

Estabilização do Processo Erosivo Deflagrado às Margens do Córrego Tamanduá

Myller de Souza Esteves

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, eng.myller@gmail.com

Itamar de Souza Bezerra

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, itamar.sbezerra@gmail.com

Marta Pereira da Luz

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, martapluz@gmail.com

RESUMO: Os processos erosivos, quando deflagrados em área urbana, geram diversas consequências socioeconômicas para o meio, como a perda de áreas habitáveis, destruição de vias, assoreamento do leito dos cursos d'água, e degradação do patrimônio público e privado, além de causarem problemas ambientais. O mal planejamento e a ocupação acelerada do solo, juntamente com as obras de engenharia ineficientes e práticas de tratamento de erosões falhas, são os principais fatores que levam a gênese dos processos erosivos em meios urbanos. Apesar das consequências indesejáveis, o processo erosivo é o fenômeno natural responsável pela modelagem da superfície terrestre. Na maioria dos casos, a origem acelerada desse processo, que impossibilita a recuperação natural da superfície, é causada por ações antrópicas. O artigo em questão trata de um estudo técnico realizado para solucionar o problema de uma erosão que se desenvolveu em área urbana, localizada na cidade de Aparecida de Goiânia, às margens do córrego Tamanduá. Toda a drenagem pluvial da bacia hidrográfica da região é coletada através de manilhas de concreto, sendo que estas romperam devido à deformação do solo mole presente em sua base, causando o extravasamento da rede. Visando uma solução para o problema, inicialmente observamos que o solo natural não suportaria a vazão coletada pelas manilhas, sendo assim optamos pela criação de um canal retangular de gabião caixa associado a colchão Reno. Essa medida se apresenta como solução compatível para o problema, visto que os gabiões são flexíveis suportando os recalques diferenciais do solo orgânico, possuem ótima interação com o meio natural, e se apresenta como uma solução de fácil execução. Os resultados obtidos foram extremamente satisfatórios, tendo a solução respeitado aspectos de ordem econômica, ambiental e sobretudo técnica, todos necessários seja qual for a obra de engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Erosões Urbanas, Processos Erosivos, Estabilização de Erosões, Gabiões.

1 INTRODUÇÃO

O processo erosivo é o fenômeno responsável pela modelagem da superfície terrestre através de desgaste e transporte dos solos por agentes erosivos como água, vento, neve, plantas, animais e o homem. Esse fenômeno ocorre de forma natural havendo um equilíbrio entre o desgaste e a formação de solo da superfície.

Uma vez que alguma influência do homem rompe com esse equilíbrio surge o que é definido como erosão antrópica. Tal evento é comum em regiões urbanas, em consequência do rápido aumento populacional de forma desordenada sem nenhum planejamento urbano para a ocupação de novas áreas.

Os processos erosivos têm causado inúmeros danos socioeconômicos em áreas urbanas, como

destruição de moradias, vias, patrimônio público e privado. Tais danos trazem onerosos gastos aos cofres públicos e para as populações das áreas atingidas, além de causarem problemas ambientais que podem ser de difícil tratamento.

Esse artigo tem como objetivo o estudo de caso de uma erosão que se desenvolveu na cidade de Aparecida de Goiânia, descrevendo e analisando quais os fatores condicionantes e deflagratórios que levaram a evolução desse processo erosivo, e elaborar uma solução que venha a estabilizar a erosão de forma econômica, técnica e ambiental.

O local da erosão estudada situa-se no bairro Garavelo, as margens do córrego Tamanduá. A mesma causou transtornos e riscos aos moradores, pois destruiu parte da rua situada na sua proximidade. É importante citar que devido à evolução do processo erosivo, grande quantidade de material erodido foi carregado até o córrego, causando seu assoreamento o que caracteriza um evento indesejável sob a ótica ambiental.

Para essas análises foram realizadas visitas ao local da erosão para a criação de relatórios fotográficos e técnicos, e extração de amostras deformadas e indeformadas do solo, a fim de realizar os ensaios geotécnicos para obtenção dos parâmetros necessários para o dimensionamento da solução.

2 EROSÃO E SOLO ESTUDADO

No local estudado foi identificada a presença de dois horizontes de solo, uma camada superficial com característica granular e uma camada mais profunda de solo orgânico.

A drenagem da bacia era realizada por meio de captação através de uma rede de águas pluviais que era drenada até o córrego. Essa rede é formada por manilhas de concreto, sendo que essas estavam apoiadas diretamente na camada de solo orgânico, que pode ser caracterizado por ser uma deficiência do projeto anterior, visto que o mesmo possui baixa capacidade de suporte de carga, assim admitindo deformações excessivas que causaram rompimento das manilhas e um

extravazamento na rede.

Esse extravazamento foi a causa do surgimento de uma erosão interna, pois o solo que se encontrava acima da camada orgânica possui característica de um solo erosivo conforme demonstrado nos ensaios realizados nesse trabalho. Esse processo erosivo evoluiu para uma ravina que foi limitada verticalmente ao solo orgânico, este possuindo características não erodíveis, dessa maneira a tendência observada no local, seria uma evolução desse processo na direção horizontal.

As galerias pluviais em áreas pavimentadas e o escoamento concentrado em áreas sem asfalto são as principais causas de erosões em região metropolitana, pode-se acrescentar também a má gestão no tratamento desse problema, com a prática de entulhamento das erosões acarretando em assoreamento do sistema de drenagem (Nascimento & Sales, 2003).

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas dos dois solos distintos encontrados na localidade, os quais foram denominados como solo granular e solo orgânico para serem identificados durante a realização desse estudo. Observam-se na figura 1 os perfis desses dois tipos de solo encontrados, onde o solo orgânico está em uma camada inferior e o solo granular está acima do orgânico, e seu perfil vai até a camada superficial.



Figura 1. Perfil dos Solos Encontrados na Erosão.

3 MATERIAIS E METODOLOGIA

Os ensaios de Caracterização, Desagregação e Cisalhamento Direto foram realizados nos Laboratórios de Mecânica dos Solos na Escola de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade

Católica de Goiás (PUC-GO), localizada em Goiânia – GO, e no Laboratório de Mecânica dos Solos - Caracterização (Bloco 2) do Departamento de Tecnologia de Empreendimentos - DCTE da Eletrobrás Furnas, Aparecida de Goiânia.

3.1 Preparo das Amostras Para os Ensaios

Em relação ao ensaio de cisalhamento direto, foi moldado somente para o solo orgânico, um cubo de 30 x 30 x 30 cm. Quanto ao solo granular, não foi possível extrair uma amostra indeformada, devido a grande falta de estabilidade do material durante a tentativa de amostragem.

3.2 Caracterização do Solo

Os ensaios necessários para a caracterização dos dois solos estudados foram executados segundo a NBR 7181 (ABNT, 1984), análise granulométrica com a combinação dos ensaios de sedimentação e peneiramento fino e grosso, a NBR 6508 (ABNT, 1984a) para a determinação da massa específica real dos grãos com utilização de picnômetro, e as NBR 6459 (ABNT, 1984b) e NBR 7180 (ABNT, 1988) para obtenção, respectivamente, do limite de liquidez e limite de plasticidade.

3.3 Ensaio de Desagregação

O ensaio de desagregação analisa uma amostra de solo indeformada em diferentes processos de imersão na água, observando seu comportamento quanto à capacidade da água em desagregar o mesmo. O ensaio é puramente qualitativo e sua metodologia é descrita por Santos (1997), onde amostras de solo indeformadas devem ser moldadas na forma de cubos com 60 mm de aresta.

3.4 Ensaio de Cisalhamento Direto

O ensaio de cisalhamento direto foi executado segundo a norma D 6528 - 07 (ASTM - American Society for Testing and Materials, 2007) que é a norma que descreve o ensaio de cisalhamento direto adensado e não-drenado

(CU –consolidated undrained).

4 RESULTADOS DOS ENSAIOS

4.1 Caracterização do Solo

O estudo das características de um solo é fundamental para compreensão do mesmo, segundo Fácio (1991) as propriedades físicas obtidas por meio de ensaios como granulometria NBR 7181 (ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1988a) e massa específica NBR 6508 (ABNT, 1984a) participam em aspectos mineralógicos, químicos e estruturais que exercem grande influência no comportamento mecânico e hidráulico de um solo.

4.1.1 Massa Específica

A NBR 6508 (ABNT,1984a) é utilizada na determinação da massa específica real dos grãos, e menciona a necessidade de serem realizados ao menos 2 ensaios para determinação dessa grandeza. Foram realizados 3 ensaios para cada tipo de solo, e obteve-se o resultado de 2,772g/cm³ para o solo granular e 2,454g/cm³ para o solo orgânico.

4.1.2 Análise Granulométrica

De acordo com a NBR 6502 (1995), escala o solo granular é considerado areno pedregulhoso, devido às porcentagens predominantes de pedregulho e areia obtidos através do ensaio de análise granulométrica, NBR 7181 (ABNT, 1984). Solos com essa granulometria quando não estão confinados e sob ação de agentes erosivos, apresentam baixa resistência, sendo suscetíveis à erosão.

Tabela 1. Classificação Granulométrica com Defloculante do Solo Granular.

Fração	Faixa (mm)	Percent. (%)
Argila	< 0,002	22,93
Silte	0,002 – 0,6	12,95
Areia	0,06 – 0,20	29,37
Pedregulho	2,0 - 60	34,97
		100,00

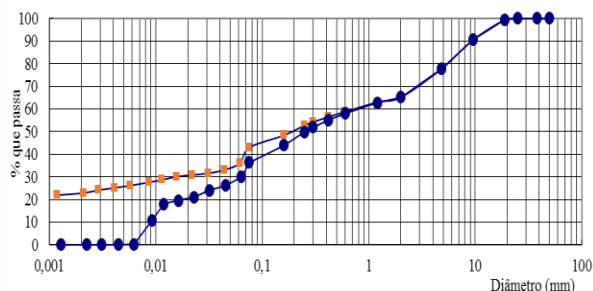


Figura 2. Curvas granulométricas do solo granular com defloculante em azul e sem defloculante em laranja

De acordo com a NBR 6502 (1995) escala granulométrica brasileira o solo orgânico é considerado argilo arenoso, devido às porcentagens predominantes, sobretudo de argila e areia obtidas através do ensaio de análise granulométrica, NBR 7181 (ABNT, 1984). Abaixo segue tabela e grafico com os resultados do ensaio.

Tabela 2. Classificação Granulométrica com Defloculante do Solo Orgânico.

Fração	Faixa (mm)	Percent. (%)
Argila	< 0,002	53,22
Silte	0,002 – 0,6	18,43
Areia	0,06 – 0,20	28,36
Pedregulho	2,0 - 60	0,00
		100,00

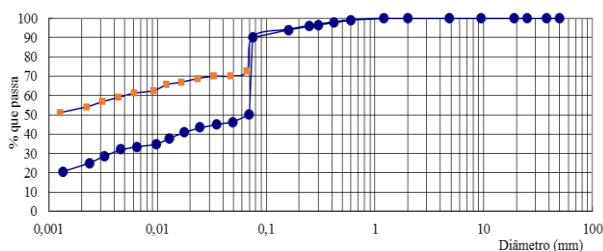


Figura 3 - Granulometria do solo orgânico - com defloculante em azul e sem defloculante em laranja

4.1.3 Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

O limite de liquidez foi realizado para os dois solos presentes no local da erosão, sendo este ensaio normatizado pela NBR 6459 (ABNT, 1984b). Para o solo granular foi obtido o valor de 41% e para o solo orgânico 61%.

O limite de plasticidade, normatizado pela NBR 7181 (ABNT, 1988a), foi realizado para

os dois solos estudados. Os resultados obtidos foram de umidade igual a 27% para o solo granular e de 38% para o solo orgânico.

Com os resultados, obtêm-se os Índices de plasticidade iguais a 14% para o solo granular e 23% para o solo orgânico.

De acordo com Jacintho et al.(2006), os limites de liquidez e de plasticidade aumentam a medida que aumentam os teores de argila no solo, portanto, a realização dos ensaios de LL e de LP confirmam o caráter argiloso do solo orgânico e o caráter não-argiloso do solo granular obtidos no ensaio de granulometria.

4.2 Ensaio de Desagregação

O ensaio de desagregação proposto por Santos (1997) foi realizado em amostras indeformadas dos dois solos estudados. No ensaio realizado com o solo orgânico, a amostra manteve-se inalterada tanto para o processo de inuncação total quanto para o de inuncação parcial, portanto, sem resposta de acordo com a classificação proposta pelo ensaio.

A imersão total no solo granular foi finalizada com menos de 30 minutos, pois a amostra de solo se desintegrou formando uma pilha de material, o que caracteriza o abatimento.

O ensaio de desagregação por etapas do solo granular também terminou com o abatimento da amostra, ocorrendo-se na quarta etapa ao atingir a inuncação completa da amostra. A situação pode ser vista de forma clara na figura 4 a seguir.



Figura 4. Final do Ensaio por Imersão Parcial.

A realização desse ensaio permite prever qualitativamente o comportamento do solo quando inundado por água. Quanto aos resultados obtidos, pode-se afirmar que o solo orgânico possui estabilidade estrutural em água,

pois durante a realização do ensaio, a amostra de solo orgânico não sofreu nenhum tipo de alteração. Em relação ao solo granular, este possui pouca estabilidade estrutural, podendo ser explicado, segundo Jacintho et al. (2006), pela fase de ar contínua presente nesse solo, e quando a água penetra no solo por efeito de sucção e capilaridade, acarreta em uma redução de volume e surgimento de pressão positiva, assim, se a pressão na fase ar ultrapassa a coesão do solo, acontece a ruptura estrutural da amostra.

4.3 Ensaio de Cisalhamento Direto

O ensaio de cisalhamento direto é normatizado pela norma americana D 6528 - 07 (ASTM - American Society for Testing and Materials, 2007). Não houve realização desse ensaio para o solo granular, visto que o solo se desestruturava durante o processo de amostragem, impossibilitando a extração de amostra indeformada do mesmo. Em relação ao solo orgânico, o ensaio foi realizado a fim de traçar a sua envoltória de Mohr e obter os parâmetros de coesão e ângulo de atrito, cujo os valores são de 12kPa e 16° respectivamente.

5 SOLUÇÃO TÉCNICA

A solução adotada para a erosão estudada, prevê a canalização da água pluvial coletada através de um canal retangular de gabiões caixa atuando na contenção e proteção das margens, associado a colchões Reno com a função de revestimento do fundo do canal, situação visualizada na figura 5 a seguir. A escolha por essa solução ocorreu pois há vários aspectos importantes que são contemplados.



Figura 5. Canal Antes de Receber o Argamassamento.

Em relação ao aspecto ambiental, as obras de engenharia civil devem causar mínimos danos ao meio ambiente, dessa forma, as estruturas em gabião se enquadram perfeitamente a esse quesito, pois a mesma é altamente permeável permitindo a infiltração e percolação de água no solo, assim as linhas de fluxo não são alteradas, o que favorece a rápida recuperação da fauna e da flora circundante.

As estruturas em gabiões também possuem boa flexibilidade, acomodando-se face às deformações impostas pelo terreno natural encontrado, que possui baixa capacidade de suporte de carga, desta maneira, a solução escolhida dispensa qualquer tipo de fundação, tornando o projeto menos oneroso se comparado a outras soluções.

Devido às dificuldades de acesso impostas pelo local da obra e seu caráter emergencial, uma característica importante da solução foi a escolha de uma estrutura de simples e rápida execução. Diante do problema os gabiões e colchões Reno atendem a este quesito, visto que são elementos de aplicação simples utilizando apenas tela e pedra, executados sem a necessidade de mão de obra especializada e de equipamentos mecânicos que oneram o custo da obra.

Outro ponto significativo das estruturas em gabiões é a sua versatilidade. Em caso de modificação ou ampliação da estrutura, devido a mudanças de configuração de projeto ou comportamento hidráulico, há possibilidade de mudanças na disposição da estrutura com acréscimo ou retirada dos elementos que a compõe.

Referente à durabilidade da estrutura frente à presença de água constante por se tratar de um canal, as malhas de aço do gabião e do colchão Reno recebem um revestimento com liga de Zinco/Alumínio e um recobrimento com material plástico, assim garantindo a preservação da estrutura diante da agressividade do ambiente.

Para melhor entendimento da solução, na figura 5 está representado o início do perfil longitudinal do canal e na figura 6 a seção transversal do mesmo.

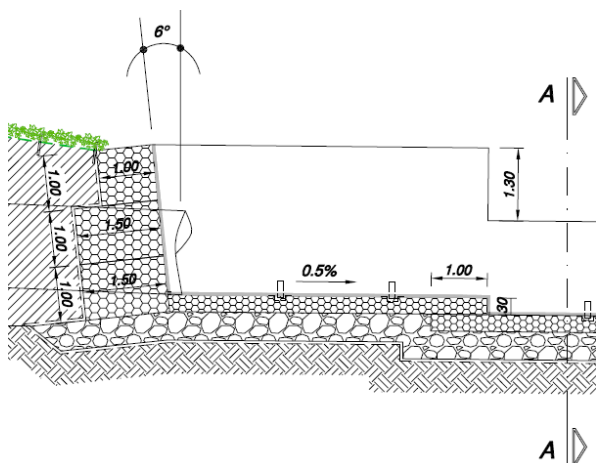


Figura 5. Início do Perfil Longitudinal da Solução.

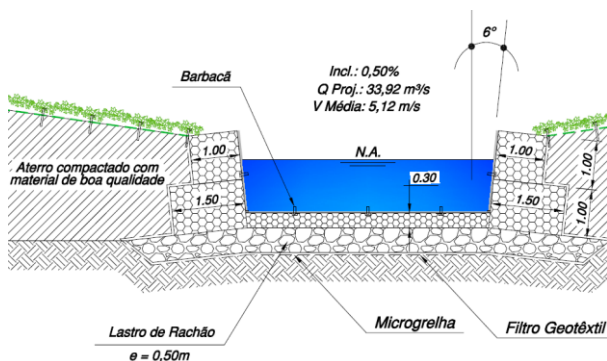


Figura 6. Corte Transversal AA.

5.1 Estudo Hidrológico

O estudo hidrológico realizado para a execução da obra foi disponibilizado pela Prefeitura de Aparecida de Goiânia. A área da bacia de contribuição é igual a 1,21 km² com comprimento de alvegue de 1,02 km, cota máxima do talvegue de 895 metros e cota de projeto do talvegue de 841,30 metros. O método utilizado para o da vazão de projeto é o Soil Conservation Service (SCS), através foram obtidos os seguintes parâmetros para o cálculo da vazão:

- Tempo de concentração adotado = 15 minutos;
- Duração da chuva unitária = 2 minutos;
- Tempo de retorno adotado = 100 anos.

A partir dos dados obtidos nesse estudo, foi possível definir a vazão de projeto de 33,92 m³/s.

5.2 Dimensionamento do Canal

O dimensionamento do canal foi realizado a partir do software Macra1 fornecido pela empresa Maccaferri. Primeiramente, para o

dimensionamento do canal, deve-se informar as dimensões do canal desejado, e a partir dessas dimensões o software faz algumas verificações listadas a seguir para aprovação do canal. A figura 10 apresenta o canal calculado.

Incl.: 0,50%
Q Proj.: 33,92 m³/s
V Média: 5,12 m/s

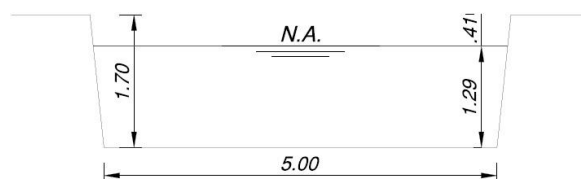


Figura 7. Detalhe do Canal Calculado.

A partir da seção definida verifica-se se as tensões admissíveis de arraste do fundo e das margens do canal superam as tensões atuantes em 20%, condição necessária para a segurança da estrutura.

Outro requisito que deve ser respeitado é que a velocidade de escoamento não deve superar a velocidade admissível suportada pelas estruturas do canal. Para o cálculo das velocidades no dimensionamento, foi proposto o argamassamento de todo o canal, assim melhorando as condições de fluxo devido a uma redução da rugosidade da superfície do canal.

É importante ressaltar que caso não fosse utilizado o argamassamento do canal em nosso estudo, a seção analisada estaria comprometida e deveria ser alterada, pois haveria extravazamento da mesma.

Os resultados obtidos no programa satisfazem todas as condições mencionadas anteriormente, seguem na tabela 3 os resultados obtidos:

Tabela 3. Resumo das Tensões e Velocidades do Canal.

Tensão na base (τ):	63,26 kN/m ²
Tensão adm na base (τ):	450 kN/m ²
Tensão na margem (τ):	48,21 kN/m ²
Tensão adm margem (τ):	450 kN/m ²
Vel. de Escoamento:	5,12 m/s
Máxima Vel. Admissível:	6,00 m/s

O canal dimensionado atende a todas as condições necessárias.

5.3 Cálculo da Estabilidade da Contenção

O cálculo da estabilidade da contenção foi realizado utilizando o software Gawacwin, fornecido pela empresa Maccaferri, utilizado para verificações quanto à estabilidade de contenções em gabião caixa. A seção escolhida para análise é a mais crítica do projeto, desta maneira, ao ser confirmada a sua estabilidade, não é necessário a verificação das outras seções menos solicitadas. Segue na figura 8 o detalhamento da seção mais crítica do projeto a ser analisada.

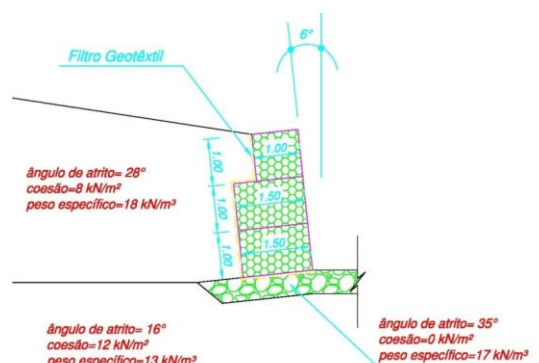


Figura 8. Detalhe da Seção Crítica.

Nos cálculos são utilizados diferentes critérios para definir os fatores de segurança e a partir destes fazem-se as verificações quanto: o deslizamento, o tombamento, a ruptura do solo de fundação e a ruptura global.

5.3.1 Deslizamento

É importante deixar claro que os critérios de cálculo utilizados para definição do empuxo ativo foi realizado seguindo o método de Coulomb, e o empuxo passivo o método de Rankine. Outra consideração relevante trata da força resistente solo-gabião que sofrerá uma minoração de 5%, devido a utilização de geotêxtil na base da contenção.

O fator de segurança obtido no estudo é igual $F_{sde} = 3,47$, resultado maior do que 1,5 conforme limitado na norma NBR 11682 (ABNT, 2009), portanto a contenção está aprovada quanto ao deslizamento.

5.3.2 Tombamento

Com objetivo de melhorar o fator de segurança ao tombamento, foi sugerido uma inclinação de 6° graus para dentro do terrapleno conforme representado na figura 11, assim alterando o centro de gravidade do muro e por conseqüente aumentando o momento resistente ao tombamento.

O fator de segurança obtido no estudo é igual $F_{sto} = 4,10$, resultado maior do que 2,0 conforme limitado na norma NBR 11682 (ABNT, 2009), portanto a contenção está aprovada quanto ao tombamento.

5.3.3 Ruptura do Solo da Fundação

É importante ressaltar que para melhorar a capacidade de carga da fundação foi utilizado o agulhamento de uma camada de 50 cm de rachão em toda a extensão da base do muro.

5.3.4 Ruptura Global

Para a análise da ruptura global da estrutura foi utilizado o método de Bishop encontrando-se um coeficiente de segurança de 1,78, resultado bastante favorável à segurança da solução.

5.3.5 Resumo dos fatores de segurança

Para uma melhor visualização dos fatores de segurança e tensões atuantes, segue a tabela 4 com os resultados:

Tabela 4. Resumo dos Fatores de Segurança e Tensões.

Coef. de Seg. Deslizamento	3,47
Coef. de Seg. Tombamento	4,10
Coef. de Seg. Rup. Global	1,78
Tensão na Base Direita	71,76 kN/m²
Tensão na Base Esquerda	28,97 kN/m²
Máxima Tensão Adm do Solo	135,92 kN/m²

5.4 Considerações Sobre a Solução

O escopo principal desse tópico é apresentar algumas técnicas especificadas no projeto que são fundamentais para o bom desempenho da solução. Nas figuras 5 e 6 é possível visualizar todos os detalhes que serão mencionados abaixo.

Para a proteção do aterro ao tardo da estrutura da gabião foi proposto o uso de uma geomanta revestindo toda a superfície do aterro, tendo essa, função de promover o crescimento de vegetação rasteira, que impede o fluxo laminar contínuo e garante a infiltração de água no solo, é também uma solução que proporciona um efeito paisagístico.

Por objetivo de evitar que deflagra-se erosões internas na estrutura de contenção, foi utilizado geotêxtil no contato solo-gabião, pois impossibilita que os finos do solo sejam carregados para dentro do gabião.

Referente ao argamassamento do canal, essa solução causa pressões positivas sobre o mesmo, para evitar esse efeito, foi sugerido a utilização de barbacãs em toda a extensão do canal.

A fim de reduzir as deformações na base da estrutura foi utilizada uma camada de microgrelha para envelopar o rachão, prática que proporciona um melhor confinamento e concede coesão a camada.

6 CONCLUSÃO

O estudo realizado permite mostrar a importância de uma análise completa da erosão para que seja detectada a sua causa, evitando problemas durante a elaboração do projeto, garantindo a implantação de uma estrutura de estabilização mais confiável.

Somente o estudo da erosão não é suficiente, a realização de variados ensaios para obtenção de parâmetros geotécnicos, levantamento topográfico e hidrológico são fundamentais para elaboração de um projeto eficiente. Infelizmente, essa boa prática não é corrente na elaboração de projetos, podendo acarretar em deficiências e erros de projeto em uma das seguintes etapas: dimensionamento, análise da estrutura de contenção, e detalhes construtivos que permitem ganho de vida útil e melhora no desempenho global.

Uma obra de engenharia deve respeitar alguns aspectos, sendo estes de ordem econômica, ambiental e sobretudo técnica. O aspecto técnico pode influenciar os outros dois aspectos, pois um projeto ou obra feito de maneira equivocada pode gerar um retrabalho

ou um orçamento defasado gerando maiores custos do que o previsto, ou até mesmo grandes impactos ambientais.

A solução proposta para o caso descrita nesse trabalho com a utilização de gabião propõe uma solução técnica com bom custo benefício e atende todos os aspectos citados no parágrafo anterior.

REFERÊNCIAS

- ABNT (1984a), NBR 6508 Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica
- ABNT (1984b), NBR 6459 Solo - Determinação do limite de liquidez
- ABNT (1986), NBR 6457 Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização
- ABNT (1988a), NBR 7180 Solo - Determinação do limite de plasticidade
- ABNT (1988b), NBR 7181 Solo - Análise Granulométrica
- ABNT (1995), NBR 6502 Rochas e Solos
- ABNT (2009), NBR 11682 Estabilidade de encostas
- AGUIAR, V. G. (2009). Bacia Hidrográfica do Córrego Granada - Aparecida de Goiânia - GO: Os processos erosivos e a dinâmica espacial urbana, Dissertação de Mestrado em Geotecnia e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás, UFG, Goiânia, GO, 97 p.
- ASTM (2007), D 6528 - 07 Standard Test Method for Consolidated Undrained Direct Simple Shear Testing of Cohesive Soils
- FACIO, J.A. ; (1991). *Proposição de uma metodologia de estudo da erodibilidade dos solos do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado, Publicação No. G.DM-002^a/91, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 120p.
- JACINTHO, E.C., CARVALHO, J.C., CARDOSO, F.B.F., SANTOS, R.M.M., GUIMARÃES, R.C., LIMA, M.C.G. (2006). *Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro*. Brasília, DF: Editora FINATEC, p. 93-147
- NASCIMENTO, M.A.L.S. & SALES, M.M. (2003). *Diagnóstico do processo erosivo em Goiânia*. X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, IGEO/UERJ, Rio de Janeiro, RJ
- PINTO, C.S. (2006). *Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas/3ª edição*. São Paulo: Oficina de textos, 363p.
- SANTOS R.M.M. (1997). *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no município de Goiânia-GO*. Dissertação de mestrado em Geotecnia, UnB, Brasília, DF, 120p., 166 pp.