

OBRAS DE TERRAPLENAGEM: O PATINHO FEIO DA GEOTECNIA



Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos
Consultor em Geologia de Engenharia e Geotecnia

Pela desatenção técnica com que são comumente executadas as obras de terraplenagem (cortes/aterros) podem ser consideradas o “patinho feio” da Geotecnia brasileira. Salvo no caso grandes barragens de terra, onde fortes exigências técnicas estão já classicamente consagradas, a terraplenagem é costumeiramente considerada o serviço inicial “sujo” e tecnologicamente nada nobre, a ser realizado normalmente por terceiros, serviço ao qual não importa dar muita atenção, e com o qual não cabe ter muita preocupação além das prévias e burocráticas definições de alguns ângulos de talude e alguns critérios de compactação, quando muito. E quase sempre na prática deixado à responsabilidade de nossos destemidos e intrépidos operadores de maquinário pesado.

Resultado comum desse descaso são os variados problemas normalmente colhidos: prazos e custos estourados, serviços tecnicamente pessimamente conduzidos, presentes e futuros problemas com recalques de aterros, estabilidade de taludes, processos erosivos, assoreamento de drenagens, destruição de componentes de drenagem, de sistemas de proteção superficial e de serviços de infraestrutura, acidentes e incidentes com obras vizinhas, risco de multas e embargos por crimes ambientais, etc., etc.

Está mais do que em tempo da Geotecnia brasileira dar um basta na irresponsabilidade técnica com que vem sendo conduzidos os serviços de terraplenagem no país. A sociedade, os contratantes públicos e privados de obras, e a própria imagem tecnológica da Geotecnia nacional merecem e cobram esse esforço. Tem esse artigo a expectativa de dar alguma colaboração a esse objetivo.

Para uma boa e segura condução de serviços de terraplenagem há que se adotar um protocolo mínimo de ações que pode assim ser resumido:

1 - questionamento sobre a real necessidade da extensão da terraplenagem desejada

Antes de mais nada vale questionar a real necessidade da terraplenagem proposta ou, ao menos, sua extensão. Não possuímos no país uma cultura técnica arquitetônica e urbanística especialmente dirigida à ocupação de terrenos de declividades mais acentuadas. Isso se verifica tanto nas formas espontâneas e empíricas de autoconstrução utilizadas pela população de baixa renda, como também em empreendimentos empresariais privados ou públicos de grande porte. Em ambos os casos prevalece infelizmente a cultura técnica de produção obsessiva de áreas planas através de extensivas operações de terraplenagem. Nesse desatino geotécnico-ambiental enormes taludes e aterros são gerados, morros são removidos para fundos de vale, sempre no simplório objetivo de adequar a natureza às disposições de projetos arquitetônicos preguiçosos e pouco inspirados.

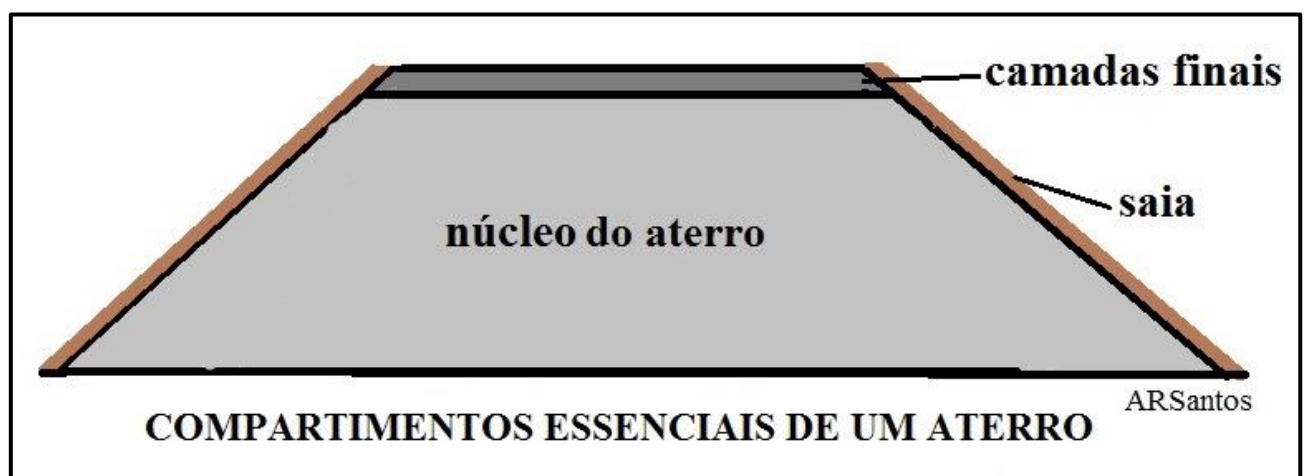
Certamente, dentro do espírito de uma maior criatividade arquitetônica, uma preocupação de melhor adequação do projeto às condições locais de relevo resultará em reduções substanciais da terraplenagem necessária e, na mesma proporção, dos problemas a ela associados. Como um bom exemplo, um dos expedientes arquitetônicos que melhor se prestam a esse esforço criativo são as lajes armadas lançadas sobre pilotis. Ou lotes e empreendimentos com sua maior extensão longitudinal assentada paralelamente às curvas de nível.

2 – localização e compartimentação geotécnica das áreas de empréstimo. Planejamento da movimentação de terra

Pode-se dizer que essa ação é de primordial importância para obras de terraplenagem que envolvem cortes e aterros, e, por incrível que possa parecer, dentro das ações listadas, a mais comumente desconsiderada.

Como ponto de partida importante entender que os materiais naturais de corte não são homogêneos, apresentam sensíveis diferenciações em sua constituição geopedológica e em seu comportamento geotécnico em dependência de sua profundidade. Da mesma forma, um aterro constitui-se de diferentes setores, sendo que cada setor exige uma performance geotécnica diferenciada: núcleo, saias, camadas finais. Como suportará menores cargas as especificações técnicas destinadas às camadas componentes do núcleo do aterro poderão ser mais liberais, garantindo fundamentalmente que esse setor não sofra rupturas ou redução de volume (e no caso de barramentos, apresentem boa estanqueidade). Já no caso das camadas finais, que suportarão as cargas estáticas e/ou dinâmicas diretas impostas ao pavimento, as especificações técnicas são bem mais exigentes, garantindo, além da não redução de volume, que essas camadas não sofram deformações elásticas ou plásticas localizadas.

Combinar inteligentemente as relações entre os diferentes matérias de corte das áreas de empréstimo com seus diferentes destinos na constituição do aterro é o objetivo focal dessa ação.

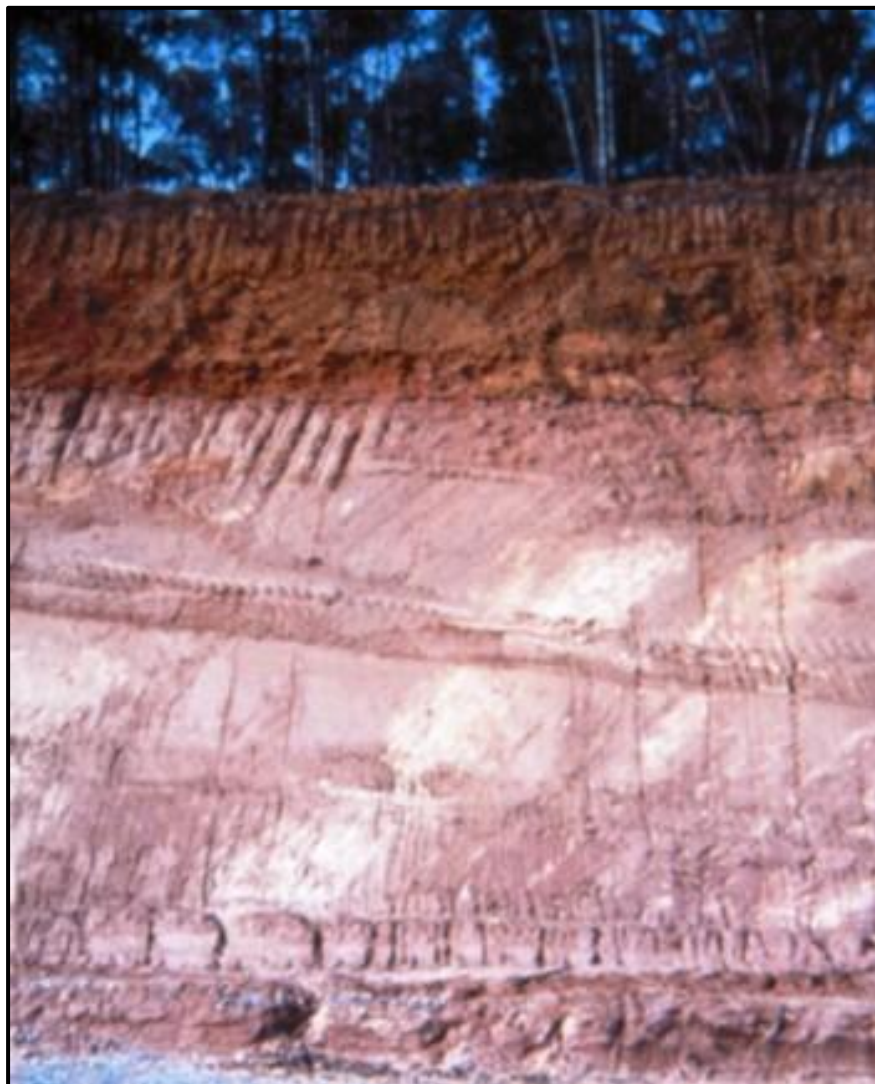
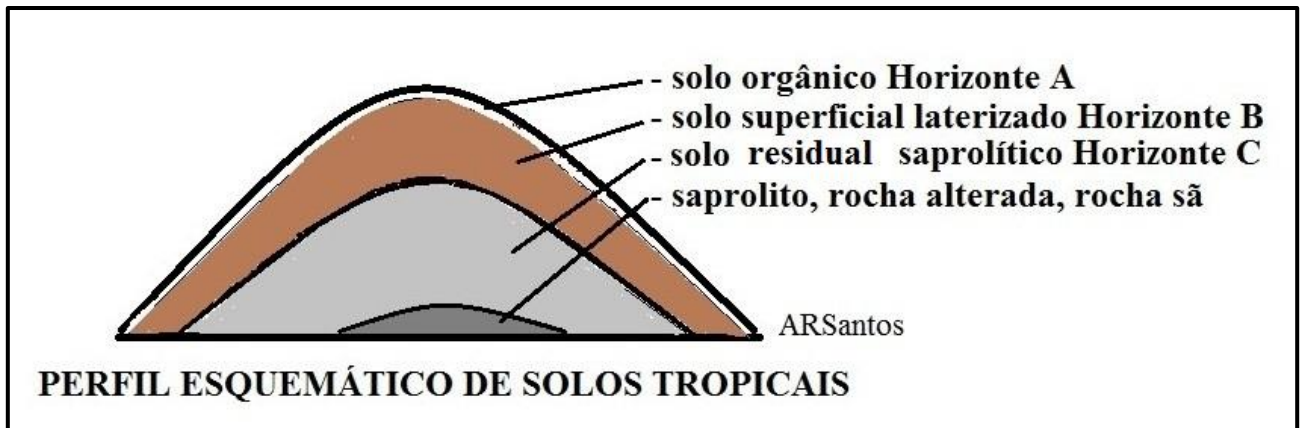


Em nosso ambiente climático tropical e sub-tropical, à exceção de relevos serranos e ambientes áridos, os solos alcançam grande profundidade, normalmente na ordem de dezenas de metros. Os geólogos de engenharia e os agrônomos usam termos diferentes para classificar os diferentes estratos de solos. Os primeiros adotam a seguinte série para o que denominam de *camadas*: solo orgânico (camada superficial dessimétrica rica em matéria orgânica); solo superficial, solo laterizado ou solo residual maduro (camada bastante afetada pelo intemperismo e pelos processos de laterização e pedogênese, cuja

espessura varia de 0,5 m a alguns metros, normalmente mais argilosa); solo residual jovem, saprolítico ou solo de alteração de rocha (camada de solo com minerais já em razoável estágio de alteração físico-química, mas que guarda várias feições herdadas da rocha original, com espessuras extremamente variáveis, desde poucos metros até dezenas de metros, geralmente de matriz silto-arenosa); finalmente, o saprolito propriamente dito ou rocha alterada mole/rocha alterada dura e a rocha sã. Já os agrônomos, que ao invés de *camada* usam o termo *horizonte*, classificam a mesma sequência com as seguintes denominações: horizonte A, horizonte B, horizonte C e rocha, agregando às propriedades descritas características próprias do comportamento agronômico destes solos.

As diferentes composições mineralógicas e granulométricas, como os diversos estágios de cimentação primária e secundária entre os grãos desses diferentes estratos de solo, definem suas diferentes características geotécnicas, pelo que responderão diversamente sob trabalhos de compactação. Prevaecem fortemente no contexto brasileiro as situações fisiográficas em que os solos superficiais laterizados, por seu melhor comportamento geotécnico sob compactação, devem ser reservados às camadas finais dos aterros. Os solos residuais jovens (solos saprolíticos), mesmo não respondendo tão bem frente à compactação, podem ser utilizados no núcleo do aterro. Por sua privilegiada condição agronômica, os solos orgânicos prestam-se à cobertura final das saias de aterro e superfícies de corte. Materiais do saprolito/rocha alterada, desde que facilmente escaváveis poderão ser aplicados no preparo das fundações dos aterros, na proteção posterior de faces de barramentos que estarão sujeitas ao embate de ondas (rip-rap), na composição de sistemas filtrantes subterrâneos, na execução de obras de contenção eventualmente necessárias.

Depreende-se, pois, a importância da primeira etapa do planejamento de uma obra de terraplenagem: a investigação dos diferentes tipos de solos e materiais presentes nas áreas de empréstimo, sua perfeita caracterização geotécnica enquanto material a ser utilizado na execução dos aterros, sua cubagem (determinação dos volumes disponíveis) e a programação de sua destinação final.



Nítida diferenciação entre os solos superficiais laterizados e os solos residuais saponíticos mais profundos

3 – definição dos ângulos de cortes e de saia de aterros

Esse tem sido outro campo fértil para a burocracia técnica e para o empirismo descompromissado. Convive-se comumente com decisões de criar taludes com altura e inclinação temerárias do ponto de vista da estabilidade geotécnica, como recurso de aumentar a extensão de áreas planas, como também com orientações para adoção de inclinações padronizadas (1v:1,5h, 1v:1h, 1,5v:1h...) atendendo costumes estabelecidos, simpatias maiores ou menores, mas sempre independentemente de fatores geológicos e geotécnicos envolvidos.

Sabemos que a estabilidade de taludes de corte em solos depende fundamentalmente dos parâmetros de resistência desse solo, do tipo e posicionamento geométrico de suas estruturas geológicas e petrográficas reliquias (quase sempre resultando em planos de fraqueza), da posição e movimentação do NA, de eventuais cargas sobrepostas, etc. Uma análise integrada de todas essas variáveis é indispensável para a definição dos ângulos finais de corte, como também para a decisão de se trabalhar com obras de contenção ou não.

Para saias de aterros as variáveis geotécnicas são mais reduzidas e a definição final de sua inclinação de mais prática determinação.

Importante lembrar que tanto para cortes como para aterros a inclinação final dos taludes deve também levar em conta, consideradas sua altura e extensão, a praticabilidade de uma eventual opção por cobertura vegetal. Da mesma forma, a fixação das alturas máximas de taludes de corte e aterro e de seu bermamento intermediário também devem levar em conta as dimensões e densidade do sistema de drenagem superficial a ser implantado.

4 – estipulação e implementação das medidas de controle da erosão e de contenção de taludes. Planejamento geotécnico da progressão da terraplenagem

Os processos erosivos, intensos e destrutivos, tem sido uma constante em nossas obras de terraplenagem. Na prática, absurdamente esses processos já são tidos como ingredientes naturais e compulsórios de uma obra de terraplenagem. Os prejuízos para a própria obra e os prejuízos para vizinhos e sociedade advindos do assoreamento das drenagens da região são por demais graves para que se tenha essa atitude tão leniente para com a erosão.

Ainda que não tão comuns como a erosão, os casos de ruptura de taludes também ocorrem com razoável frequência, incluindo entre suas decorrências acidentes de alta gravidade, como o comprometimento estrutural de empreendimentos vizinhos e a morte de operários por soterramento.

Hoje há todo um ferramental tecnológico e metodológico que permite perfeitamente que obras de terraplenagem trabalhem com programas erosão zero e rupturas zero. Se não for por respeito à boa técnica que seja por um raciocínio financeiro simples que devam ser plenamente adotados. Vejamos os principais cuidados constituintes desses programas:

- definir inclinações de taludes tendo por base análises geológicas e geotécnicas locais;

- adotar o método progressivo de estabilidade de taludes e proteção de suas superfícies contra a erosão. Vale dizer que a cada degrau topográfico gerado pela terraplenagem de imediato deverão ser aplicadas medidas de estabilização e proteção contra a erosão nos taludes produzidos, mesmo que de caráter provisório. E assim progressivamente, de tal forma que quando a terraplenagem chegar à sua cota de conclusão todos os taludes estão devidamente protegidos e estáveis desde há muito. Técnicas como a Cal-Jet, pulverização de calda de cal sobre o talude, de fácil aplicação e custos reduzidos, são indicadas como medidas de proteção provisória;

- com o mesmo objetivo e abordagem, implantar e manter funcional sistema de drenagem, mesmo que de caráter provisório;

- sobrepor o cronograma da terraplenagem com o cronograma da implantação do empreendimento, de forma que a terraplenagem vá liberando sequencialmente setores já

acabados para receber as obras estruturais definitivas. Com esse expediente se reduzirá em muito o tempo de exposição das superfícies de solo aos agentes erosivos;

- programar a terraplenagem para o período anual de mais baixa carga pluviométrica.

Geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos

- Consultor em Geologia de Engenharia e Geotecnia
- Ex-Diretor de Planejamento e Gestão do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

➤ **AUTOR DOS LIVROS**

- Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática¹ - Livro. 2ª Edição Editora O Nome da Rosa – São Paulo, 2009
- A Grande Barreira da Serra do Mar: da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes – Livro². Editora O Nome da Rosa – São Paulo 2004
- Cubatão - Livro. Editora Beca. Cia Copebrás, São Paulo, 2005
- Diálogos Geológicos – Livro³. Editora O Nome da Rosa São Paulo, 2008
- Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções - livro. Editora PINI, 2012

➤ **AUTOR DOS MANUAIS**

- Manual técnico para recuperação e conservação de estradas vicinais de terra. Publicação Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1985.
- Técnica Cal-Jet de proteção de solos contra a erosão - Manual de Execução - Publicação autônoma