

TRANSPORTES 1

Aula 5

Noções de Terraplenagem

Diagrama de Bruckner

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

- O custo do movimento de terra é, na maioria dos projetos, significativo em relação ao custo total da estrada, sendo, portanto um item importante a ser analisado.
- Nos locais onde os materiais de corte tiverem condições de serem usados nos aterros, o equilíbrio entre volumes de cortes e aterros, minimizando empréstimos e/ou bota-foras, acarreta em menores custos de terraplenagem.
- O movimento de terras é uma ciência que engloba tanto o cálculo dos volumes a mover como os princípios de execução do trabalho.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Cálculo de Volumes

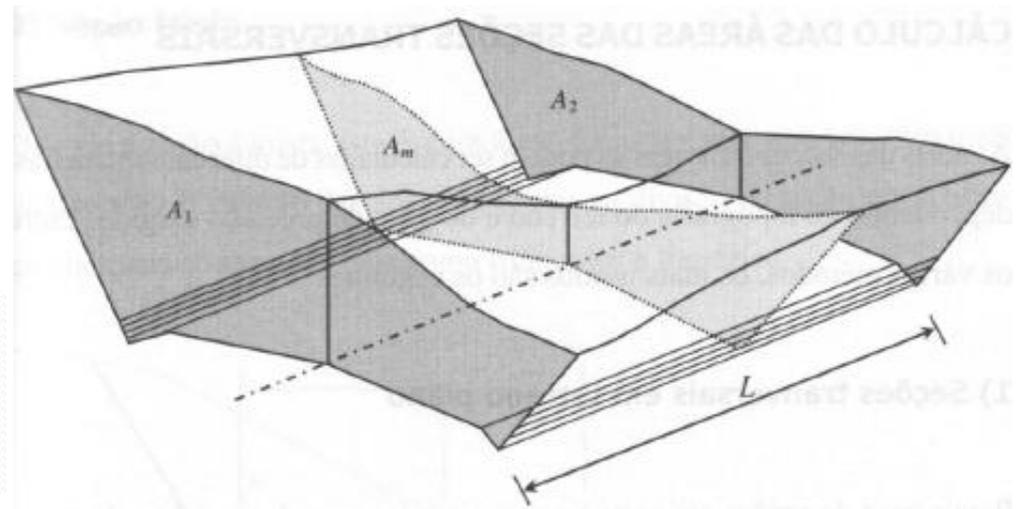
- Para o cálculo do volume de terra a mover numa estrada, é necessário supor que existe um determinado sólido geométrico cujo volume será facilmente calculado.

$$V = \frac{L}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A_m + A_2)$$

A_1 e A_2 : áreas das seções transversais extremas

A_m : área da seção transversal no ponto médio entre A_1 e A_2

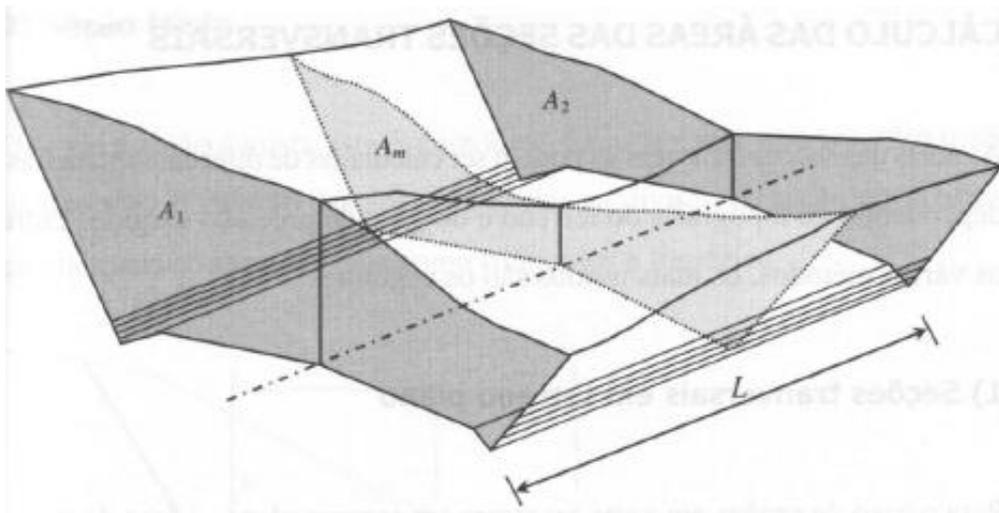
L : distância entre as seções A_1 e A_2 .



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

- Uma fórmula aproximada comumente utilizada para o cálculo dos volumes dos prismóides é chamada fórmula das áreas médias. Ela se deduz da fórmula anterior, substituindo A_m por $(A_1 + A_2)/2$.

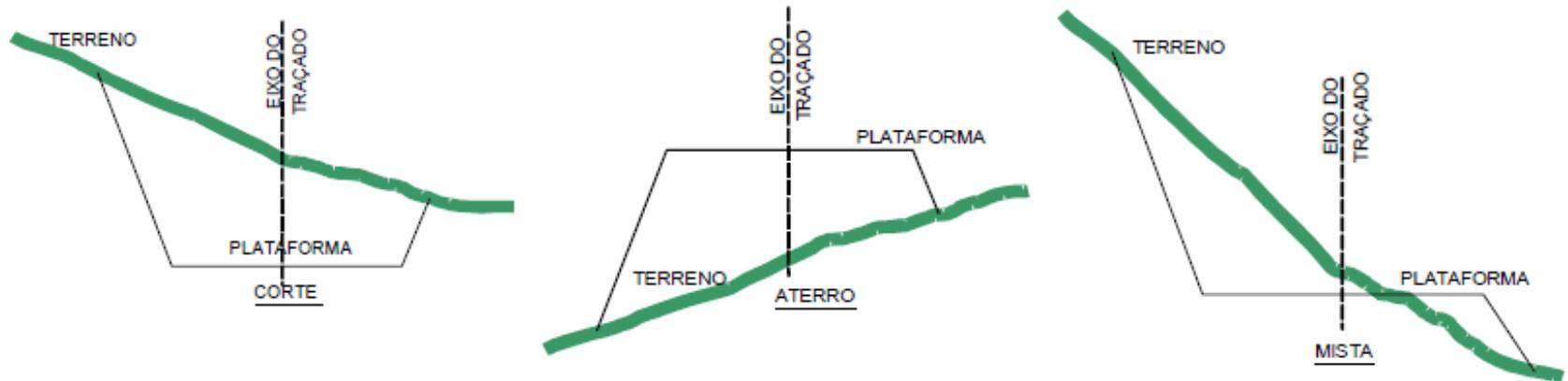


$$V_m = \frac{L}{2} (A_1 + A_2)$$

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

SEÇÕES TRANSVERSAIS



Transportes

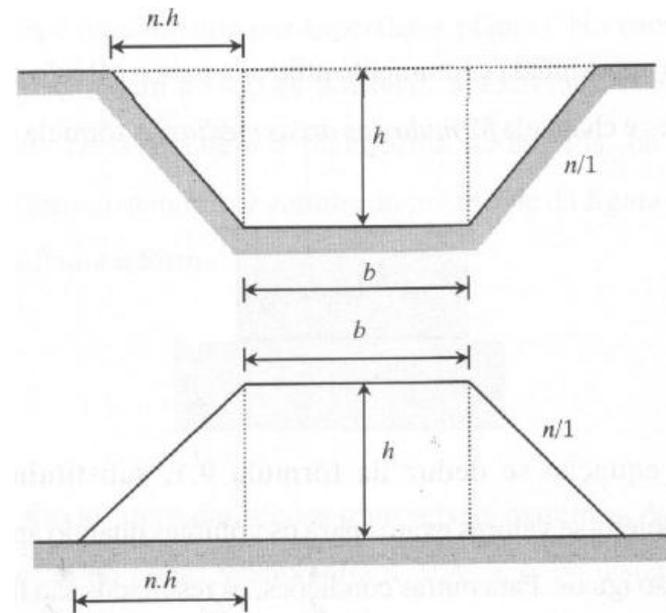
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Cálculo das áreas das seções transversais

•As áreas das seções transversais podem ser calculadas de diferentes maneiras, dependendo da topografia do terreno e do grau de precisão exigido.

1) Seções transversais em terreno plano

$$A = b \cdot h + 2 \cdot \frac{nh \cdot h}{2} = h \cdot (b + nh)$$

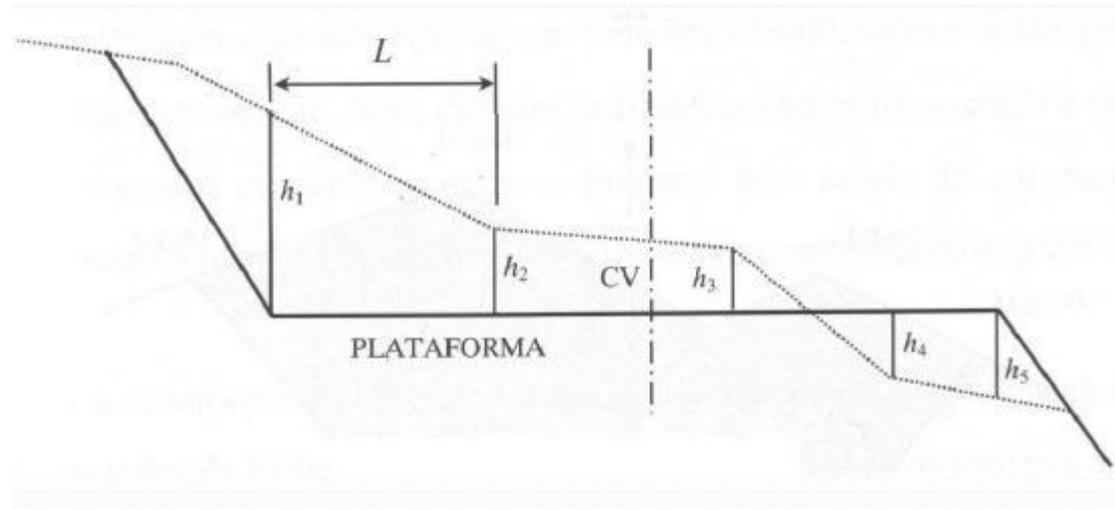


Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Cálculo das áreas das seções transversais

2) Seção Mista



Quando a seção é mista, isto é, com áreas de corte e aterro, o processo mais prático para o cálculo das áreas baseia-se na divisão da seção em figuras geométricas conhecidas, tais como triângulos e trapézios.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Cálculo dos Volumes

Admite-se que o terreno varia de forma linear entre duas seções consecutivas, o que de certa forma para distância entre seções de 20 m não gera erros significativos. O processo consiste no levantamento das seções transversais em cada estaca inteira do traçado (estaca de 20 m).

O volume de terra entre as seções consecutivas será calculado como:

$$V_c = (A_{c_i} + A_{c_{i+1}}) \times L / 2$$

$$V_a = (A_{a_i} + A_{a_{i+1}}) \times L / 2$$

Para $L = 20$ metros:

$$V_c = (A_{c_i} + A_{c_{i+1}}) \times 10$$

$$V_a = (A_{a_i} + A_{a_{i+1}}) \times 10$$

V_c = volume de corte (m^3)

V_a = volume de aterro (m^3)

A_c = área de corte da seção i (m^2)

A_c = área de corte da seção i (m^2)

L = distância entre seções (m)

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Definições:

1 - PONTOS DE PASSAGEM (PP)

Pontos onde terminam os cortes e começam os aterros e pontos onde terminam os aterros e começam os cortes.

2 - VOLUMES DOS CORTES E ATERROS

Os volumes geométricos totais dos cortes e/ou aterros podem ser obtidos pela somatória dos valores calculados entre as suas diversas seções.

a) Quando o volume de corte é maior que o do aterro: $V_c > V_a$

- V_a = volume compensado lateralmente: esse volume será escavado no corte e depositado no aterro da própria seção, portanto não estando sujeito a transporte no sentido longitudinal da estrada, $V = V_a$

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Definições:

2 - VOLUMES DOS CORTES E ATERROS

- $V = V_c - V_a$ = volume de corte do trecho entre seções que será escavado no corte e transportado para um aterro conveniente, estando, portanto, sujeito a transporte longitudinal.

b) Quando o volume de aterro é maior que o do corte: $V_a > V_c$

- V_c = volume compensado lateralmente, $V = V_c$

- $V = V_a - V_c$ = volume de aterro do trecho com transporte longitudinal.

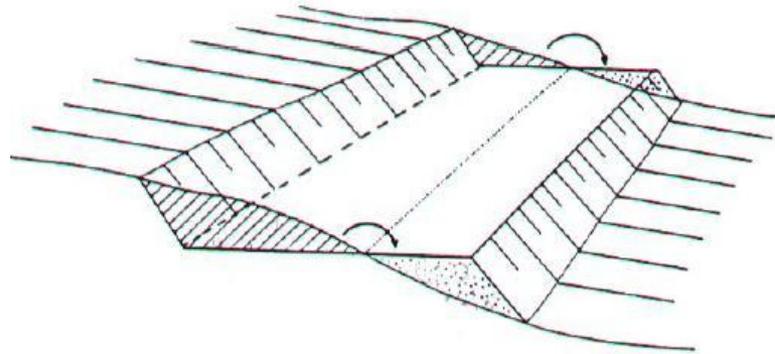
Para os dois casos (1 e 2) o volume V compensado lateralmente será sempre o menor dos volumes V_a ou V_c e o volume sujeito à transporte longitudinal será sempre a diferença entre o maior e o menor volume.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Definições:

3 - COMPENSAÇÃO DE VOLUMES



$$V_{\text{CORTE}} = 350 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ATERRO}} = 300 \text{ m}^3 \text{ (homogeneizado)}$$

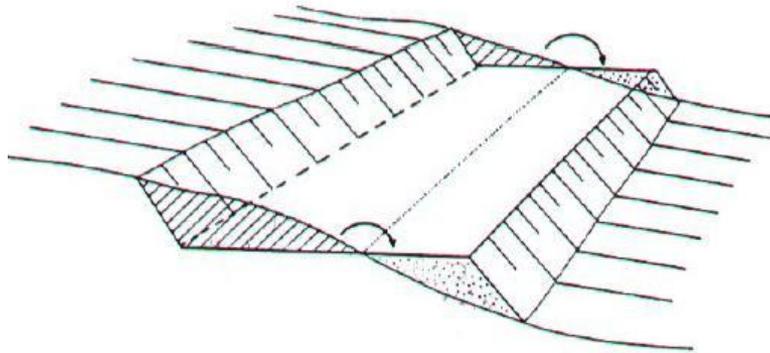
$$\text{COMP LATERAL} = 300 \text{ m}^3$$

$$\text{COMP LONGITUDINAL} = 50 \text{ m}^3 \text{ (da corte)}$$

O volume **V** (volume compensado lateral) será transportado dos cortes para os aterros no próprio trecho e não será considerado na compensação longitudinal da estrada. Os demais volumes serão escavados nos cortes, transportados e aplicados nos aterros, quando os materiais de corte servirem para a execução dos aterros. Quando isso não ocorre os materiais de corte serão escavados e transportados para local conveniente, fora da estrada, em uma operação definida como **bota-fora**.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



$$V_{\text{CORTE}} = 350 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ATERRO}} = 300 \text{ m}^3 \text{ (homogeneizado)}$$



$$\text{COMP LATERAL} = 300 \text{ m}^3$$

$$\text{COMP LONGITUDINAL} = 50 \text{ m}^3 \text{ (da corte)}$$

A operação de transporte dos materiais dos cortes para os aterros será denominada "compensação longitudinal de volumes" ou simplesmente compensação de volumes. Quando não ocorre compensação total de volumes pode sobrar terra (bota-fora) ou faltar terra. O material faltante para os aterros deve ser escavado, em local conveniente, transportado e depositado nos aterros em uma operação denominada **empréstimo**.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Podem ocorrer casos em que, mesmo os volumes de corte iguais aos de aterro, as distâncias de transportes dos cortes para os aterros seja muito grande, ou as condições de transporte desfavoráveis, gerando um custo de transporte (escavações e transporte de materiais escavados) muito alto.

Custo de compensação dos volumes = custo de escavação + custo de transporte

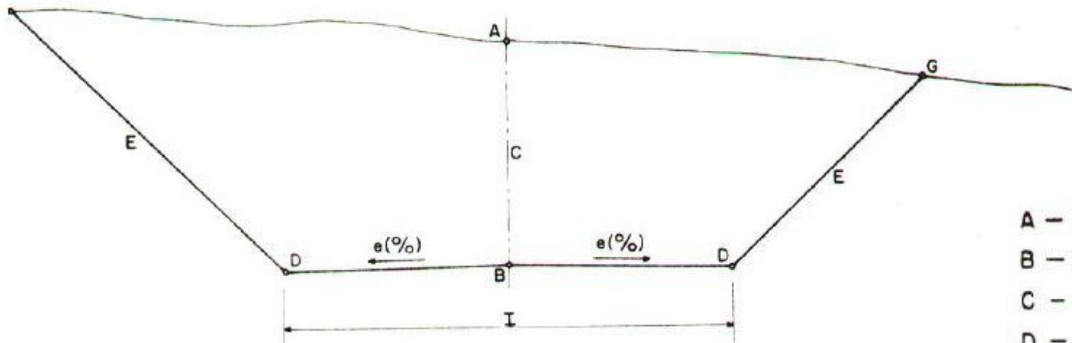
Custo de não compensação = custo de escavação + custo de transporte para bota-fora + custo de escavação do material de empréstimo + custo de transporte de empréstimo

Transportes

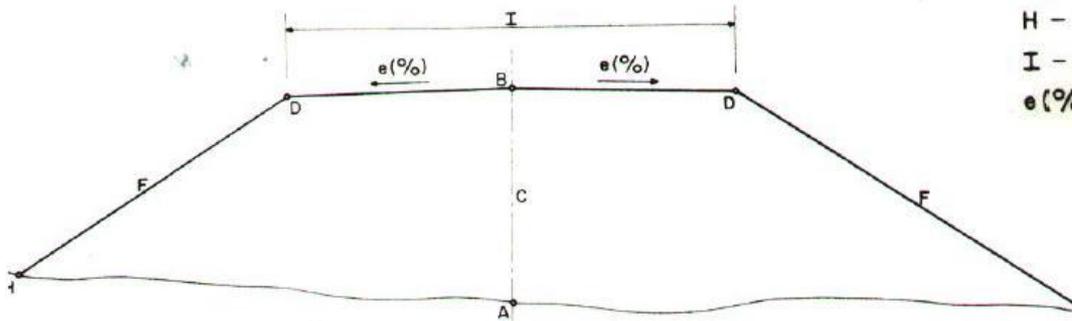
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

SEÇÃO TRANSVERSAL — TIPO PARA PISTA SIMPLES COM DUAS FAIXAS DE TRÁFEGO

1. CORTE



2. ATERRO

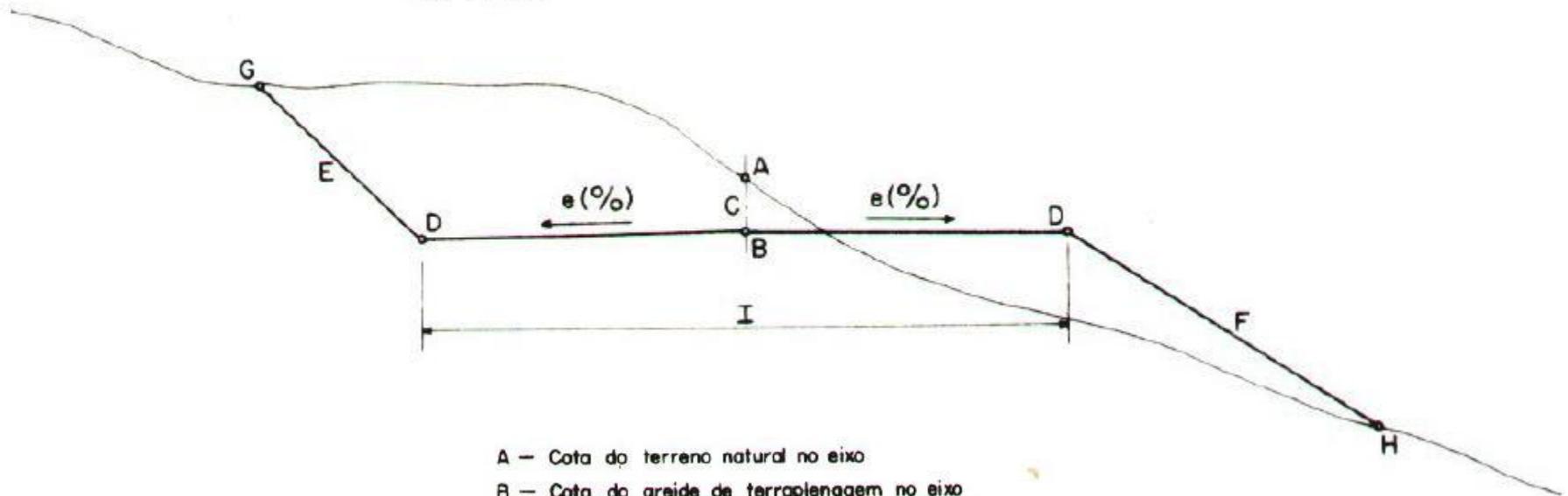


- A — Cota do terreno natural no eixo
- B — Cota do greide de terraplenagem no eixo
- C — Cota vermelha (cota do terreno - cota do greide, no eixo)
- D — Bordo da plataforma de terraplenagem
- E — Talude de corte
- F — Talude de aterro
- G — Off-set de corte
- H — Off-set de aterro
- I — Plataforma de terraplenagem
- $e(\%)$ — Abaulamento ou declividade transversal

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

3. MISTA

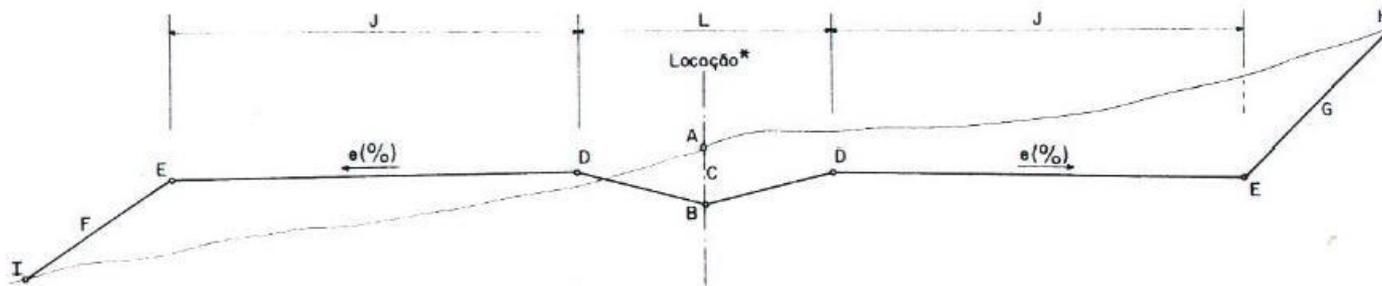


- A – Cota do terreno natural no eixo
- B – Cota do greide de terraplenagem no eixo
- C – Cota vermelha (cota do terreno - cota do greide, no eixo)
- D – Bordo da plataforma de terraplenagem
- E – Talude de corte
- F – Talude de aterro
- G – Off-set de corte
- H – Off-set de aterro
- I – Plataforma de terraplenagem
- $e(\%)$ – Abulamento ou declividade transversal

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

SEÇÃO TRANSVERSAL – TIPO
PARA PISTA DUPLA COM CANTEIRO CENTRAL

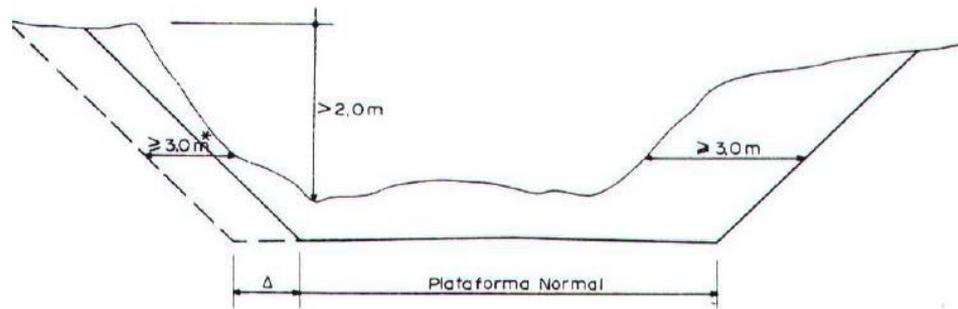
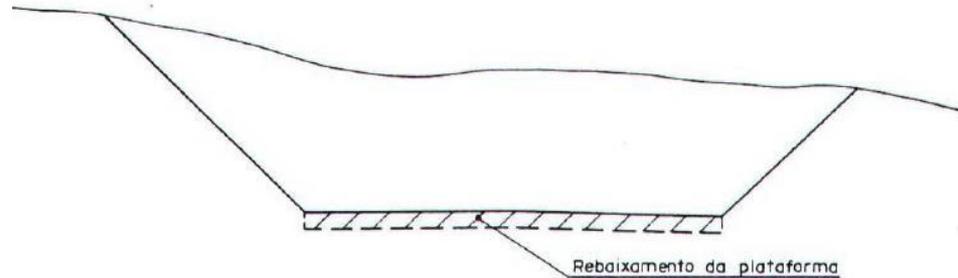


- A - Cota do terreno natural no eixo do canteiro central
- B - Cota do greide referido ao eixo do canteiro central
- C - Cota vermelha no eixo do canteiro central
- D - Bordo interno da plataforma de terraplenagem
- E - Bordo externo da plataforma de terraplenagem
- F - Talude de aterro
- G - Talude de corte
- H - Off-set de corte
- I - Off-set de aterro
- J - Plataforma de terraplenagem
- L - Canteiro central
- $e(\%)$ - Abaulamento ou declividade transversal

* Não precisa ser necessariamente localizada no eixo do canteiro central

Transportes

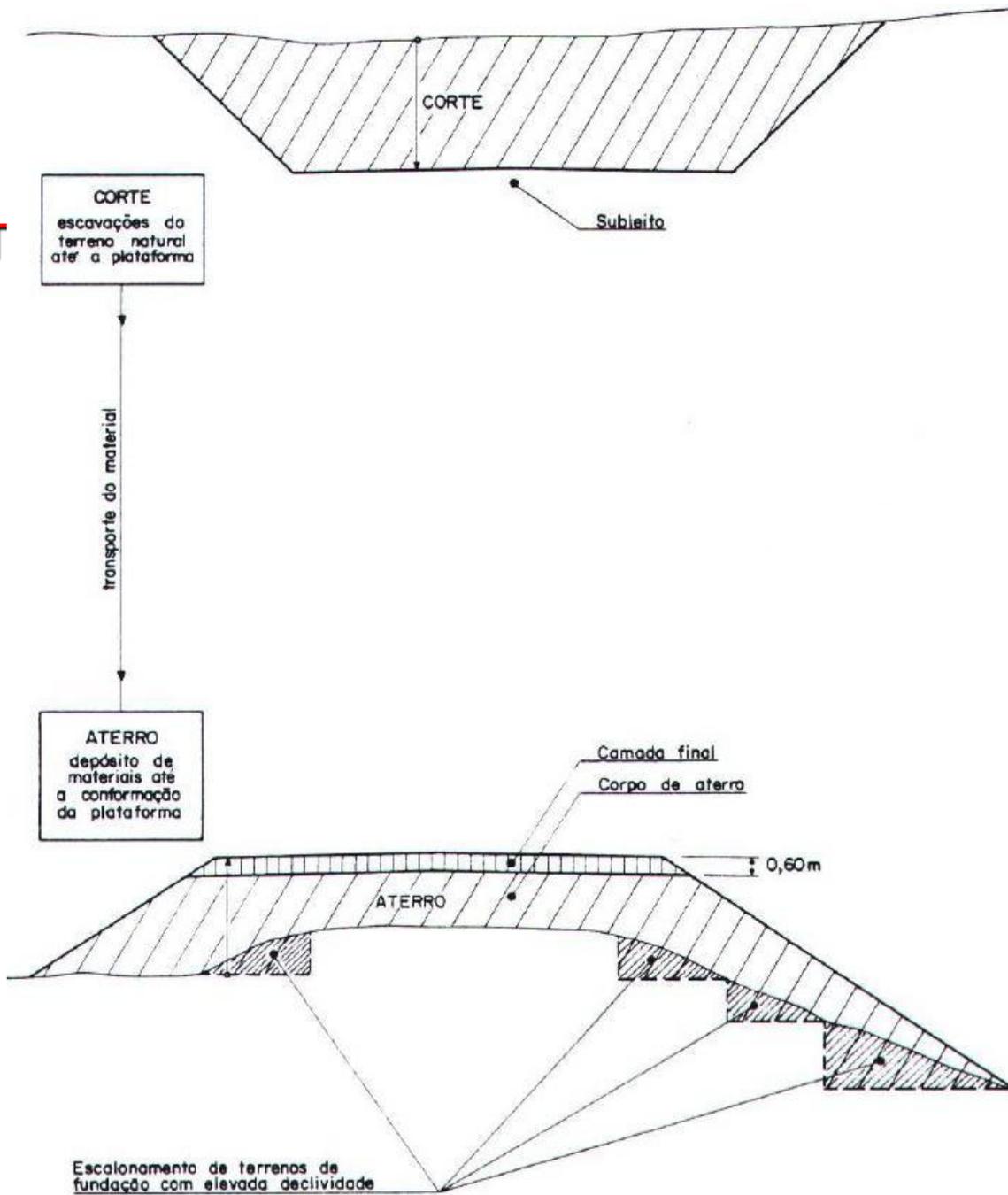
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Δ = Alargamento

* = Largura necessária ao apoio do equipamento

NOÇÕES DE T

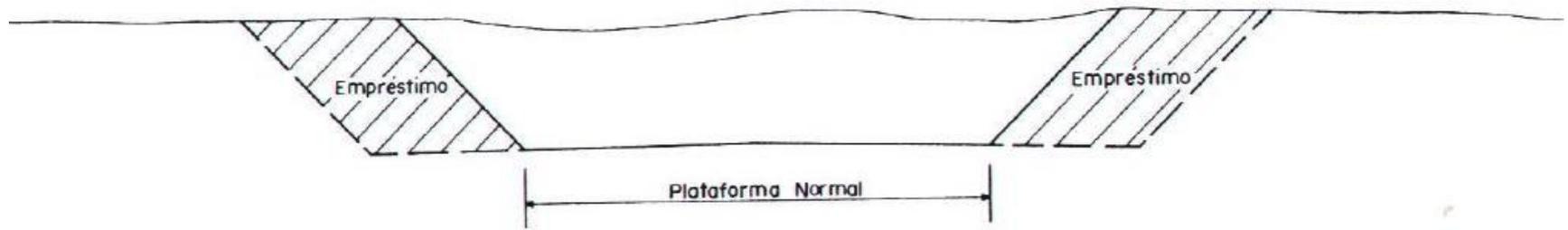


Transportes

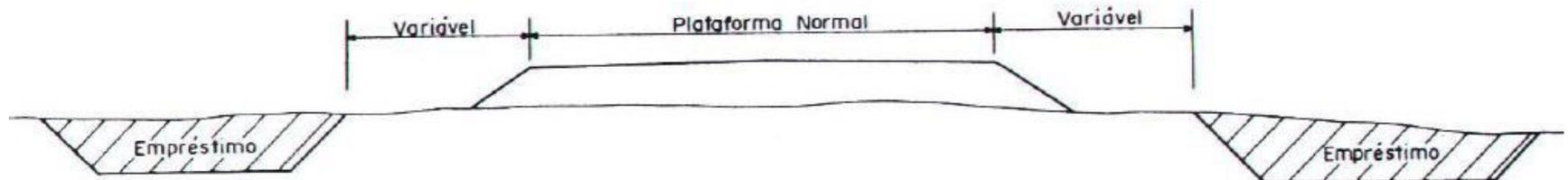
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

EMPRÉSTIMOS LATERAIS

A CORTES

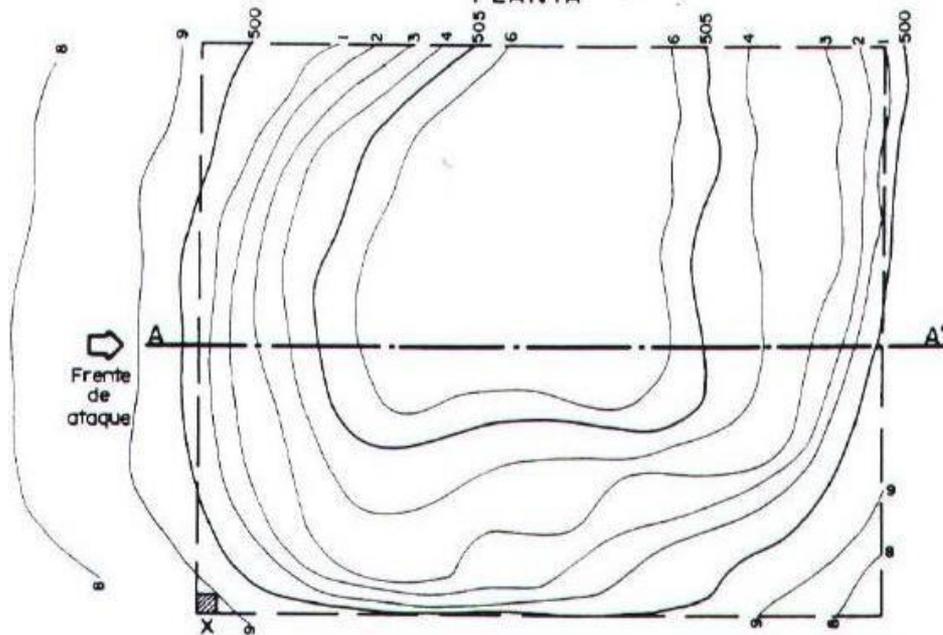


A ATERROS

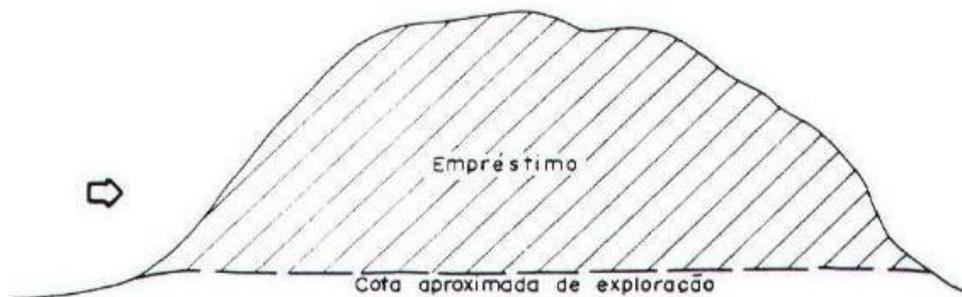


EMPRESTIMOS CONCENTRADOS OU LOCALIZADOS

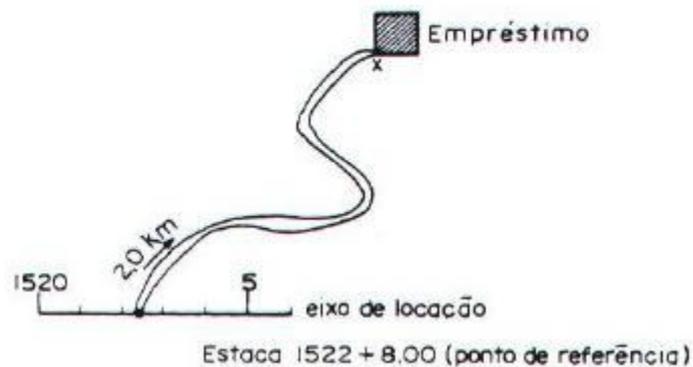
PLANTA



SEÇÃO A-A'



ESQUEMA DE LOCALIZAÇÃO



ESQUEMA DE LOCALIZAÇÃO

Transportes

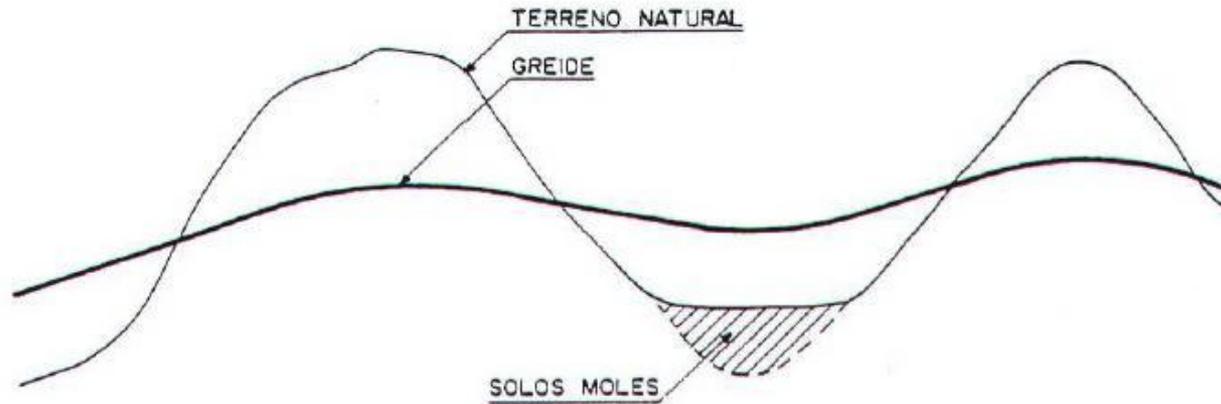
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

a) *Aterros sobre Solos Inconsistentes*

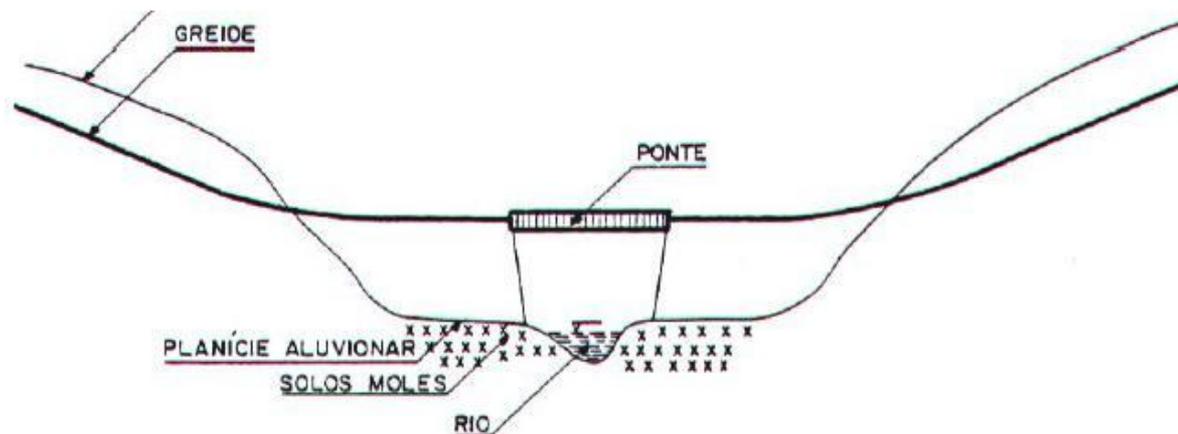
Em algumas situações peculiares, impostas pela geologia regional, o projetista de terraplenagem e o executor de tais obras se vêem às voltas com problemas nas fundações dos aterros. Tais problemas dizem respeito à ocorrência, nos terrenos de fundação, de solos possuidores de baixa resistência ao cisalhamento, incapazes de suportar as pressões exercidas pelos aterros sem apresentar rupturas ou deformações apreciáveis.

Estes solos de baixa resistência normalmente são formados sob influência direta da água (“banhados”), gerando materiais com forte contribuição orgânica (“depósitos orgânicos”), de péssimo comportamento geotécnico (“solos moles” ou “solos hidromórficos”). Duas situações são potencialmente favoráveis à ocorrência deste fenômeno:

1. Em zonas baixas, correspondentes a talvegues intermitentes interceptados pelo traçado, como se ilustra no perfil longitudinal abaixo:



2. Em zonas alagadiças, correspondentes a planícies de inundação de cursos d'água, conforme esquematizado no perfil a seguir:



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Cumprir notar que as planícies aluvionares podem, por vezes, ser de natureza arenosa, quando então não deverão apresentar maiores problemas.

As ocorrências de solos moles apresentam grande diversidade de comportamento, tanto pelas variações nas características físicas dos materiais ocorrentes (coesão, resistência ao cisalhamento) como pela própria magnitude da camada (profundidade, área), para cada caso em particular.

Admitindo-se como premissas básicas que os solos ocorrentes nos terrenos de fundação de um determinado aterro a ser construído são efetivamente “moles” e que qualquer mudança de traçado é impraticável, podem ser cogitados diversos procedimentos especiais, com vistas à viabilização técnica da construção do aterro projetado, como se expõe em continuação.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

1ª Solução: Remoção da camada inconsistente

Trata-se do procedimento executivo bastante recomendável. Em linhas gerais, a camada problemática é totalmente removida por equipamentos escavadores especiais, substituindo-se o volume resultante desta remoção por material de boa qualidade, usualmente um produto inerte frente à ação da água. Após, executa-se normalmente o aterro projetado.

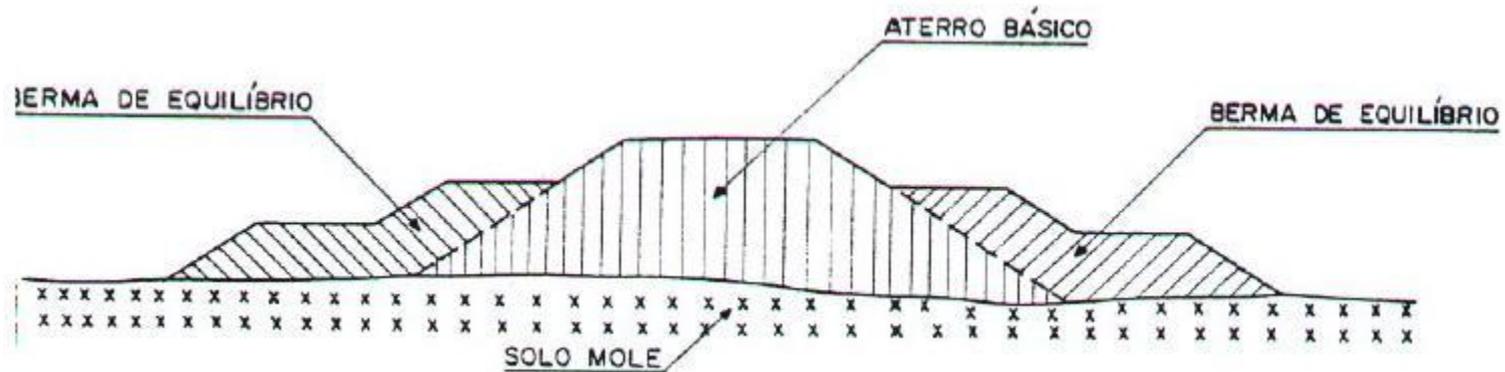
A grande vantagem desta primeira solução é de que a possibilidade de futuros recalques diferenciais no aterro executado praticamente inexiste, caso a substituição dos solos moles tenha sido levada a bom termo. Este procedimento enfrenta, no entanto, limitações de ordem técnica e econômica, quando o porte da camada a remover assume proporções elevadas.

2ª Solução: Execução de bermas de equilíbrio

Este segundo procedimento executivo tem tido larga aplicação. Consiste na execução de aterro ladeado por banquetas laterais, gradualmente decrescentes em altura, de sorte que a distribuição das tensões se faz em área bem mais ampla do que aquela que resultaria da utilização de um aterro convencional. Esta melhor distribuição das tensões faz com que, efetivamente, o sistema “flutue” sobre a camada mole.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



As bermas de equilíbrio podem ser dimensionadas através de procedimentos correntes de mecânica dos solos, desde que se conheça a geometria do aterro a ser executado e as características físicas dos solos do terreno de fundação (resistência ao cisalhamento, coesão). A questão do dimensionamento das bermas de equilíbrio não é aqui abordada, por constituir uma especialização dentro das áreas de geotécnica e mecânica dos solos.

Quando do emprego de bermas de equilíbrio, são expectáveis e toleráveis alguns recalques diferenciais, de longas amplitudes longitudinais, os quais, em geral, não afetam a serventia da via. No caso de rodovias pavimentadas, adições posteriores de massa asfáltica poderão solucionar ou pelo menos atenuar estes problemas.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

3ª Solução: Execução do aterro por etapas

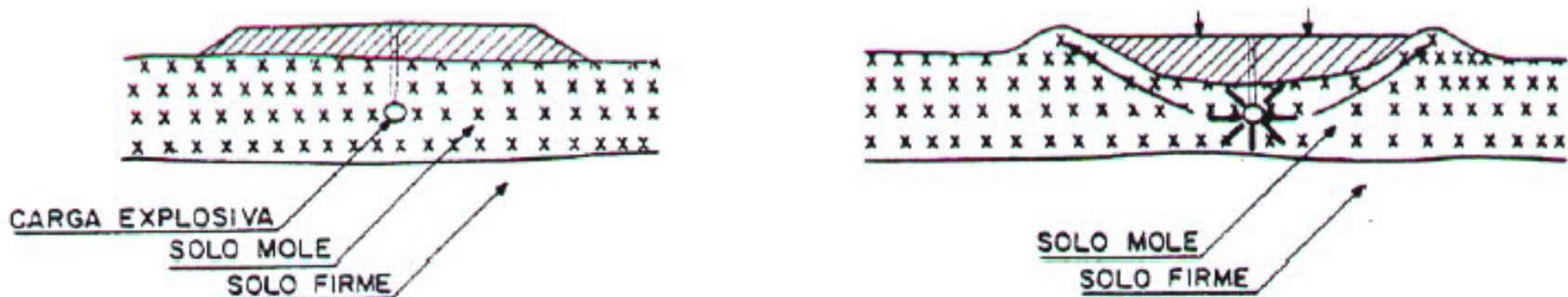
Este procedimento consiste em sobrepor ao terreno de baixa resistência ao cisalhamento, por sucessivas vezes, frações do aterro projetado. A cada nova deposição de material, verificam-se processos de adensamento da camada mole, até que, após um certo número de aplicações, o sistema entre em equilíbrio, permitindo que a execução do aterro se complete normalmente. Cabe notar que cada adição de material não deve superar à chamada “altura crítica”, parâmetro este que representa a máxima carga suportável pela camada mole sem que resultem processos de ruptura. Esta solução não permite previsões muito seguras, não só no que respeita à quantidade de material a ser aplicada até a estabilização do sistema, como também quanto ao prazo necessário à verificação deste evento.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

4ª Solução: Expulsão da camada mole por meio de explosivos.

Neste processo, uma porção de aterro projetado é inicialmente sobreposta à camada mole, sucedendo-se a implantação de cargas explosivas no interior deste. A detonação das cargas explosivas, contida superiormente pela porção de solo adicionada, faz com que parte dos solos moles seja expulsa lateralmente e que, como consequência, o material sobreposto preencha o volume liberado. Novas adições de material de aterro e detonações fazem com que a camada mole seja gradualmente substituída pelo material importado. Findo este processo, o aterro pode ser normalmente executado.



Transportes

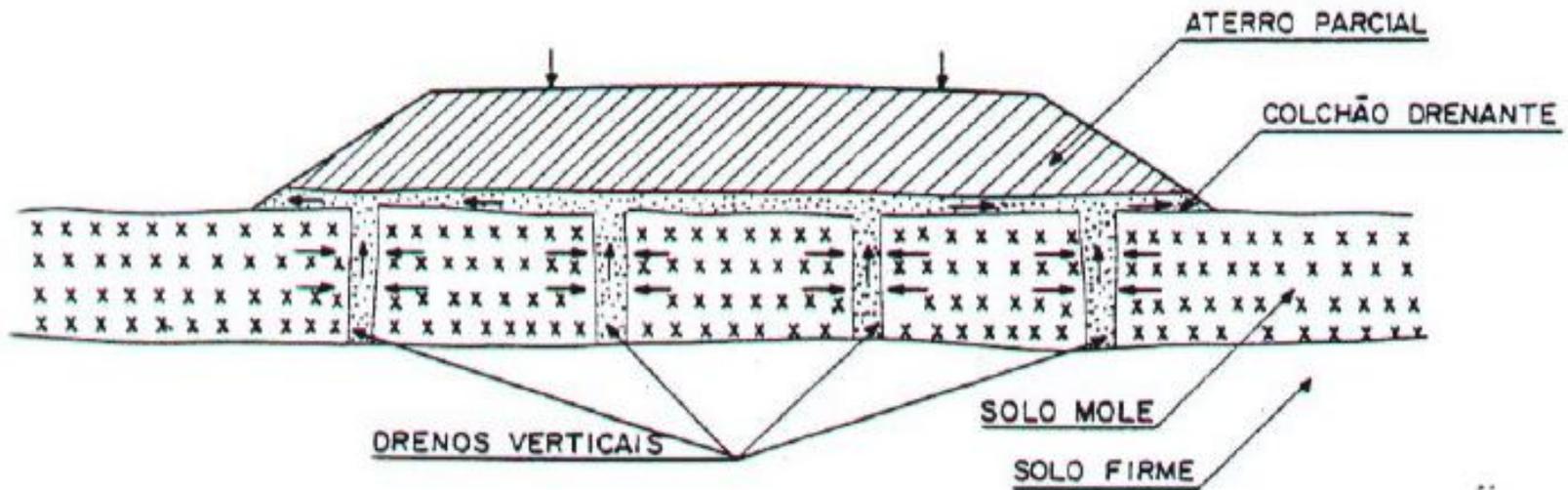
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

5ª Solução: Execução de drenos verticais

Esta técnica construtiva é fundamentada no fato de que a remoção da água que normalmente satura uma camada de baixa resistência ao cisalhamento acelera o processo de adensamento desta camada, gerando, como consequência direta, uma melhoria nas suas condições de suporte. Uma prática comum é a de executar drenos verticais preenchidos com areia, adequadamente dispostos em planta e seção transversal, aos quais se sobrepõe um “colchão drenante”, composto pelo mesmo material. Segue-se a execução, sobre este colchão, de parte do aterro, a qual exercerá pressão sobre o sistema, forçando a água de saturação a atingir os drenos verticais, ascender por estes e ser eliminada pela camada drenante. A figura abaixo procura ilustrar o processo.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Evidentemente, a porção de material adicionada se deformará na medida em que a camada mole recalca, havendo necessidade de ser reconformada. O processo não elimina por completo a possibilidade de futuros recalques adicionais.

Na atualidade, os chamados "geodrenos" apresentam-se como uma opção bastante interessante aos drenos verticais de areia convencionais.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

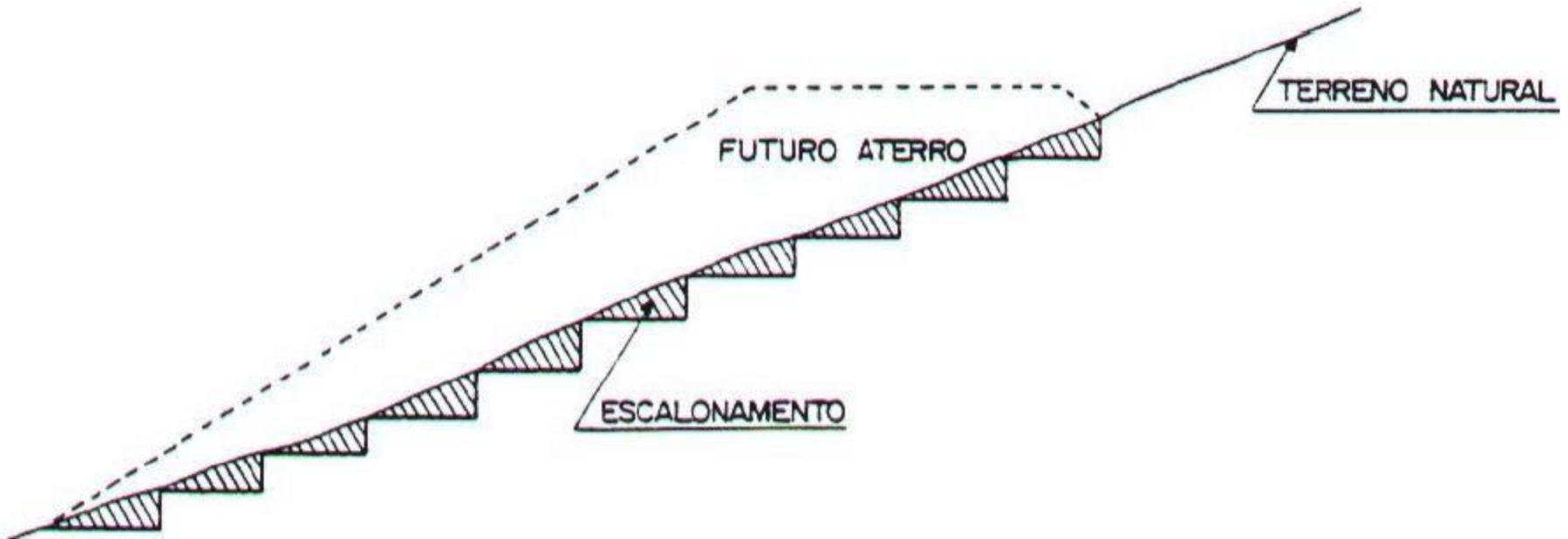
6ª Solução: Reforço de Terreno de Fundação com Geossintético

Esta técnica construtiva, introduzida há alguns anos em nosso país, consiste em aplicar sobre a superfície do terreno de fundação, “a priori” da execução do aterro, um geossintético do tipo geotêxtil, geocélula ou geogrelha. As características de um geossintético adequado ao reforço do terreno de fundação de aterros envolvem longa durabilidade, alta resistência à tração e flexibilidade, tornando a solução bastante prática e competitiva.

Critérios econômicos e aspectos particulares da obra fornecerão ao projetista, para cada caso em particular, subsídios à escolha da prática mais recomendável.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

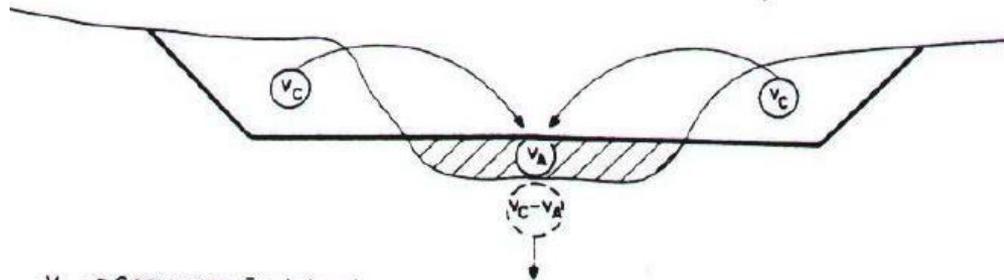
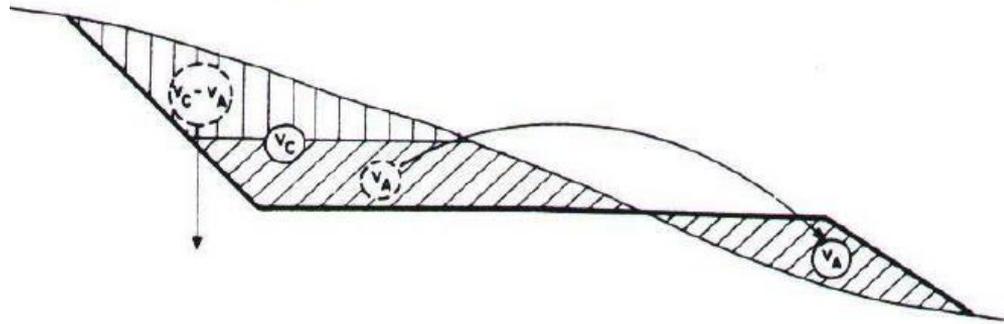


Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

COMPENSAÇÃO DE VOLUMES

1º CASO - $V_C > V_A$



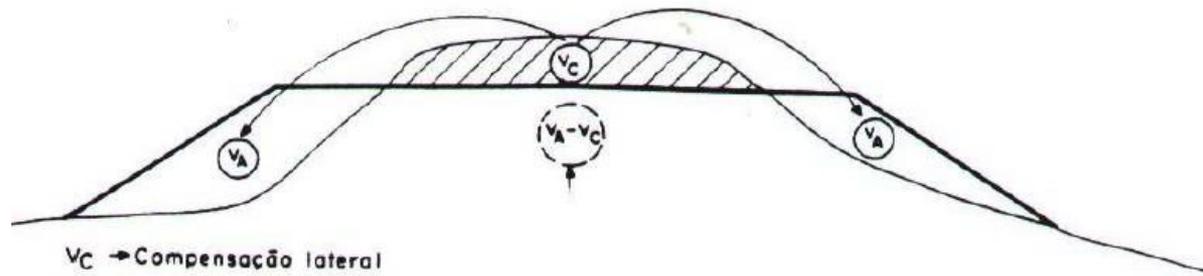
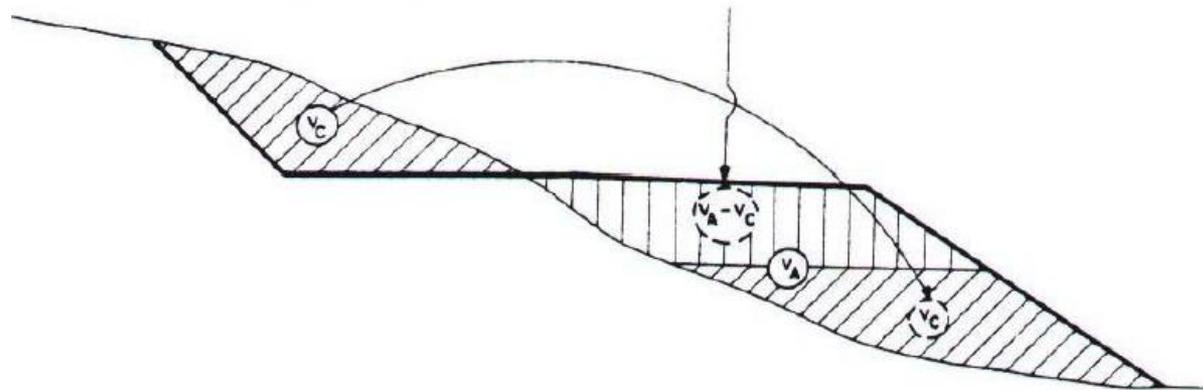
V_A → Compensação lateral

$V_C - V_A$ → Compensação longitudinal

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

2º CASO - $V_A > V_C$



V_C → Compensação lateral

$V_A - V_C$ → Compensação longitudinal

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Classificação dos solos quanto a dificuldade estrativa.

- **Materiais de 1ª categoria** – solos em geral de origem residual ou sedimentar, seixos rolados ou não, diâmetro máximo de 15 cm, independentemente do teor de umidade apresentado.
- **Materiais de 2ª categoria** – materiais com resistência ao desmonte inferior ao da rocha sã, cuja extração se torne possível com a combinação de métodos que utilizem equipamentos pesados de escarificação. A extração poderá envolver o uso de explosivos. Incluem-se nesta categoria blocos de rocha com volume inferior a 2 m³, matacões ou blocos com diâmetro médio compreendido entre 15 cm a 1 metro.
- **Materiais de 3ª categoria** – resistência ao desmonte igual ao da rocha sã, blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1 metro ou volume superior a 2 m³ cuja extração e redução para possibilitar o transporte, se processe somente com o emprego de explosivo e trituradores mecânicos.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
1ª Categoria	Material incoerente (solos, em geral).
	Seixos rolados ou não: $\varnothing_{\text{máx}} < 15 \text{ cm}$.
	Qualquer teor de umidade
2ª Categoria	Resistência à extração inferior à da rocha sã.
	Uso contínuo de escarificador pesado.
	Uso eventual de explosivos ou processos manuais.
	Blocos ou matacões: $V < 2 \text{ m}^3$; $15 \text{ cm} < \varnothing_{\text{médio}} < 1 \text{ m}$
3ª Categoria	Resistência à extração equivalente à da rocha sã.
	Blocos de rocha: $V < 2 \text{ m}^3$; $\varnothing_{\text{médio}} > 1 \text{ m}$.
	Uso contínuo de explosivos.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Fatores de Conversão:

É de grande importância para as operações de terraplenagem, tanto no que respeita à etapa de projeto como à própria construção, que se tenha o adequado conhecimento das **variações volumétricas** ocorrentes durante a movimentação dos materiais envolvidos.

Um material a ser terraplenado, possuidor de massa **m**, ocupa no corte de origem um volume **V_{corte}**. Ao ser escavado, este material sofre um desarranjo em suas partículas, de forma que a mesma massa passa a ocupar um volume **V_{solto}**. Finalmente, após ser descarregado e submetido a um processo mecânico de compactação, o material ocupará um terceiro volume, **V_{comp}**. Para os solos, materiais mais freqüentemente envolvidos nas operações de terraplenagem, prevalece entre estes volumes a seguinte relação:

$$V_{\text{comp}} < V_{\text{corte}} < V_{\text{solto}}$$

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Em se tratando de uma mesma massa **m** a ser terraplenada, é fácil concluir que as variações nas densidades (ou massas específicas aparentes) do material obedecerão às desigualdades abaixo:

$$D_{\text{comp}} > D_{\text{corte}} > D_{\text{solta}}$$

Nota-se, portanto, e a prática confirma esta assertiva, que o material (solos em geral) compactado no aterro terá uma densidade final superior a aquela do seu local de origem e, conseqüentemente, ocupará um volume menor do que o ocupado originalmente. A figura 2.16, anexa, procura ilustrar os eventos supra-enumerados.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

a - Fator de Empolamento:

$$F_e = \frac{V_{\text{solto}}}{V_{\text{corte}}}$$

É um parâmetro adimensional, sistematicamente maior do que a unidade. Permite que, conhecidos o volume a ser cortado e a capacidade volumétrica das unidades transportadoras, se determine o número de veículos a ser empregado para permitir o transporte do material escavado e “empolado”. Por outro lado, propicia a estimativa do volume ocorrente no corte a partir da cubação do material nas unidades transportadoras.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Pode ser definido, ainda, o parâmetro chamado “empolamento”, que representa, em termos percentuais, qual o incremento de volume que resulta após a escavação de um material de um corte:

$$E (\%) = \left(\frac{V_{\text{solto}} - V_{\text{corte}}}{V_{\text{corte}}} \right) \times 100$$

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

b - Fator de Contração:

$$F_c = \frac{V_{\text{comp}}}{V_{\text{corte}}}$$

Trata-se também de parâmetro adimensional, assumindo, para os solos, valores inferiores à unidade. No entanto, quando a escavação for executada em materiais compactos (rocha sã, p.ex.) de elevada densidade “in situ”, resultará fator de contração superior à unidade. Este parâmetro permite que se faça uma estimativa do material, medido no corte, necessário à confecção de um determinado aterro.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

c - Fator de Homogeneização:

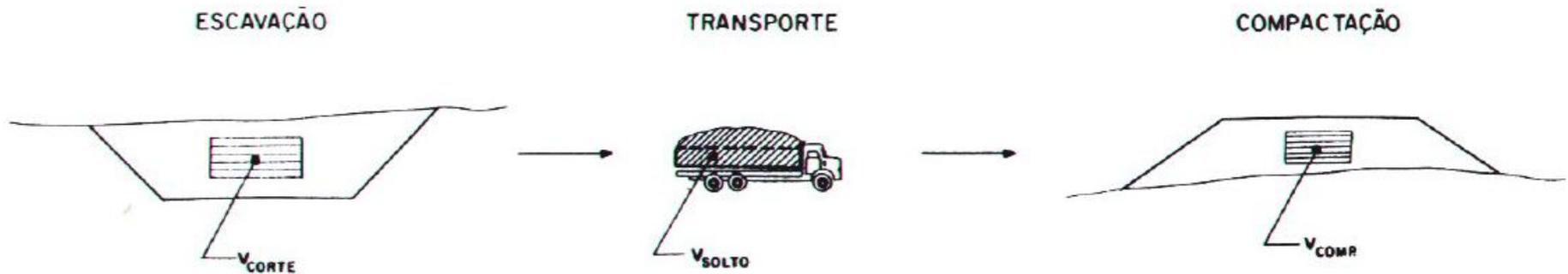
$$F_h = \frac{V_{\text{corte}}}{V_{\text{comp}}} = \frac{1}{F_c}$$

O objetivo deste parâmetro, também adimensional, é similar ao do fator de contração, ou seja, estimar o volume de corte necessário à confecção de um determinado aterro. Sua aplicação é voltada para a etapa de projeto constituindo-se em subsídio fundamental ao bom desempenho da tarefa de distribuição do material escavado. Sendo o inverso do fator de contração, assume valores superiores à unidade para solos, e inferiores para materiais compactos.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DOS SOLOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DA TERRAPLENAGEM



V_{CORTE} , V_{SOLTO} , V_{COMP} . CORRESPONDENTES A UMA MESMA MASSA

$$V_{COMP} < V_{CORTE} < V_{SOLTO}$$

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

- Na fase de anteprojeto este fator é em geral estimado.
- Um fator $F_h = 1,40$ indica que será necessário escavar cerca de 1,40 m³ no corte para obter 1 m³ de aterro compactado.
- Na etapa de projeto, F_h pode ser avaliado pela relação:

$$F_h = \frac{\gamma_{S_{\text{comp}}}}{\gamma_{S_{\text{corte}}}}$$

$\gamma_{S_{\text{comp}}}$ massa específica aparente seca após compactação no aterro.

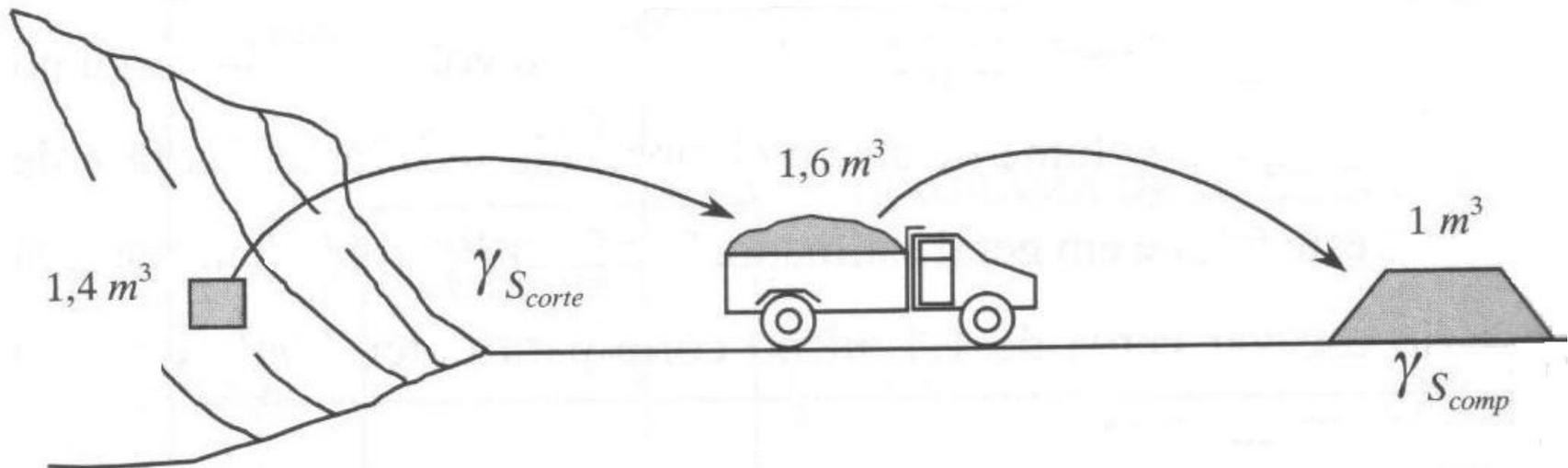
$\gamma_{S_{\text{corte}}}$ massa específica aparente seca do material no corte de origem.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

- O fator de homogeneização é aplicado sobre os volumes de aterro, como um multiplicador.
- Na prática, é utilizado um fator de segurança de 5%, de modo a compensar as perdas que ocorrem durante o transporte dos solos e possíveis excessos na compactação dos mesmos.

$$F_h = \frac{\gamma_{S_{comp}}}{\gamma_{S_{corte}}} \times 1,05$$



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Noções sobre equipamentos de terraplenagem

Classificação tradicional

- Unidades tratoras;
- Unidades escavo-empurradoras;
- Unidades escavo-transportadoras;
- Unidades escavo-carregadoras;
- Unidades aplainadoras;
- Unidades transportadoras, e
- Unidades compactadoras.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Equipamentos – Classificação geral

a) Máquinas Motrizes - São aquelas que produzem a energia para a execução do trabalho. Ex.: tratores de rodas ou de esteira, compressores, etc., quando convenientemente equipados podem realizar os serviços



b) Máquinas Operatrizes - São aquelas que acionadas pelas máquinas motrizes realizam diretamente o trabalho. Ex.: scraper, escarificadores, compactadores.



Profa. Jisela Aparecida Santanna Greco

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

UNIDADES TRATORAS

A Unidade de Tração (Trator) é a **máquina básica de terraplenagem**, pois todos os equipamentos à disposição para executá-la são tratores devidamente modificados ou adaptados para realizar as operações básicas de terraplenagem.

Chama-se **trator** a unidade autônoma que executa a tração ou empurra outras máquinas e pode receber diversos implementos destinados a diferentes tarefas.

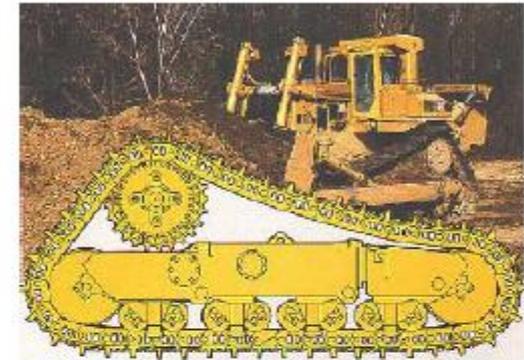


Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Essa unidade básica pode ser montada sobre:

a) Esteiras: De modo geral, as esteiras exercem pressões sobre o terreno portante da ordem de $0,5$ a $0,8 \text{ kgf/cm}^2$ aproximadamente, igual à pressão exercida por um homem em pé, sobre o chão.



b) Pneumáticos: Os equipamentos de rodas, ao contrário, transmitem ao terreno pressões de contato da ordem de **3 a 6 kgf/cm^2** .



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Características:

a) Esforço Trator: É a força que o trator possui na barra de tração (no caso de esteiras) ou nas rodas motrizes (no caso de tratores de rodas) para executar as funções de rebocar ou de empurrar outros equipamentos ou implementos;

b) Velocidade: É a velocidade de deslocamento da máquina, que depende, sobretudo, do dispositivo de montagem, sobre esteiras ou sobre rodas;

c) Aderência: É a maior ou menor capacidade do trator de deslocar-se sobre os diversos terrenos ou superfícies revestidas, sem haver a patinação da esteira (ou dos pneus) sobre o solo (ou revestimento) que o suporta;

d) Flutuação: É a característica que permite ao trator deslocar-se sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, sem haver o afundamento excessivo da esteira, ou dos pneus, na superfície que o sustém;

e) Balanceamento: É a qualidade que deve possuir o trator, proveniente de uma boa distribuição de massas e de um centro de gravidade a pequena altura do chão, dando-lhe boas condições de equilíbrio, sob as mais variadas condições de trabalho.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Quadro comparativo:

	<i>Trator de Esteira</i>	<i>Trator de Rodas</i>
<i>Esforço Trator</i>	<i>Elevado</i>	<i>Elevado, Limitado pela aderência</i>
<i>Aderência</i>	<i>Boa</i>	<i>Ruim</i>
<i>Flutuação</i>	<i>Boa</i>	<i>Regular a ruim</i>
<i>Balanceamento</i>	<i>Bom</i>	<i>Bom</i>
<i>Velocidade</i>	<i>Baixa *</i>	<i>Alta **</i>

Obs.: * menor que 10 km/h

** entre 10 a 70 km/h

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Campos de Aplicação:

a) Trator de Esteira

- Esforços tratores **elevados**
- Rampas de **grande declividade**
- Terrenos de **baixa capacidade** de suporte

OBS.: Não teremos velocidade de operação, o que resulta em baixa produtividade

b) Trator de Rodas

- **Topografia** favorável
- Condições de bom **suporte**
- Boas condições de **aderência**

OBS.: As máquinas de pneu são insuperáveis em relação a velocidade, significando maior produção.

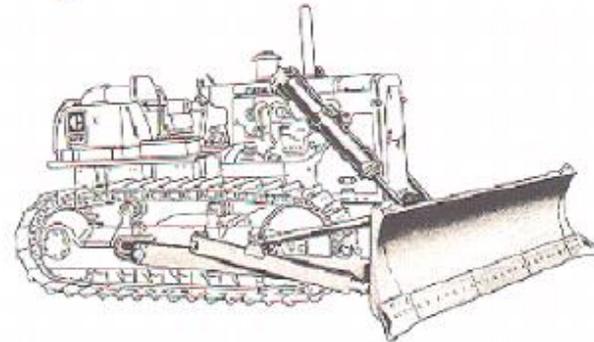
Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

UNIDADES ESCAVO-EMPURRADORAS

O trator de esteira ou de pneus, que é a **máquina básica da terraplenagem**, pode receber a adaptação de um implemento que o transforma numa unidade capaz de escavar e empurrar a terra, chamando-se por isso, unidade escavo-empurradora.

Esse implemento é denominado lâmina e o equipamento passa a denominar-se trator de **lâmina ou buldôzer**.



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

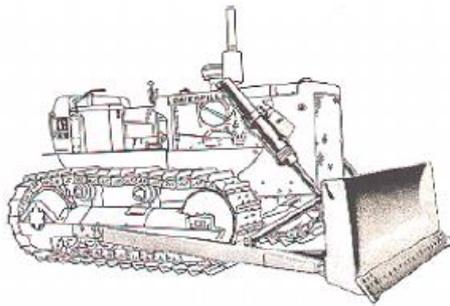
LÂMINAS



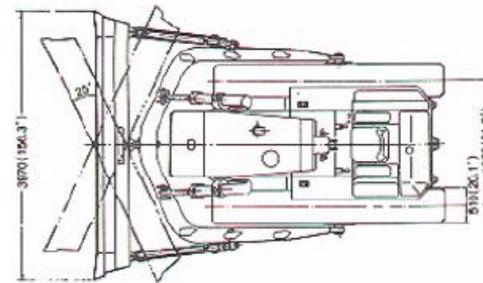
Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

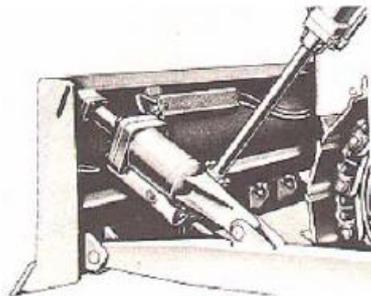
LÂMINAS



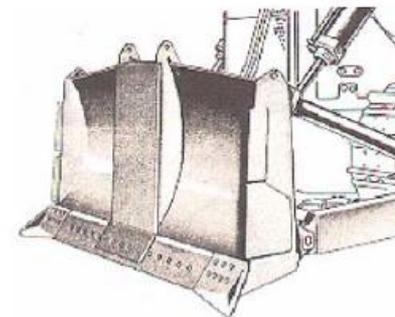
a) Lâmina fixa ou Reta



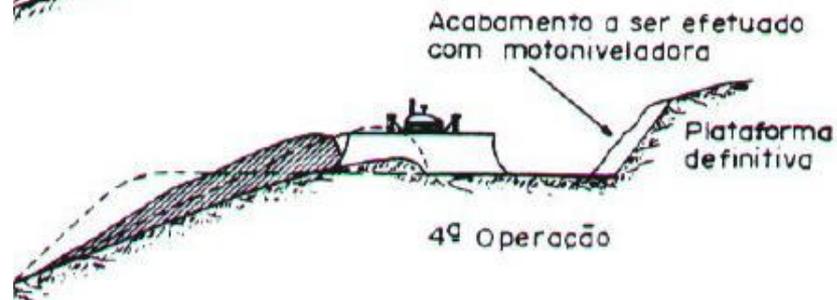
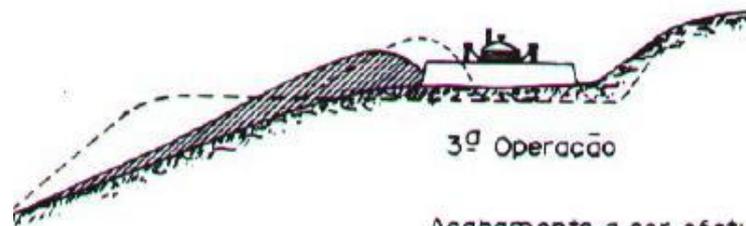
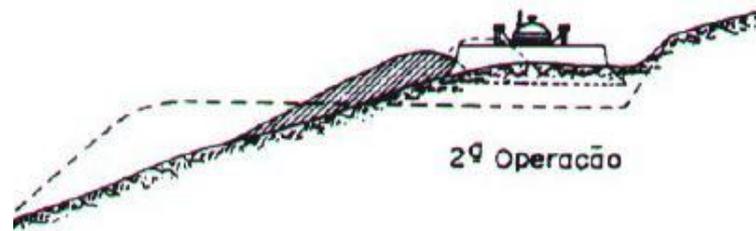
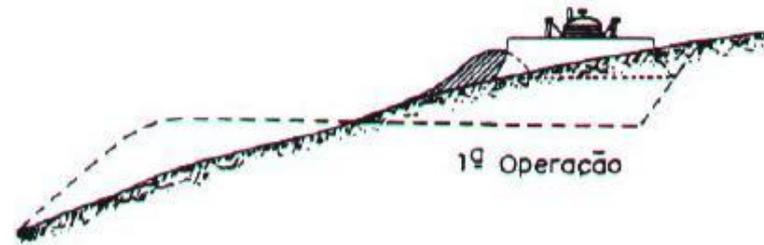
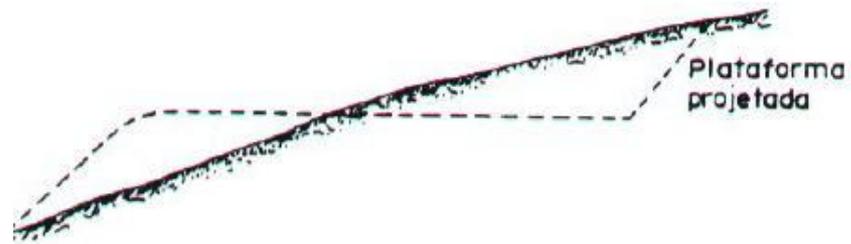
b) Angledôzer (lâmina angulável)



c) Tiltôzer/ Tip-dozer (lâminas anguláveis e inclináveis) – bulldozer ou lâmina que pode ser girada em torno do eixo longitudinal do trator ao qual é aplicada



d) Placas para empurrar



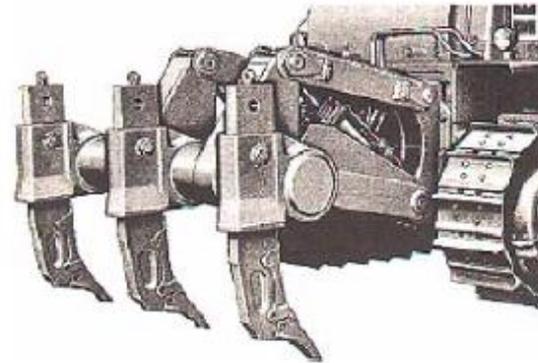
Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Outros implementos:

Escarificador ou “Ripper”

- Utilizado em material de **2ª categoria**
- Munidos de pistões hidráulicos, de duplo sentido com bomba de alta pressão.



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

UNIDADES ESCAVO-TRANSPORTADORAS

As unidades Escavo-Transportadoras são as que escavam, carregam e transportam materiais de consistências média a distâncias médias.

São representadas por dois tipos básicos:

- a) Scraper Rebocado;
- b) Scraper automotriz ou motoscraper.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

11.3.1 - Scraper Rebocado

O scraper rebocado consiste numa caçamba montada sobre um eixo com dois pneumáticos, rebocada por um trator.

11.3.2-Scraper Automotriz / Moto-scraper

O scraper automotriz ou moto-scraper consiste em um scraper de único eixo que se apoia sobre um rebocador de um ou dois eixos, através do pescoço.



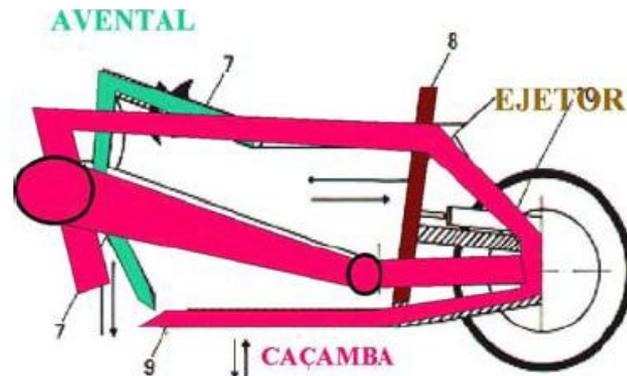
**CAPACIDADE DA
CAÇAMBA = 12 m³**

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



O moto-scaper é um dos equipamentos responsáveis pela viabilização da utilização maciça da terraplenagem mecanizada. O que possibilitou a diminuição do preço do m³ transportado foi o invento do **pescoço**, que, quando o moto-scaper está em movimento, transmite aproximadamente **60% do peso da carga** para a roda motriz, conseqüentemente aumentando a **aderência**, possibilitando a utilização de grande **potência usável**.

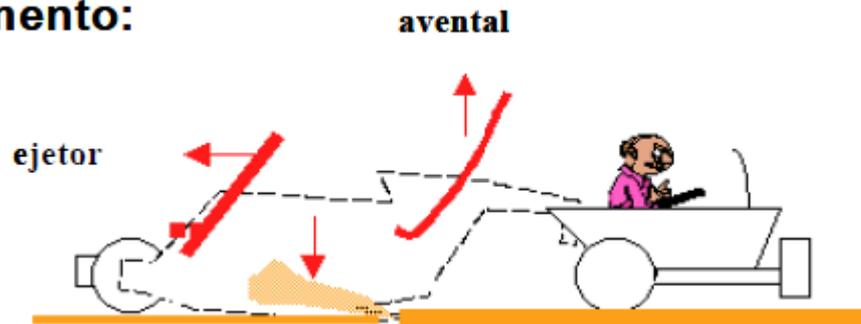


- 7 - Avental
- 8 - Ejetor
- 9 - Lâmina de Corte
- 10 - Pistão Hidráulico

Transportes

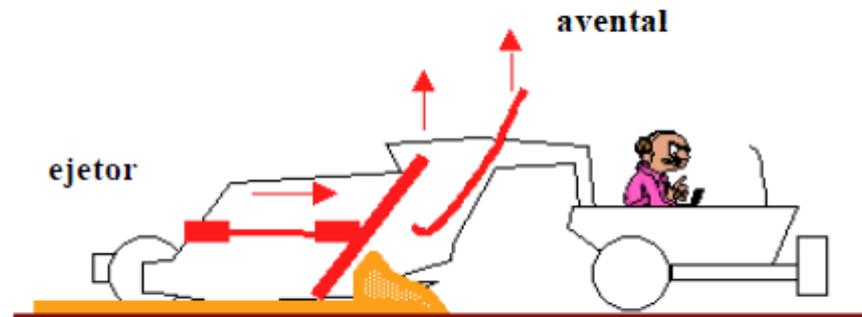
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Carregamento:



(ejetor recuado, avental elevado, caçamba abaixada)

Descarga:

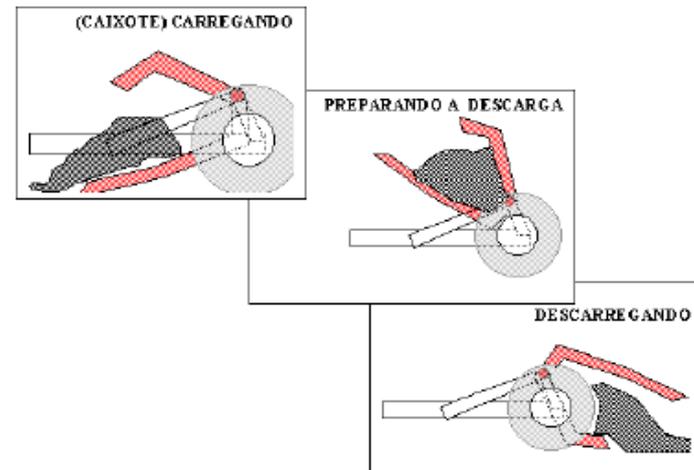


(ejetor em movimento para a frente, caçamba elevada, avental elevado)

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Existem também equipamentos de pequeno porte, apelidados "caixotes", com os mesmos princípios de trabalho, cuja descarga é executada por um grande giro da caçamba, não existindo o ejetor. Um exemplo são scrapers com capacidade da caçamba da ordem de 3 a 4 m³. Em geral são agrupados (dois) e rebocados por um trator agrícola, onde ficam os controles.



Quando a **aderência** estiver baixa (patinagem das rodas) ou a **potência disponível** for insuficiente, usa-se **trator de esteira** ou de **rodas** para auxiliar no carregamento, denominando-se esta operação de **Pusher**.



Vantagens:

- maior potência
- maior ADERÊNCIA
- trabalho em rampas mais acentuadas
- maior volume transportado

Na operação **Pusher-Pull** são utilizados motoscrapers com dois motores e tração nas quatro rodas. Como a força de tração nas quatro rodas ainda não é suficiente, criou-se um dispositivo em forma de gancho que acopla um motoscraper ao outro. Dessa forma o esforço das 8 rodas dos dois motoscrapers acoplados é utilizado para carregar um dos scrapers e em seguida o outro. Os motoscrapers se acoplam e se ajudam mutuamente na operação de carregamento.

Enquanto a máquina da frente carrega, é auxiliada pela outra que fornece o **esforço trator** adicional necessário. Posteriormente a máquina da frente traciona o outro motoscraper, para o seu carregamento.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

UNIDADES ESCAVO-CARREGADEIRAS

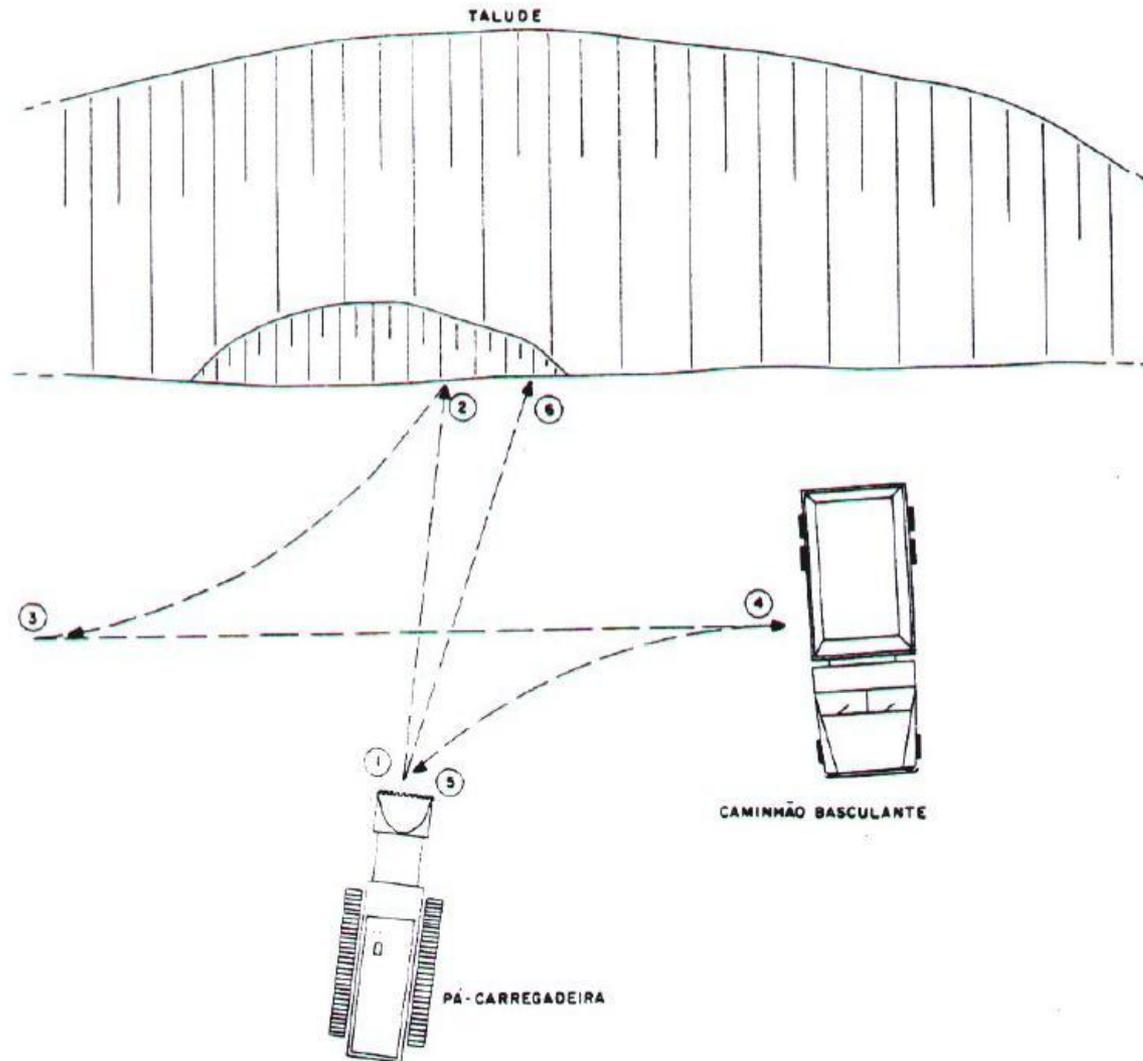
São as unidades que “escavam” e carregam o material sobre um outro equipamento, que o transporta até o local da **descarga**, de modo que o ciclo completo da terraplenagem, compreendendo as quatro operações básicas, é executado **por duas** máquinas distintas (as escavo-carregadeiras e as unidades de transporte).

As unidades escavo-carregadeiras são representadas pelas:

- a) Carregadeiras
- b) Escavadeiras

Embora bastante diferentes, ambas executam as mesmas operações de escavação e carga.

CICLO DE OPERAÇÃO DE UMA PÁ-CARREGADEIRA



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

CARREGADEIRAS

São chamadas de **pás-carregadeiras** e podem ser montadas sobre esteiras ou rodas com pneumáticos.

Normalmente a caçamba é instalada na parte dianteira.

No carregamento, as carregadeiras é que se deslocam, movimentando-se entre o talude e o veículo de transporte.

Características da carregadeira de pneus

- Alta velocidade de deslocamento
- Grande mobilidade
- Deslocamento a grande distância (elimina transporte em carreta)
- Menor tração - principalmente na escavação, risco de patinação
- Baixa flutuação
- Tração nas quatro rodas
- Peso próprio elevado - peso aderente sobre a roda motriz
- Motor sobre o eixo traseiro



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

ESCAVADEIRAS

São chamadas de **pás mecânicas**. Consistem em um equipamento que trabalha parado. Pode ser montado sobre esteiras, pneumáticos ou trilhos.

- Características das Escavadeiras

- Normalmente sobre esteiras
- Giro de 360°
- Esteiras Lisas, sem garras e de maior largura
- Boa flutuação
- Baixo Balanceamento
- Deslocamento - 1,5 km/h (pequenas distâncias)
- Deslocamento em distância - carretas especiais

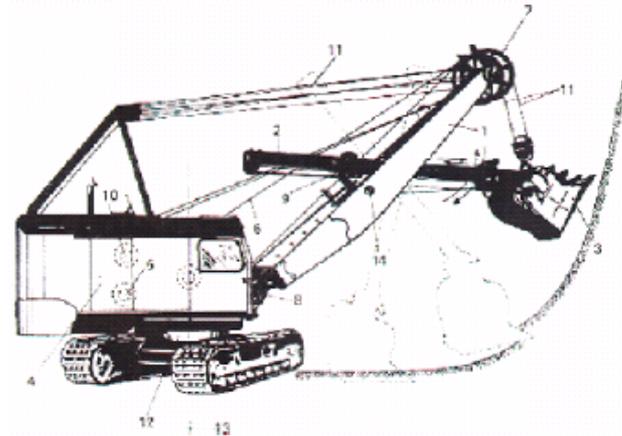


Transportes

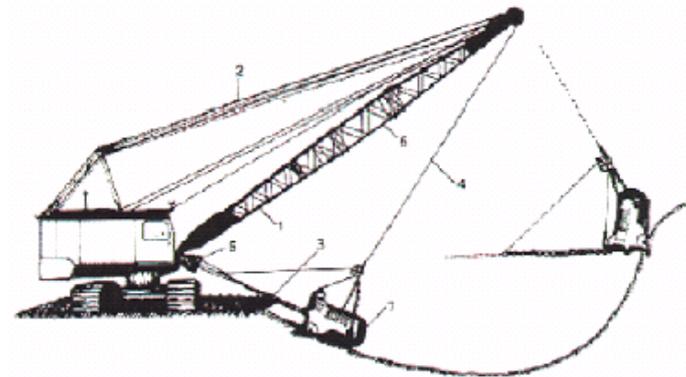
NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

TIPOS DE LANÇAS

a) **Pá Frontal ou “SHOVEL”**: Ângulo de inclinação da lança de 35° a 65° . A caçamba é provida de dentes, para facilitar o corte.



b) **Caçamba de arrasto ou “DRAG-LINE”**
A lança “Drag-Line” ou draga de **arrasto** permite variação do ângulo entre 25° e 40° . Destina-se a escavar abaixo do terreno em que a máquina se apóia. É utilizada para escavar materiais pouco compactados ou moles, mesmo que possuam altos teores de umidade. É o equipamento convencional que possui o maior raio de alcance.

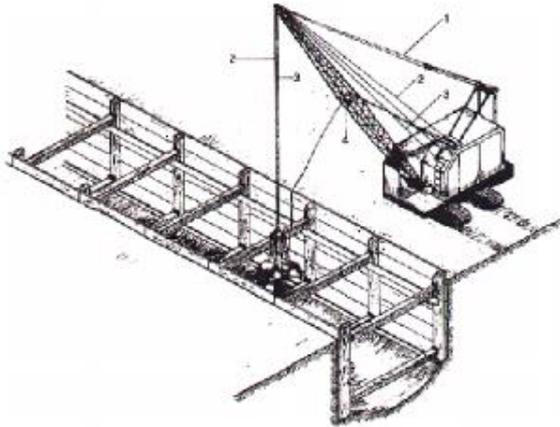


Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

c) Caçamba de mandíbulas ou “CLAM-SHELL”

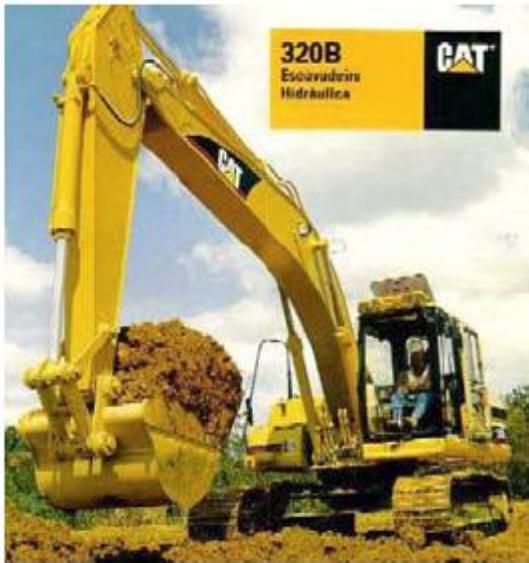
A lança é constituída de duas partes móveis, comandadas por cabos que podem abrir ou fechar a caçamba com mandíbulas, possuindo superfícies de corte ou dentes. É apropriado para a abertura de valas de pequenas dimensões, sobretudo quando há obstáculos como escoramentos, tubulações subterrâneas, etc.



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

d) Retroescavadeira



Semelhante à escavadeira de pá frontal, diferindo apenas em relação à caçamba. A escavação se faz no sentido de cima para baixo. O movimento da máquina é em marcha a ré. Escava solos mais compactados.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

ESCAVADEIRA HIDRAULICA

EC200



EC230



EC450



EC850



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

UNIDADES APLANADORAS

As unidade **aplanadoras** destinam-se especialmente ao acabamento final da terraplenagem, isto é, executam as operações para conformar o terreno aos greides finais do projeto.

As principais características destes equipamentos são a grande mobilidade da lâmina de corte e a sua precisão de movimentos, permitindo o seu posicionamento nas situações mais diversas.

A lâmina pode ser angulada em relação a um eixo vertical e também inclinada lateralmente, buscando alcançar a posição vertical.

Para compensar as forças excêntricas surgidas por estes movimentos, as rodas dianteiras podem ser inclinadas, de maneira a contrabalançar aqueles esforços.

Entre a lâmina e o eixo dianteiro, pode ser encontrado um escarificador, usado para romper um solo compacto.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

UNIDADES TRANSPORTADORAS

As unidades transportadoras são utilizadas na terraplenagem quando as distâncias de transporte são de tal grandeza que o emprego de “Motoscrapers” ou “Scrapers” rebocados se torna antieconômico.

Assim, para as grandes distâncias deve-se optar pelo uso de equipamentos mais rápidos, de baixo custo, que tenham maior produção, ainda que com o emprego de um número elevado de unidades.

São unidades de transportes: Caminhões Basculantes Comuns; Vagões; Caminhões Fora de Estrada.



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Vagões

São unidade de porte, com grande capacidade, geralmente rebocados por tratores de pneus semelhantes aos utilizados nos “motoscrapers”. Executam apenas as operações de transporte e descarga, sendo carregados por unidades escavo-carregadoras.

Os vagões diferenciam-se entre si, já que podem fazer a descarga por:

- Fundo móvel (“Bottom-dump”);
- Traseira, por basculagem da caçamba (“rear-dump”);
- Lateral (“side-dump”).

O volume da caçamba chega a 102 m³ e atinge a velocidade de 60 km/h.



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

-Fora de Estrada

Utilizado para serviços pesados. Necessita estrada especial, tem baixa flutuação. Caçambas acima de 10 m^3 , chegando a 100 ton., com motores até 1000 HP.



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

UNIDADES COMPACTADORAS

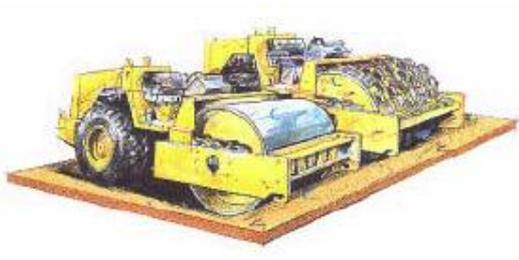
As unidades compactadoras destinam-se a efetuar a operação denominada compactação, isto é, o processo mecânico de **compressão dos solos**, resultando em um **índice de vazios menor**.

A compactação é o processo pelo qual se obtém mecanicamente o aumento de resistência do solo.

Os solos, para que possam ser utilizados nos aterros das obras de terraplenagem, devem preencher certos requisitos, ou seja, devem ter seu comportamento técnico melhorado, para que se transformem em **verdadeiro material de construção**. Esse objetivo é atingido de maneira **rápida e econômica** através das operações de compactação.

Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM



Transportes

NOÇÕES DE TERRAPLENAGEM

Transportes

Diagrama de Massas ou Diagrama de Bruckner

- O diagrama de massas, ou de Bruckner, facilita sobremaneira a análise da distribuição dos materiais escavados.
- Essa distribuição corresponde a definir a origem e o destino dos solos e rochas objeto das operações de terraplenagem, com indicação de seus volumes, classificação e distâncias médias de transporte.
- Após calcular as áreas das seções transversais e os volumes dos prismóides, pode-se preparar uma tabela de volumes acumulados, que serve como base para construção do diagrama.
- Para a construção do diagrama, calculam-se inicialmente as chamadas Ordenadas de Bruckner. Estas ordenadas correspondem aos volumes de cortes (considerados positivos) e aterros (considerados negativos) acumulados sucessivamente.
- A somatória dos volumes é feita a partir de uma ordenada inicial arbitrária. Geralmente é escolhida uma ordenada suficientemente grande para evitar o aparecimento de ordenadas negativas.
- As ordenadas calculadas são plotadas em papel milimetrado, de preferência sobre uma cópia do perfil longitudinal do projeto. No eixo das abscissas é colocado o estaqueamento e no eixo das ordenadas, numa escala adequada, os valores acumulados para as ordenadas de Bruckner, seção a seção. Os pontos assim marcados, unidos por uma linha, formam o diagrama de Bruckner.

