as soluções mais simples até as mais complexas. Deve-se primeiro afastar a possibilidade de obras de retaludamento, implantação de sistema de drenagem do talude e de revestimento vegetal ou a injeção de calda de cimento, argamassa ou produtos químicos antes de passar para soluções que envolvam execução de estruturas.

As entrevistas com os analistas do DNIT também apontaram para a necessidade da análise prévia dessas soluções antes da adoção de soluções mais complexas. Entretanto, a atual estrutura não permite a verificação em campo das zonas de falhas apontadas nos relatórios de projeto, ou da gravidade indicada.

Como se viu na revisão bibliográfica, são vários os tipos de solução para a estabilização de encostas, com custos os mais variados possíveis e, também, com limitações diferentes entre eles. Dessa forma, não se deve estudar uma única solução ou um conjunto de soluções que tenham as mesmas premissas para a estabilização dos taludes. Assim como não se recomenda estudar soluções que as condições limitantes já se encontrem presentes antes da realização dos cálculos de estabilidade.

Deve ser tomado muito cuidado com o estudo da presença de água no talude, uma vez que esse é um dos principais fatores de instabilidade. O sistema de drenagem deve ser dimensionado de acordo com o surgimento da água, seja ele superficial (ex. chuva), seja profundo (ex. lençol freático). Os elementos drenantes devem impedir que a água atinja a zona crítica de instabilidade do talude e, ao mesmo tempo, evitar que as partículas finas do solo sejam carregadas para o sistema de drenagem.

Por já conter alerta de um órgão rodoviário (conforme apontado na revisão bibliográfica), o Tribunal deve prever um procedimento de auditoria especificamente para verificar se os estudos de investigação e de concepção foram bem feitos de forma a caracterizar o mecanismo de instabilização, as dificuldades construtivas, dificuldades de manutenção, a segurança da equipe quando da construção, os custos e prazos do empreendimento.

Como forma simples de verificação dessa etapa, sugere-se a adoção do fluxograma e tabela de acompanhamento recomendada por Torres (2017), por não necessitar de conhecimento especializado em engenharia e ser indicativo de que determinada solução, a princípio viável, não foi estudada pela empresa projetista.

O Tribunal deve também verificar se o projeto de estabilização de encostas conta com o perfil geológico-geotécnico do terreno, pois ele é crucial para o entendimento do mecanismo de instabilização do talude e para a posterior adaptação do projeto em obra, caso necessário. Para a montagem deste perfil devem ser utilizadas sondagens, sejam elas diretas, sejam geofísicas.

Da mesma forma, deve ser obrigatório, em procedimento de auditoria do Tribunal em projetos rodoviários ainda na fase de edital, a verificação da indicação das surgências permanentes e sazonais nos dados hidrológicos, para ter certeza que o caminho da drenagem subterrânea foi compreendido e levado em consideração por ocasião do projeto de estabilização das encostas.

Quando da análise do projeto básico, seja ele resultado de uma licitação regida pela Lei de Licitações ou pelo Regime Diferenciado de Contratação, é importante verificar a existência da memória de cálculo da estabilidade da encosta e se foi realizado o estudo de mais de uma solução possível para a estabilidade do talude, sendo feita uma avaliação preliminar de quantidades e custos de serviço e de materiais, escolhendo a de melhor relação custo/benefício.

Em relação ao projeto executivo, e levando em consideração que o objetivo desta monografia é o de elaborar procedimento que possa ser realizado por auditores não graduados em engenharia civil ou geotecnia, deve ser observada a existência das seguintes informações:

- a) detalhamento da sequência executiva, de modo a mostrar todos os passos da construção, incluindo o método a ser executado, o serviço e os equipamentos necessários, sem deixar margens a dúvidas e interpretações pelo pessoal da execução da obra;
- b) se os cálculos de estabilidade atingiram os fatores de segurança mínimos do método de dimensionamento escolhido e os da NBR 11682;
- c) se os elementos individuais componentes da obra de estabilização estão detalhados, especificados e dimensionados;
- d) se há a indicação, em terreno já rompido, de que o valor de coesão do solo foi considerado igual a zero;
- e) por ser de fácil identificação, verificar se o fator de segurança mínimo para deslizamentos foi calculado conforme as Tabelas 1, 2 e 3 da NBR 11682;
- f) se os elementos de drenagem e proteção contra erosão estão determinados, calculados e constam detalhadamente do projeto executivo da obra de estabilização; e
- g) se o dimensionamento dos elementos estruturais de concreto armado e suas fundações foi realizado e especifica o consumo, fonte, quantidade e especificação dos materiais a serem aplicados.

Quanto aos custos dos serviços de estabilização de taludes incorporados no novo Sicro, não se pretende, nesta monografia, pormenorizá-los, uma vez que são em grande número, podendo ser incorporados mais serviços ou, inclusive, modificados os existentes devido a falhas detectadas pelo DNIT, por auditorias ou por empresas privadas.

Portanto, incluir-se-á somente os requisitos básicos de um procedimento de auditoria de custos. Como foi visto na revisão bibliográfica, o Conteúdo 06 do Volume 10 do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes descreve os serviços para os quais foram elaboradas CPU e faz menção aos serviços e materiais que estão ou não inclusos nessas composições.

Pela experiência adquirida, e como resultado das entrevistas realizadas com os auditores da Secretaria de Fiscalização de Infraestrutura Rodoviária e de Aviação Civil, deve-se inserir nos procedimentos de auditoria a verificação se o orçamento apresentado, quando da licitação, está compatível com a CPU do serviço no novo Sicro.

Deve ser conferido se o serviço, ou partes que o compõem, não tem semelhança com alguma CPU daquele sistema, se não foram inseridos custos em duplicidade, ou seja, custos que já se encontravam como premissa de determinada CPU, porém não estavam explicitados na sua planilha, apenas na descrição dos serviços.

No caso de transporte de material, deve-se atentar às Distâncias Médias de Transporte (DMT), verificando se o ponto de coleta do material e de destino estão corretos ou se existe alguma fonte mais próxima, assim como se o caminho percorrido é realmente o mais curto.

Ainda sobre o custo do serviço, deve-se atentar se o FIT e o FIC calculados para a obra estão com o cálculo correto.

Em relação à execução dos serviços, deve o procedimento requerer que o auditor compare o projetado com o que foi ou está sendo executado. Caso haja alguma alteração, verificar se a mesma foi objeto de consulta formal a um profissional especializado, de forma a manter a compatibilidade com o que foi previsto no projeto e garantir o combate à causa de instabilização do talude. Deve-se verificar, também, se a alteração está registrada no Diário de Obras.

Devido à sua importância, o procedimento deve prever a verificação dos sistemas de drenagem das obras de contenção, se eles estão executados conforme projeto, se estão obedecendo aos normativos do DNIT e se estão completos. Qualquer falha nesse sistema poderá comprometer a obra, acarretando, até, seu refazimento em momento posterior.

Finalmente, por estar previsto no Sicro e por poder afetar a segurança da estrutura de contenção, deve ser verificado se a compactação próxima a dois metros do paramento interno da estrutura está sendo realizada por sistema manual ou semimecanizado (tipo sapo ou mesa vibratória).

5 PROPOSTA DE PROCEDIMENTOS DE AUDITORIA DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Após a análise do conteúdo bibliográfico citado nesta monografia, do material de auditoria coletado na pesquisa de jurisprudência do TCU e das entrevistas realizadas junto a técnicos do DNIT e do TCU, propõe-se a seguinte matriz de planejamento, contendo quatro questões de auditoria com seus respectivos procedimentos, os quais estão elencados a seguir.

MATRIZ DE PLANEJAMENTO

Matriz padrão: Obras de estabilização de taludes

Questão de auditoria:

1 - A etapa de estudos preliminares foi bem executada?

Informações requeridas:

Áreas de corte e aterro que necessitam de obras de estabilização;

Tipo do solo do corte e aterro a ser realizado;

Análises de rupturas expeditas;

Definição do mecanismo de instabilização; e

Estudo de alternativas, com previsão de métodos construtivos viáveis e de obras complementares.

Fontes de informações:

NBR 8044 – Projeto Geotécnico;

NBR 11682 – Estabilidade de Encostas;

Laudo de sondagens;

Relatório de visita técnica;

Seções topográficas;

Seções geológico-geotécnicas;

Croqui da obra; e

Edital e Contrato.

Possíveis achados:

Não foram realizados estudos preliminares.

Não foi realizado o estudo de alternativas para a estabilização do talude.

Escolha antieconômica da alternativa de estabilização de talude.

Procedimentos:

1 - Verificar se o edital e o contrato do projeto previram a etapa e estudos preliminares.

2 - Verificar se foi realizado sondagens para a determinação do perfil geológico-geotécnico do terreno.

3 - Verificar se foi realizada visita técnica no local e se essa apontou possíveis ocorrências de instabilidade, ocupação do terreno que inviabilize a execução de determinados tipos de obras de contenção e se foram detectadas as surgências de água superficial e profunda, perenes ou esporádicas.

4 - Verificar se foram realizadas análises de rupturas expeditas, que permitam a escolha de taludes de projetos técnica e economicamente viáveis.

5 - Verificar se foram previstos métodos construtivos viáveis (para essa verificação, utilizar o fluxograma e a tabela apensos, propostos por Torres (2007)).

Tipologia de Estrutura	Altura máx	Solo limitante	Espaço necessário para construção/modificação	Limitado por presença de estruturas no pé do talude	Limitado por presença de estruturas na crista do talude	Limitações/Particularidades
Retaludamento	—	—	—	—	Sim	- Grande volume de terra a ser movimentado - Presença de estruturas que não podem ser retiradas, ou presença de mata nativa. - Necessita jazida de pedras nas proximidades
Muro de pedra	Até 4m	Solos de baixa resistência	40% da altura da estrutura	Sim	—	
Muro de sacco de solo-cimento	Até 5m	—	50% altura do muro	Sim	—	- Indicado preferencialmente para casos de ruptura em retaludamento ou pequenas rupturas
Muro de Pneu	Até 5m	—	50% altura do muro	Sim	—	- Causa poluição visual e é pouco usual
Muro de Concreto Cidrópico	Até 8m	Solos de baixa resistência	40% da altura do muro	Sim	—	- Estrutura muito pesada - Pode ser armado ou não
Gabiões	Até 8m	—	50% da altura do muro ou mais	Sim	—	- Extremamente flexíveis, indicados para solos com alta deformabilidade - Se integra à natureza com o tempo
Solo reforçado com geossintéticos	Até 15m	—	Ocupa muito espaço	Sim	—	- Grande volume de terra a ser movimentado e compactado
Terra armada	até 20m	Solos ácidos ou Solos com pouco atrito	Ocupa muito espaço	Sim	—	- Grande volume de terra a ser movimentado e compactado
Solo grampeado	—	Solos argilosos ou Solos sem atrito	—	—	—	- Necessita de um solo com aderência adequada na região onde serão ancorados os grampos - Método caro
Cortina atirantada	—	—	—	—	—	- Método mais caro apresentado - Necessita de um solo com resistência adequada na região onde serão ancorados os tirantes
Desmonte de matacões	—	—	—	Sim	Sim	- Presença de estruturas ou fauna e flora que possa ser afetada por poluição sonora, vibrações e poeira ou eventuais rolamentos causados pelas explosões. - Interrupção do tráfego
Estabilização de matacões	—	—	Necessita de espaço proporcional ao tamanho do contraforte	—	—	- No caso de atirantado, necessita substrato resistente. - Bastante cara, indicada somente para casos onde o desmonte é inviável.

Figura 1 – Tabela de características gerais para cada tipo de contenção de taludes

Fonte: TORRES (2017)

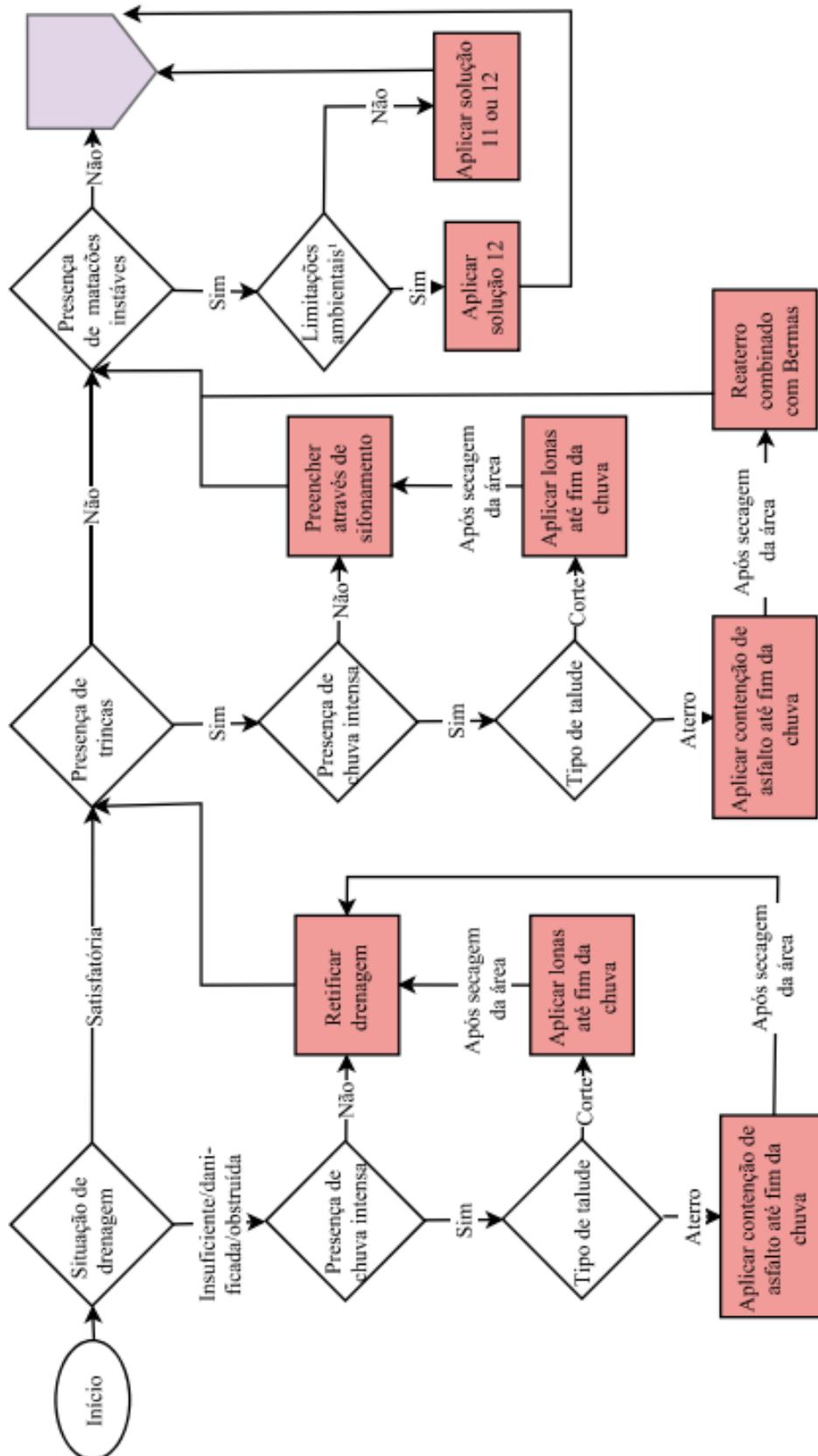


Figura 2 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 1
 Fonte: TORRES (2017)

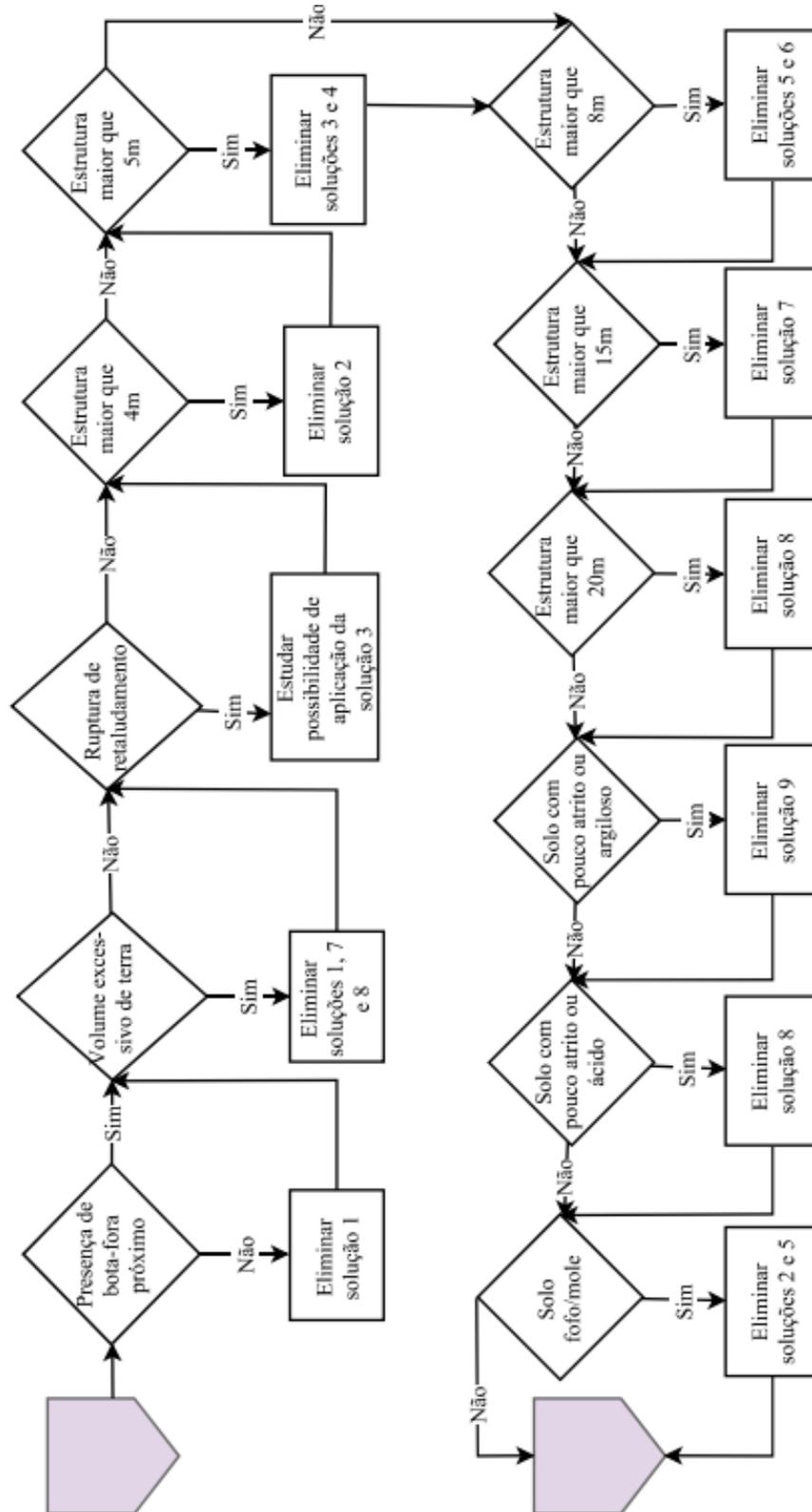


Figura 3 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 2
 Fonte: TORRES (2017)

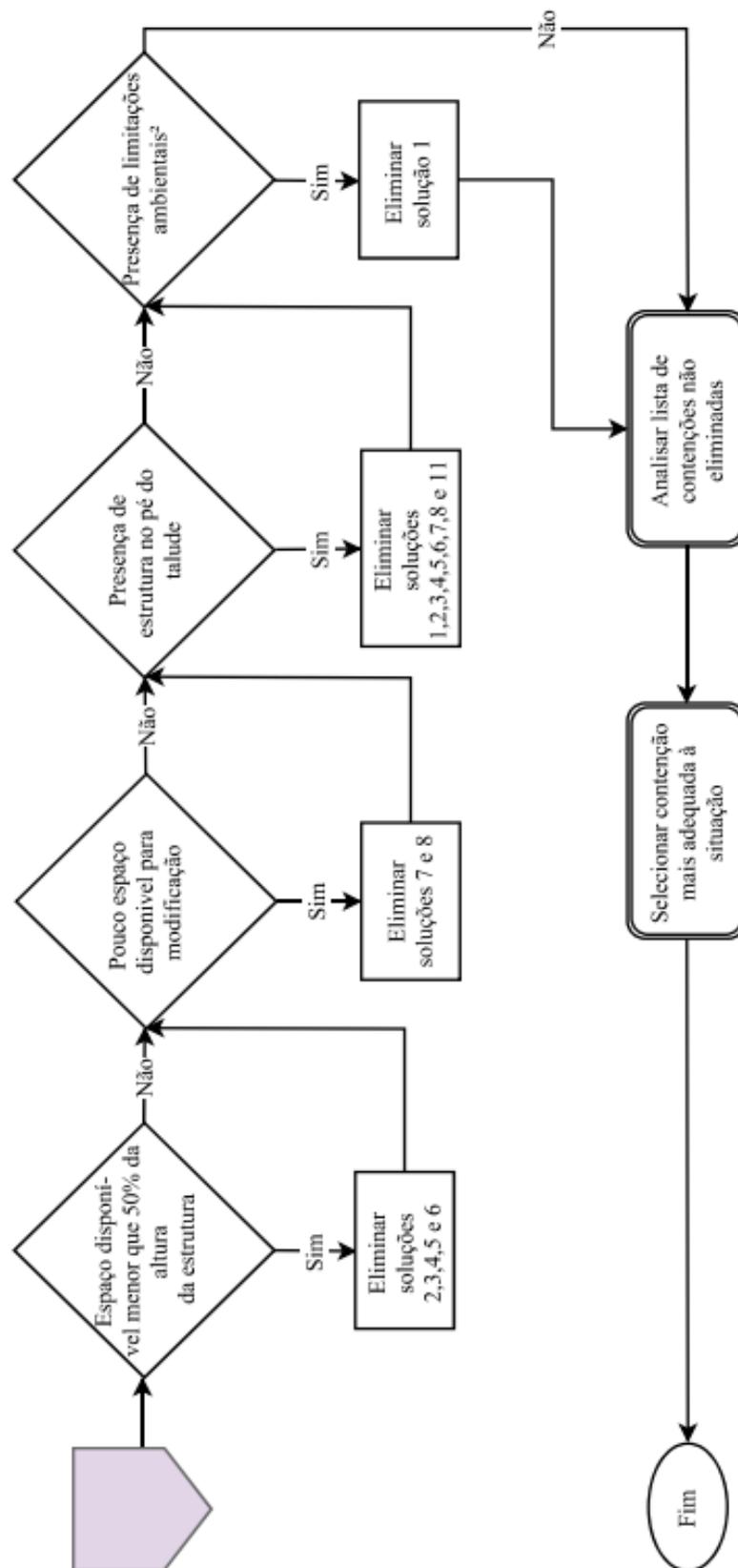


Figura 4 – Fluxograma para orientação de escolha – Parte 3

Fonte: TORRES (2017)

Tabela 1 – Tabela de acompanhamento do Fluxograma

ID	Estrutura Correspondente	Eliminada
1	Retaludamento	
2	Muro de pedra	
3	Muro de saco de solo-cimento	
4	Muro de pneus	
5	Muro de concreto ciclópico	
6	Gabiões	
7	Solo reforçado com geossintéticos	
8	Terra Armada	
9	Solo grampeado	
10	Cortina atirantada	
11	Desmonte de matacões	
12	Estabilização de matacões	

Fonte: TORRES (2017)

Questão de auditoria:

2 – Os projetos apresentados estão de acordo com os normativos vigentes e são suficientes para a execução da obra?

Informações requeridas:

Áreas de corte e aterro que necessitam de obras de estabilização;

Tipo do solo do corte e aterro a ser realizado;

Análises de rupturas expeditas;

Definição do mecanismo de instabilização; e

Estudo de alternativas, com previsão de métodos construtivos viáveis e de obras complementares.

Fontes de informações:

NBR-8044 – Projeto Geotécnico;

NBR 11682 – Estabilidade de Encostas;

IS DNIT 206 - Instrução de Serviço para Estudos Geotécnicos;

Anteprojeto;

Projeto Básico;

Projeto Executivo;

Laudos de sondagens;

Relatório de visita técnica;

Seções topográficas;

Dados cartográficos;

Dados hidrológicos

Seções geológico-geotécnicas; e

Edital e Contrato.

Possíveis achados:

Escolha do dispositivo de contenção não seguiu parâmetros normativos, podendo comprometer seu desempenho e segurança.

Projeto básico ou executivo da contenção do talude deficiente.

Escolha antieconômica da alternativa de estabilização de talude.

Método de cálculo de estabilidade da obra não é capaz de garantir sua estabilidade

Projeto executivo não detalha a metodologia de execução

Projeto executivo não prevê as obras complementares que evitam as causas de instabilidade do talude

Procedimentos:

1 - Verificar se foi realizada visita técnica no local e se o relatório dessa visita contém fotos e croquis dos locais estudados, os dados sobre o tipo de ocupação, de vegetação, condições de drenagem, tipo de relevo e natureza da encosta, geometria, existência de obras de contenção (com indicativo do seu estado atual), condições de saturação, indícios de artesianismo, natureza dos solos e outros materiais, possibilidade de movimentação, grau de risco, tipologia de possíveis movimentos, indicação de elementos em risco (vidas e propriedades), tipo provável de superfície de deslizamento ou de outro mecanismo de instabilização e possíveis consequências.

2 - Verificar se existe perfil geológico-geotécnico do terreno e se esse compreende as camadas do solo ou rocha, com suas características físicas e mecânicas (dado obrigatório em projeto básico de contenção de encostas, de acordo com a NBR 8044).

3 - Verificar se o levantamento topográfico exigido na NBR 11682 contém informações sobre a locação das investigações geológicas-geotécnicas, cursos e surgências de água (permanentes ou sazonais), afloramentos e blocos de rocha, bem como fendas, trincas e abatimentos no terreno.

4 - Verificar se foram realizadas sondagens em conformidade com a NBR 11682 ou com a IS DNIT 206.

5 - Verificar se os testemunhos de rocha que foram obtidos por meio das sondagens rotativas foram classificados identificando-se o tipo da rocha, seu grau de alteração e faturamento.

6 - Verificar se as investigações de laboratório determinaram a umidade natural, granulometria, limite de liquidez e plasticidade e resistência ao cisalhamento.

7 - Verificar se, no caso de taludes rochosos, foi feito levantamento contendo aerofotografia ou foto convencional de todo o conjunto, registro minucioso dos elementos instáveis, perfis esquemáticos com indicação sobre as dimensões dos elementos instáveis, de eventuais intrusões, orientação dos planos de fratura da rocha e das xistosidades, assim como as condições de apoio, de forma a permitir a elaboração do modelo geomecânico.

8 - Verificar se, para cada solução de estabilização de talude possível, foi realizada avaliação preliminar de quantidades e custos de serviços e de materiais, se buscando a melhor relação custo/benefício entre elas.

9 - Verificar se, entre as soluções estudadas no projeto básico, estão aquelas, em ordem crescente de custo, recomendadas pelo fluxograma constante da questão de auditoria nº 1, procedimento 5, conforme proposto por TORRES (2017).

10 - Verificar, no caso de projeto básico, se constam os seguintes documentos:

- a memória de cálculo da estabilidade da encosta, com pesquisa de superfície crítica, incluindo parâmetros de resistência do terreno, nível d'água, sobrecargas adotadas e eventuais situações de sismo;

- planta com locação da obra; vista e seções com as dimensões básicas da obra de contenção; seção ou seções transversais do modelo geotécnico com indicação da solução concebida;

- planilha de quantidades; e

- relatório sucinto, incluindo as hipóteses de cálculo adotadas e as considerações executivas.

11 - Verificar, no caso de projeto executivo, se constam os seguintes documentos:

- a) todos os elementos previstos do projeto básico, devidamente verificados e revistos;

- b) o detalhamento da sequência executiva, com os cálculos de estabilidade e fatores de segurança de todas as fases da obra;

- c) o detalhamento, dimensionamento e especificações dos elementos individuais componentes da obra de estabilização do talude, detalhamento das condições de controle e da metodologia de construção e futura manutenção. Deve ser verificado se constam o consumo, fonte, quantidade e especificação dos materiais a serem aplicados;

- d) a drenagem e a proteção contra erosão em todos os taludes de corte e de aterro;

e) o detalhamento dos elementos de drenagem superficial, elaborado a partir do levantamento hidrológico da área em estudo, com período de dez anos ou, em casos mais complexos, definido pelo engenheiro civil geotécnico; e

f) o relatório consolidado, incluindo as respectivas análises de estabilidade e o dimensionamento dos elementos estruturais de concreto armado e suas fundações.

12 - Verificar se, no caso de obras envolvendo somente contenção em solo, se foram projetadas para suportar, além dos esforços provenientes do solo, uma sobrecarga acidental mínima de 20 kPa, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado.

13 - Verificar se, no caso de descontinuidades do talude, foi considerado o valor de coesão de terreno rompido igual à zero.

14 - Verificar se o Fator de Segurança definidos nos métodos adotados para o cálculo de estabilidade dos taludes foram atingidos e se, adicionalmente, foi atingido o Fator de Segurança mínimo para deslizamentos, determinado conforme as Tabelas 1 a 3 da NBR 11682.

Questão de auditoria:

3 - O orçamento da obra de contenção encontra-se devidamente detalhado, acompanhado das CPUs de seus serviços, condizentes com os quantitativos previstos no anteprojeto, projeto básico ou executivo e são compatíveis com os valores de mercado?

Informações requeridas:

Cláusulas do Edital, do Contrato e do Aditivo;

Planilhas de quantitativos e preços unitários no Edital, no Contrato e no Aditivo;

Planilhas que expressem a composição detalhada de todos os custos unitários dos serviços do Edital, do Contrato e do Aditivo;

Tipos e quantidades de serviços previstos no Projeto Básico ou Executivo;

Detalhamento das soluções técnicas, globais e localizadas; e

Preços das fontes de referência.

Fontes de informações:

Edital, Contrato e Aditivo;

Orçamento do Edital, Contrato e Aditivo;

Composição detalhada de custos unitários do Edital, do Contrato e do Aditivo;

Anteprojeto, projeto básico ou projeto executivo balizadores da licitação; e

Sistemas referencias de preços (SINAPI, SICRO, Revista de Construção, estabelecimentos comerciais, etc.).

Possíveis achados:

Deficiência na apresentação das informações constantes da planilha orçamentária do Edital, do Contrato e do Aditivo.

Sobrepço devido à previsão de pagamento de itens em duplicidade.

Superfaturamento decorrente de itens pagos em duplicidade.

O orçamento não é acompanhado das composições de todos os custos unitários de seus serviços no Edital, no Contrato e no Aditivo.

Superfaturamento decorrente de quantitativo inadequado.

Sobrepço decorrente de quantitativo inadequado.

Sobrepço decorrente de preços excessivos frente ao mercado.

Superfaturamento decorrente de preços excessivos frente ao mercado.

Sobrepço decorrente de inclusão inadequada de novos serviços.

Superfaturamento decorrente de inclusão inadequada de novos serviços.

Sobrepço decorrente de alteração da metodologia executiva

Superfaturamento decorrente de alteração da metodologia executiva

Existência de preços diferentes para o mesmo serviço.

Procedimentos:

1 - Verificar se existe orçamento em planilhas de quantitativos e preços unitários, acompanhado das composições detalhadas de todos os seus custos unitários, no Edital, no Contrato assinado, e no Aditivo firmado.

Detalhamento do procedimento:

Verificar se, na planilha de quantitativos e preços unitários, não há serviços com unidade de medida expressa como "verba" ou com composição de preço unitário composta por itens expressos como "verba", pois tal situação configura ausência de detalhamento do orçamento.

2 - Verificar se há inclusão de itens no orçamento que já estão inclusos nos preços das composições de referência (Sicro, novo Sicro, órgãos estaduais, etc.)

3 - Verificar se os quantitativos dos serviços mais significativos do orçamento do Edital, do Contrato e do Aditivo estão de acordo com o projeto básico ou executivo.

Obs.: De forma alternativa, pode-se solicitar ao órgão as memórias de cálculo para que a equipe de auditoria faça uma conferência dos quantitativos por amostragem.

4 - Verificar se as DMTs medidas são as mesmas de projeto.

5 - Verificar se o orçamento do Edital, do Contrato e do Aditivo possui inconsistências facilmente identificáveis:

- omissão de serviços (exemplo: falta de serviço de concreto em uma obra de cortina atirantada ou solo grampeado);

- duplicidade de cobrança de serviços na CPU do serviço (ex.: instalação de malha de aço de alta resistência no serviço de proteção de taludes rochosos com telas metálicas, perdas com sobreposição e ancoragem de geogrelha de alta rigidez no muro em blocos segmentais, inclusão de custos de confecção de componentes dos muros de solo reforçados com fita, entre outros).

6 - Verificar se os preços dos serviços estão de acordo com o mercado.

Detalhamento do procedimento:

a) Selecionar os serviços que serão analisados ("curva ABC").

b) Determinar preços de referência para os serviços, com base em:

b.1) Custos diretos referenciais (mediana do SINAPI, SICRO, dados de outros órgãos federais etc.);

b.2) BDI referencial (AC-325/07-P, SICRO, outra fonte adequada, adaptado se necessário).

c) Comparar os preços unitários em análise com os preços referenciais calculados.

d) Verificar se os custos referenciais já englobam todos os serviços necessários para a execução dos serviços e se há, no custo do serviço do Edital, do Contrato e do Aditivo, previsão de serviços já considerados nos custos referenciais.

7 - Verificar, no caso de aumento de quantitativo de serviço já existente, se esses foram contratados pelos mesmos preços unitários da planilha orçamentária apresentada na licitação, conforme dispõe o §1º do art. 65 da Lei nº 8.666/93.

8 - Verificar se houve inclusão de novo serviço e, caso afirmativo, se o preço foi fixado mediante acordo entre as partes, conforme dispõe o § 3º do art. 65 da Lei nº 8.666/93, bem como se é condizente com o praticado no mercado.

9 - Verificar a existência de preços diferentes para um mesmo serviço contratado, nas planilhas de custo unitário da obra.

10 – Verificar se o Fator de Interferência de Tráfego (FIT) e o Fator de Influência de Chuva (FIC) foram calculados conforme procedimentos previstos no novo Sicro e estão fundamentados em dados oficiais.

Questão de auditoria:

4 - A execução das obras de contenção de encostas foi adequada?

Informações requeridas:

Requisitos exigidos na Lei 8.666/93;

Requisitos exigidos na Lei 12.462/2011;

Cláusulas do contrato;

Cláusulas da minuta do contrato;

Termos aditivos firmados;

Planilha orçamentária contratada e planilha orçamentária aditivada; e

Serviços já executados e a serem executados;

Fontes de informações:

Edital;

Contrato;
Minuta do Contrato;
Lei 8.666/93;
Lei 12.462/2011;
Gestor;
Termos de aditamento firmados;
Cronograma Físico-Financeiro;
Boletins de Medição;
Comprovantes de pagamentos;
Ordens Bancárias;
Sistemas Informatizados (SIAFI); e
Diário de Obras.

Possíveis achados:

Inadequação no recebimento, estocagem ou guarda de equipamentos e materiais.
Execução de serviços com qualidade deficiente.
Alteração injustificada de quantitativos.
Fiscalização ou supervisão deficiente ou omissa.
Descumprimento de cláusulas contratuais.
Perdas econômicas e sociais em face da não execução concomitante de serviços essenciais à funcionalidade da obra.
Termo aditivo desacompanhado de discriminação dos serviços e quantidades adicionados.
Existência de atrasos que podem comprometer o prazo de entrega do empreendimento.
Pagamento por serviços não previstos contratualmente.
Avanço desproporcional das etapas de serviço.
Perda potencial ou efetiva de serviços realizados, em face da não execução concomitante de serviços essenciais à integridade da obra.

Superfaturamento decorrente da execução de serviços com qualidade deficiente.

Não comprovação da execução dos serviços contratados.

Liquidação irregular da despesa.

Superfaturamento decorrente de pagamento por serviço não executado.

Obra de contenção de talude entregue sem estar devidamente concluída.

Inobservância das normas legais, regulamentares e contratuais relativas à responsabilidade das empresas projetistas, supervisoras e construtoras pela qualidade das obras, em especial quanto à reparação de defeitos ou à devolução de valores pagos.

Utilização de materiais, equipamentos ou métodos construtivos incompatíveis com as especificações técnicas dos serviços contratados.

Procedimentos:

1 - Confrontar os boletins de medição com os pagamentos realizados, verificando se se referem a serviços previstos contratualmente para as obras de contenção de taludes e já efetivamente executados.

2 - Verificar a efetividade da fiscalização da obra, por meio de análise do conteúdo e assinaturas do Diário de Obras, bem como e as alterações nas condições de campo em relação ao projeto executivo estão sendo comunicadas ao engenheiro civil geotécnico responsável e se as soluções apresentadas para as modificações estão compatíveis com o projeto.

3 - Verificar se não houve a ocorrência de paralisação e atrasos injustificados na execução dos serviços de contenção de taludes, de forma que a deixaram incompleta e com potencial para acelerar o processo de instabilidade que se queria sanear.

4 - Verificar se não há serviços mal executados ou com defeitos nas obras de contenção de taludes e, no caso de existirem, se a fiscalização tem exigido que a construtora proceda os reparos necessários ou a devolução dos valores pagos.

5 - Verificar se existe descompasso entre as etapas da obra de contenção de taludes, como, por exemplo, a confecção da cortina atirantada sem que o sistema de drenagem esteja protegendo a área construída.

6 - Verificar se houve a utilização de equipamentos compatíveis com as especificações técnicas dos serviços contratados, como, por exemplo, a execução de compactação manual ou

semimecanizado nas compactações de aterro a menos de dois metros do paramento da estrutura de contenção.

7 - Verificar a existência de interferências que possam provocar o atraso da obra de contenção de encostas relativamente à obra da plataforma rodoviária que a margeia e analisar a regularidade das providências adotadas para saná-las.

8 - Verificar se os serviços estão sendo executados consoante projeto executivo, contrato e normas técnicas afins, tais como:

- correta disposição de material resultante de escavação e entulho, de forma a não criar sobrecarga excessiva no talude;

- caminhamento de águas de drenagem e retorno de perfuração executados de forma a não causar instabilização;

- a escavação abaixo de qualquer nível de tirantes somente pode ser iniciada após a aplicação da carga especificada no projeto, para todos os níveis superiores na mesma vertical, quando do método descendente de execução de cortinas atirantadas;

- comprovação da capacidade de carga da fundação no nível de tensões previstos em terrenos de assentamento de estruturas de contenção.

9 - Verificar se o contrato de supervisão contém cláusulas prevendo a realização de ensaios de controle específicos para a aferição dos parâmetros de projeto a serem atingidos nas obras de contenção de taludes.

10 - Verificar se os pagamentos das obras de contenção de taludes estão de acordo com os critérios de medição previstos no contrato ou projeto ou especificações e cadernos de medição e pagamentos do órgão contratante.

11 - Verificar se as cláusulas contratuais relativas às obras de contenção de taludes estão sendo atendidas durante a execução do contrato.

12 - Verificar se a execução dos serviços foi antecedida da obtenção de todas as licenças e autorizações emitidas pelos órgãos competentes.

13 - Verificar se os materiais e equipamentos necessários às obras de contenção de taludes foram recebidos e armazenados adequadamente.

14 - Verificar se aspectos de funcionalidade da obra de contenção de taludes estão sendo considerados nas etapas de planejamento e execução do empreendimento.

15 - Verificar a existência de atrasos que podem comprometer o prazo de entrega do empreendimento.

16 - Verificar se não foram aditivados quantitativos de serviços sem que houvesse a correspondente alteração na quantidade de serviço executado ou a executar. No caso de obras sobre o regime RDCi, verificar se a alteração efetuada não estaria sob o risco assumido pela empresa contratada na matriz de risco contratual.

17 - Verificar se, quando do recebimento das obras, as obras complementares de estabilização de taludes estão concluídas.

18 - Verificar se os produtos entregues correspondem ao que foi contratado.

19 – Verificar, quando do aparecimento de defeitos nas obras de contenção de taludes, se a empresa executora foi chamada para a reparação, ainda sobre o período de garantia contratual.

6 CONCLUSÃO

Do estudo efetuado nesta monografia, conclui-se que o Tribunal de Contas da União não faz auditoria de obras de contenção de encostas de maneira sistêmica e procedimental. Esse tipo de auditoria ainda é muito dependente do conhecimento do auditor.

Também se conclui que o DNIT também não tem procedimento de análise formal deste tipo de obra, embora haja avanços nesse sentido, como se observa na implantação de guias de análise do DNIT, ainda em fase de elaboração.

Pôde-se perceber que os projetos de contenção de encostas possuem, entre as principais falhas, a falta de prioridade para os estudos preliminares, onde são caracterizados os mecanismos de instabilidade dos taludes, suas restrições quanto à execução e estudo sobre as surgências de água, sejam elas perenes ou sazonais.

Outra falha comentada na literatura técnica e nas entrevistas realizadas é a falta de cuidados com os mecanismos de drenagem da estrutura, os quais são negligenciados. Apontou-se para a falta de execução destes ou a sua execução em desconformidade com os normativos vigentes, o que lhes diminui a capacidade de afastar a água, um dos principais causadores de instabilidade da obra de contenção.

Outro ponto que conclui-se ser de grande importância para o controle do Tribunal de Contas da União é o processo de escolha do tipo do mecanismo de estabilização da encosta. Tanto a literatura técnica quanto as entrevistas realizadas alertam que, muitas vezes, são propostas soluções de catálogo em vez de se estudar as alternativas partindo da solução mais econômica e, caso esse seja inviável, ir estudando as imediatamente mais onerosas até que se ache a solução técnica e economicamente mais viável.

Também se verificou que as normas exigem o cumprimento de vários requisitos para a confecção do projeto básico e executivo, os quais estão sendo propostos procedimentos de controle para auditorias do TCU, uma vez que a obediência a esses requisitos aumenta muito a probabilidade de a obra apresentar melhor qualidade.

No que concerne a orçamento, por ser obra que pode ter seus custos diluídos em vários itens de planilha independentes, sugeriu-se um procedimento mais genérico, procurando direcionar o

auditor para que se certifique que o orçamento não contém duplicidades de custo em relação às CPU referenciais. Também se procurou direcionar o auditor para que verifique se os quantitativos previstos na planilha de custo estão de acordo com os indicados na planilha de quantidades presente no projeto básico e executivo e se não existem custos previstos como verbas sem que haja justificativa para o impedimento de montagem de Composição de Preço Unitário. Não menos importante, foi proposto que o auditor que utilize esse roteiro verifique se a metodologia empregada na obra de contenção de talude é a prevista em projeto ou se foi modificada sem a correspondente alteração do custo orçado, caso seja pelo critério de preço unitário. Também foi inclusa uma conferência do cálculo do FIT e do FIC, uma vez que são novidades inclusas no novo Sicro e devem ser objeto de muitas dúvidas pelos projetistas.

Finalmente, em relação à execução das obras, buscou-se orientar o auditor a verificar se a obra foi executada em conformidade com o projeto executivo, em especial as obras de drenagem; se a fiscalização está atuante e buscando resolver os problemas encontrados na obra por meio de consultas a um engenheiro responsável; se a obra de contenção de taludes está sendo entregue em compasso com a obra da rodovia e se não há atrasos na obra que não permitam a garantia de estabilização do talude, ou até mesmo, contribuam para o colapso deste.

Sendo assim, espera-se que os procedimentos aqui elaborados ajudem os auditores do TCU, principalmente aqueles sem especialização em engenharia ou geotecnia, a verificar se as obras de contenção de encostas tenham sido bem escolhidas, orçadas em conformidade com os custos paramétricos e que a sua execução garanta a estabilidade do talude conforme o projeto executivo apresentado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

A ocasião faz a solução. Revista Técnica. n. 37, nov. 1998. Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/37/artigo285118-1.aspx>> e em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/123/imagens/tec37.pdf>> . Acesso em 19 fev. 2018.

ASSIS, André. **Taludes rodoviários e estruturas de contenção**. Notas de Aula. Brasília, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**:informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682**:estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 19286**: Muros em solos mecanicamente estabilizados. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5629**: execução de tirantes ancorados no terreno. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**:informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6497**:levantamento geotécnico: procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8044**:projeto geotécnico: procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Rio de Janeiro, 1997. 296p. (IPR. Publ., 700). Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/700_glossario_de_termos_tecnicos.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2017.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 484p. (IPR. Publ., 726). Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/726_diretrizes_basicas-escopos_basicos-instrucoes_de_servico.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de implantação básica de rodovias**. Rio de Janeiro, 2010. 617p. (IPR. Publ., 742). Disponível em: < http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/742_manual_de_implantacao_basica.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custo de Infraestrutura de Transportes. Metodologia e Conceitos. In **Manual de custos de infraestrutura de transportes**. Brasília, 2017. 12v. (IPR. Publ., 742). Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custo de Infraestrutura de Transportes. Fundações e Contensões – Manuais Técnicos. In **Manual de custos de infraestrutura de transportes**. Brasília, 2017. 12v. (IPR. Publ., 742). Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação-Geral de Desenvolvimento de Projetos. **Guia de Análise de Projetos Rodoviários (Versão Beta V3)**. Brasília, 2018. 313 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação-Geral de Desenvolvimento de Projetos. **Análise de Estabilidade de Taludes referente ao Projeto de Engenharia (Em elaboração)**. Brasília, 2018. 37 p.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Segunda revisão do roteiro de auditoria de obras públicas**. In Boletim Interno do Tribunal de Contas da União. Edição Especial. Brasília, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES-OA 39/71**: Muros de arrimo. Rio de Janeiro, 1971.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 014/95**: Mapeamento geológico-geotécnico para obras viárias. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 044/71**: Proteção do corpo estradal – revestimento de taludes com solo-cimento (em revisão). Rio de Janeiro, 1971.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 380/98**: Utilização de geossintéticos em obras rodoviárias. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-ES 103/2009**: Proteção do corpo estradal – estruturas de arrimo com gabião. Rio de Janeiro, 2009.

PEREIRA, Vicente. **Transportes, história, crises e caminhos**. Rio de Janeiro. Ed. Civilização Brasileira. 2014.

SANTANA, Jorge Henrique Felipe. **Estudo comparativo de variações de contenção de taludes verticais**. Formiga, MG: UNIFOR, 2014. Trabalho de conclusão de curso (graduação).

SÃO PAULO (Estado): Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Manual de geotecnia - taludes de rodovias - orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**. Coordenador Pedro Alexandre Sawaya de Carvalho. 1991. 388 p.

TORRES, Gabriela. **Proposta de Manual emergencial – Diretrizes para escolha de estrutura de contenção em taludes rodoviários**. Florianópolis, SC: UFSC, 2017. Trabalho de conclusão de curso (graduação).