



# **Terraplanagem e Pavimentação**

**Prof. MSc. Ruiteir da Silva Souza**



## **TERRAPLANAGEM: CONCEITOS INICIAIS**

## TERRAPLANAGEM - INTRODUÇÃO

-De forma genérica, a terraplanagem ou movimento de terras, pode ser entendida como o conjunto de operações necessárias para remover a terra dos locais em que se encontra em excesso para aqueles em que há falta, considerando um determinado projeto a ser implantado.

-Com isso, a construção de uma estrada de rodagem, ferrovia ou aeroporto, a edificação de um fábrica ou de usina hidrelétrica, ou mesmo, de um conjunto residencial, exigem a execução de serviços de terraplanagem prévios, regularizando o terreno natural, em obediência ao projeto que se deseja implantar.

## TERRAPLANAGEM - MANUAL

-Até o aparecimento dos equipamentos mecanizados e mesmo depois, a movimentação das terras era feita pelo homem, utilizando ferramentas tradicionais: pá e picareta para o corte, carroças ou vagonetas com tração animal para o transporte.



## TERRAPLANAGEM - MANUAL

-Dado o seu pequeno rendimento, terraplenagem manual dependia, sobretudo, da mão-de-obra abundante e barata, fator que o desenvolvimento tecnológico e social foi tornando cada vez mais escasso e, por consequência, mais oneroso.

-Para se ter uma ideia do número de operários necessários para a execução braçal do movimento de terra, estima-se que para produção de 50m<sup>3</sup>/h de escavação, empregar-se-iam, pelo menos 100 homens.

-Em comparação, uma escavadeira, operada apenas por um homem, pode executar a mesma tarefa, o que se demonstra claramente as transformações ocasionadas pela mecanização.

-Contudo, não se pense que a terraplenagem manual conduziria à excessiva lentidão dos trabalhos. Desde que a mão-de-obra fosse numerosa, os prazos de execução da movimentação de terras em grandes volumes eram razoáveis, se comparados com os atuais.

## TERRAPLANAGEM - MANUAL

-Rego Chaves, em seu livro Terraplenagem Mecanizada mostra o exemplo de ferrovias construídas nos Estados Unidos, com milhões de metros cúbicos escavados e movidos em prazos relativamente curtos, dispondo-se porém, de mão-de-obra abundante e de baixo custo.

-Com suficiente organização para resolver os sérios problemas de recrutamento, administração, alojamento e subsistência dos trabalhadores, a terraplenagem manual apresentava rendimento capaz de causar admiração, ainda nos dias atuais.



## TERRAPLANAGEM - MECANIZADA

-Entretanto, o aparecimento dos equipamentos mecanizados, surgidos em consequência do desenvolvimento tecnológico, (do que resultava mão-de-obra cada vez mais cara), em razão de sua alta produtividade, tornava competitivo o preço do movimento de terras, apesar do elevado custo de aquisição dessas máquinas.

-Já ficou comprovada, através do exemplo acima citado, a notável economia de mão-de-obra introduzida pela mecanização, o que vinha de encontro à escassez cada vez maior do trabalhador braçal.

## TERRAPLANAGEM - MECANIZADA

-Resumindo, pode-se entender que a mecanização surgiu em consequência de:

a) Escassez e encarecimento da mão-de-obra causada, sobretudo, pela industrialização.

b) Alta eficiência mecânica dos equipamentos, traduzindo-se em grande produtividade, a qual conduzia a preços mais baixos, se comparados com os obtidos manualmente, especialmente em razão da redução de mão-de-obra.

## TERRAPLANAGEM MECANIZADA - CARACTERÍSTICAS

A mecanização caracteriza-se por:

- a) Requerer grandes investimentos em equipamentos de alto custo;
- b) Exigir serviços racionalmente planejados e executados, o que só pode ser conseguido através de empresas de alto padrão de eficiência;
- c) Reduzir substancialmente a mão-de-obra empregada, mas, por outro lado, provocando a especialização profissional e, conseqüentemente, melhor remuneração;
- d) Permitir a movimentação de grandes volumes de terras em prazos curtos, graças à eficiência de operação e, sobretudo, pela grande velocidade no transporte, o que leva a preços unitários extremamente baixos, apesar do custo elevado do equipamento, para se ter uma ideia da influência do aumento da produtividade no custo da terraplenagem, apesar da elevação substancial ocorrida no valor de aquisição dos equipamentos, praticamente não houve acréscimo nos preços de movimento de terra, nos Estados Unidos, no período de 1930a 1960.

## TERRAPLANAGEM – OPERAÇÕES BÁSICAS E CICLOS DE OPERAÇÃO

Examinando-se a execução de quaisquer serviços de terraplenagem, podem-se distinguir quatro operações básicas que ocorrem em seqüência, ou, às vezes, com simultaneidade.

- a) Escavação;
- b) Carga do material escavado;
- c) Transporte;
- d) Descarga e espalhamento.

Essas operações básicas podem ser, ela, executadas pela mesma máquina ou por equipamentos diversos, exemplificando, um trator de esteira provido de lâmina, executa sozinho todas as operações acima indicadas, sendo que as três primeiras com simultaneidade.

## TERRAPLANAGEM – MATERIAIS

A superfície terrestre é constituída de vários elementos. Mas, de uma maneira geral, para fins de terraplenagem, é constituída de: ROCHAS e SOLOS.

- a) **Rochas** - materiais constituintes essenciais da crosta terrestre provenientes da solidificação do magma ou de lavas vulcânicas ou da consolidação de depósitos sedimentares, tendo ou não sofrido transformações metamórficas. Esses materiais apresentam elevada resistência somente modificável por contatos com o ar ou a água em casos muito especiais;
- b) **Solos** - materiais constituintes especiais da crosta terrestre provenientes da decomposição **in situ** das rochas pelos diversos agentes geológicos, ou pela sedimentação não consolidada dos grãos elementares constituintes das rochas, com adição eventual de partículas fibrosas de material carbonoso e matéria orgânica coloidal.

## TERMINOLOGIA SEGUNDO AS DIMENSÕES

### Rochas:

- a) **Bloco de Rocha** - pedaço isolado de rocha com diâmetro médio superior a 1 m;
- b) **Matacão** - pedaço de rocha com diâmetro médio superior a 25 cm e inferior a 1m;
- c) **Pedra** - pedaço de rocha com diâmetro médio compreendido entre 7,6 cm e 25 cm.

**OBS.: Rocha Alterada** - é a que apresenta, pelo exame macroscópico ou microscópico, indícios de alteração de um ou vários de seus elementos mineralógicos constituintes, tendo geralmente diminuídas as características originais de resistência.

## CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Após a mecanização, a classificação passou a se basear no equipamento capaz de realizar economicamente o desmonte.

**1ª Categoria** - os solos que podem ser escavados com auxílio de equipamentos comuns: trator de lâmina, "motoscaper", pás-carregadeiras.

**2ª Categoria** - são os materiais removidos com os equipamentos já citados, mas que pela sua maior consistência exigem um desmonte prévio feito com escarificador ou emprego descontínuo de explosivos de baixa potência.

**3ª Categoria** - materiais de elevada resistência mecânica que só podem ser tratados com emprego exclusivo de explosivos de alta potência.

## COMPORTAMENTO DO SOLO

Ao empreiteiro de terraplanagem não interessa a natureza do material, mas sim suas propriedades físicas.

As propriedades físicas são:

- **Peso**
- **Empolamento**
- **Redução**

## CONCEITO EMPOLAMENTO

### Empolamento dos solos

Consiste em um aumento de volume devido a incorporação de vazios.

O terreno no estado natural apresenta um determinado estado de compactação.



Após o desmonte



Tem-se uma expansão volumétrica considerável.

## VOLUMES

Após o desmonte:

A terra assume um volume maior em relação ao estado natural.

Desta forma tem-se:

**Volume solto  $V_s$  > Volume natural  $V_n$ .**

**Massa específica solta ( $\gamma_s$ ) < Massa específica natural ( $\gamma_n$ )**

## FATOR DE CONVERSÃO

Este fator é definido pela relação entre as massas específicas do material no estado solto em relação ao material natural.

$$\varphi_1 = \frac{\gamma_s}{\gamma_n} < 1$$

## FATOR DE CONVERSÃO

Pela definição de massa específica tem-se:

$$\begin{aligned} \gamma_s &= \frac{m}{V_s} \\ \gamma_n &= \frac{m}{V_n} \end{aligned} \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\gamma_s}{\gamma_n} < 1 \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\frac{m}{V_s}}{\frac{m}{V_n}} = \frac{V_n}{V_s}$$

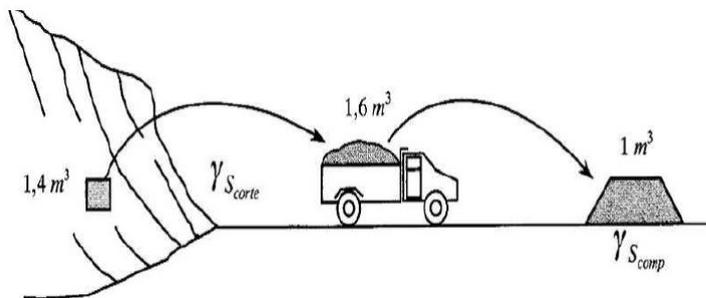
## FATOR DE CONVERSÃO

Como a terraplanagem é paga pelo volume medido no corte, portanto com a massa específica natural, convém sempre referir-se o volume a seu estado natural ou seja de corte.

$$\varphi_1 = \frac{V_n}{V_s} \Rightarrow V_n = \varphi_1 \cdot V_s \Rightarrow V_c = \varphi_1 \cdot V_s$$

## FATOR DE EMPOLAMENTO

Resumindo:



## EMPOLAMENTO

MATERIAL	Kg/m <sup>3</sup> (CORTADO)	Empolamento (multiplicar)	Fator de conversão (peso)	Kg/m <sup>3</sup> (SOLTO)
Argila	1720	1,4	0,72	1140
Argila c/ pedregulho, seca	1780	1,4	0,72	1300
Argila c/ pedregulho, molhada	2200	1,4	9,72	1580
Carvão – antracítico	1450	1,35	0,74	1070
Carvão – betuminoso	1280	1,35	0,74	950
Terra comum, seca	1550	1,25	0,8	1250
Terra comum, molhada	2000	1,25	0,8	1600
Pedregulho(1-5 cm), molhado	2000	1,12	0,89	1780
Pedregulho(1-5 cm), seco	1840	1,12	0,89	1640
Hematita	3180	1,18	0,85	2700
Magnetita	3280	1,18	0,85	2780
Calcáreo	2620	1,67	0,6	1570
Areia seca, solta	1780	1,12	0,89	1580
Areia molhada, compacta	2100	1,12	0,89	1870
Arenito	2410	1,54	0,65	1570
Escória de fundição	1600	1,23	0,81	1300

## EMPOLAMENTO

### Exercício:

Na construção de uma barragem com 1.200.000m<sup>3</sup>, tenho os seguintes dados: R = 10%, E=22%. O empreiteiro forneceu orçamento pelo volume transportado de U\$ 1,0 m<sup>3</sup>/Km – Distância = 3,2 Km.

R = 10%    E = 22%                      V<sub>comp</sub> = 1.200.000 m<sup>3</sup>    V<sub>solto</sub> = ?    V<sub>corte</sub> = ?

## EMPOLAMENTO

### Exercício:

Em uma obra, o equipamento scraper (26 m<sup>3</sup>) deu 120 viagens, transportando material de 1ª categoria – (E=32%). O preço por m<sup>3</sup>/Km é de US\$ 1,3 (Medido no corte). O centro de massa da jazida está a 1,6 Km da obra. Qual o preço da terraplanagem?



## PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES PARA SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM

- Instalação do Canteiro de Obras.
- Transporte de equipamento para o local de serviço.
- Determinação e construção das estradas de serviço.
- Consolidação dos terrenos de fundação dos aterros.
- Locação topográfica.
- Limpeza da faixa, desmatamento e destocamento.

## INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

### CONCEITUAÇÃO

- ✓ Segundo a NBR-12.284, o **CANTEIRO DE OBRAS** corresponde ao conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência.
- ✓ É o local onde se dá a produção das obras de construção, exigindo análise prévia e criteriosa de sua implantação, à luz dos conceitos de qualidade, produtividade e segurança.
- ✓ Implantação do canteiro de obras deverá atender à Norma Regulamentadora 18 (NR18) da Consolidação das Leis do Trabalho relativa à Segurança e Medicina do Trabalho (NR) no que for pertinente, inclusive quando se instalar em local diverso ao da obra.

## INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

### CONCEITUAÇÃO

- ✓ É a primeira providência a ser tomada pelo executor dos serviços de terraplenagem.
- ✓ Diferentemente de obras como edificações ou barragens, o canteiro de obras para construção de estradas detém amplas extensões.

## INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

### Aspectos a serem observados para instalação de canteiro de obra:

- ✓ Localizar perto do centro de gravidade (área em planta) dos serviços.
  - ✓ As construções devem ser econômicas e reaproveitáveis após a desmontagem do acampamento.
  - ✓ A sofisticação de cada canteiro dependerá fundamentalmente da duração, do local e do porte da obra.
- **CONSIDERAR:** dimensão da obra, proximidade de centro urbano, tempo de execução da obra, facilidades locais de energia elétrica e água potável.

## INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS



## INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

### ELEMENTOS INTEGRANTES DO CANTEIRO DE OBRA

- a) **Escritório de campo** – contabilidade, seção de projetos, arquivo técnico-administrativo, sala para a fiscalização da obra, sala para o corpo técnico.
- b) **Almoxarifado** - guarda de peças de reposição, lubrificantes e materiais diversos – pessoal especializado e de confiança – localização facilitada à distribuição dos materiais
- c) **Oficina para pequenos reparos e manutenção preventiva de equipamentos.**
- d) **Tanques de combustível** - Para óleo diesel e gasolina. (depende do porte da obra).
- e) **Alojamento para pessoal não residente da região** - camas ou redes, vestiários e sanitário com chuveiro. Existem casos com local apenas para troca de roupa e sanitários.

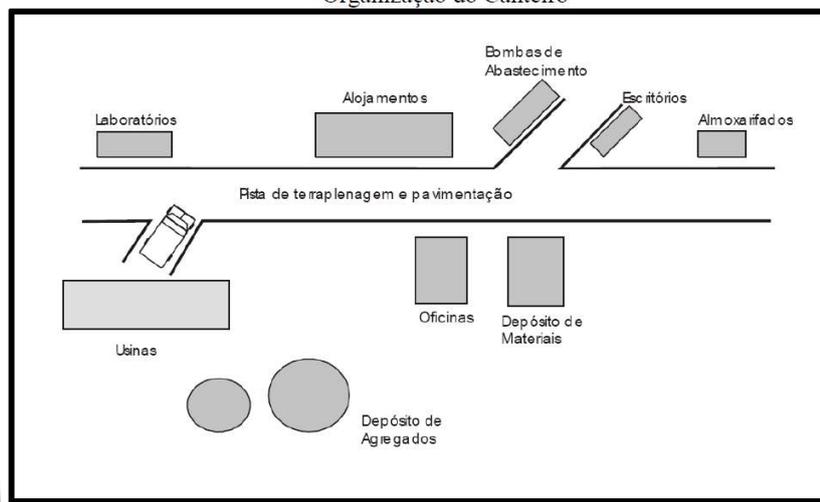
## INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

### ELEMENTOS INTEGRANTES DO CANTEIRO DE OBRA

- f) **Posto de comunicação** (rede de telefonia ou rádio comunicação).
- g) **Água potável** – ver fonte de água próximo como: rio, lagoa, poço.
- h) **Energia elétrica** - energia fornecida por uma Concessionária de energia ou uso de grupos de geradores acionados à óleo diesel.
- i) **Cozinha e refeitório** – quando for necessário e conveniente.
- j) **Depósito de explosivos** - É implementado quando a execução da obra exigir o desmonte de rochas. Deve obter autorização das autoridades militares e cumprir as exigências de segurança.
- l) **Guarita** - A guarita deve ser localizada de modo que o vigia possa controlar os acessos à Obra. Deve obter autorização prévia para acesso de visitantes.

## INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

### Organização do Canteiro



## MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

### CONSIDERAÇÕES

- ✓ No caso de grandes distâncias, o custo de mobilização será elevado e não pode ser omitido no orçamento da obra.
- ✓ Máquinas de esteira e máquinas de grande dimensão são transportadas sobre carretas.
- ✓ As Máquinas de pneus necessitam autorização dos órgãos rodoviários para trafegar nas estradas.
- ✓ Na organização dos comboios, deve-se agrupar equipamentos que podem se deslocar a velocidades iguais (Ex: carretas transportando tratores e motoscrapers, deslocam-se a velocidades em torno de 60 km/h. Motoniveladoras tem velocidade variável, em torno de 45 km/h).

## CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS OU CAMINHOS DE SERVIÇO

### CONCEITUAÇÃO

- ✓ São vias que garantem o trânsito de equipamentos e veículos, com a finalidade de interligar cortes e aterros, assegurar o acesso ao canteiro de serviço, áreas de empréstimos, jazidas, obras de arte, fontes de abastecimento de água e demais instalações previstas no canteiro da obra.
- ✓ A contratada deve evitar que os caminhos de serviço sejam indevidamente usados por terceiros ou se tornem de servidão, impedindo também a construção de habitações por terceiros.

## CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS OU CAMINHOS DE SERVIÇO

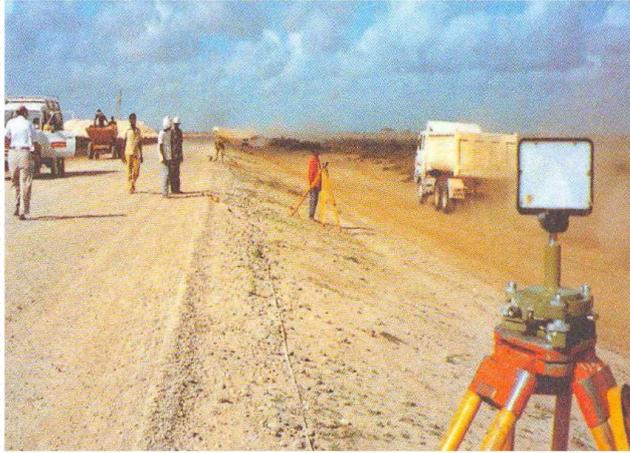
### CONSIDERAÇÕES

Para permitir que os equipamentos pesados atinjam as frentes de serviços, deve-se observar:

- Condições de rampas, de desenvolvimento e de drenagem compatíveis com as características do relevo.
- Necessidade de pequenos aterros evitando solos de má qualidade e prevenindo inundações.
- Geralmente usa neste serviço trator de esteira com lâmina angulável, pois procura-se traçado de meia encosta (seção mista).

## CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS OU CAMINHOS DE SERVIÇO

### CONSIDERAÇÕES

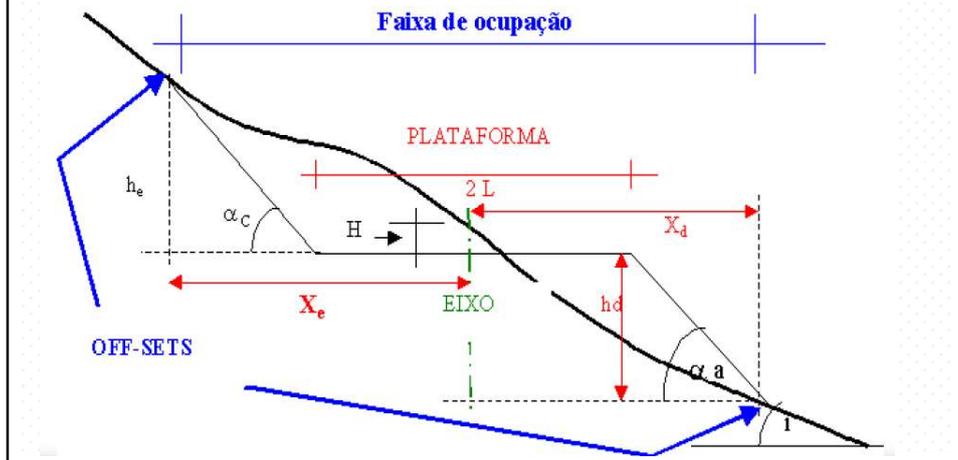


## CONSOLIDAÇÃO DO TERRENO DE FUNDAÇÃO DOS ATERROS

Representa um trabalho preliminar de grande importância, nos casos de terreno com baixa capacidade de suporte do subleito, devendo evitar recalque ou escorregamento lateral, o qual ocasiona afundamento do terreno.

## LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA

RELEMBRANDO



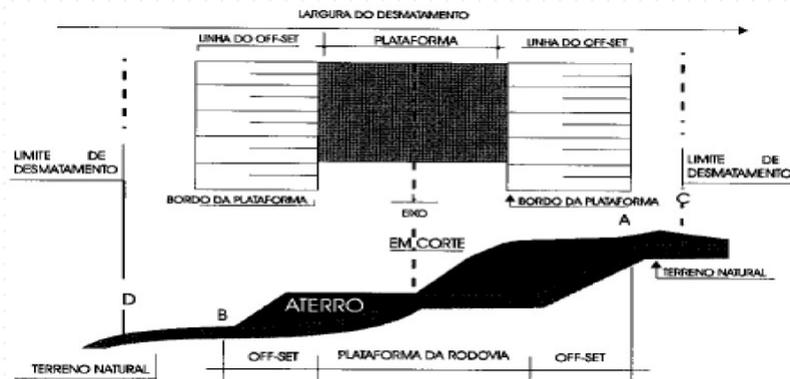
## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO



## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

### Desmatamento

Compreende o corte e a remoção de toda a vegetação existente na faixa de ocupação, qualquer que seja a sua densidade.



## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

### Desmatamento

- ✓ Este serviço deve restringir-se aos limites dos off-set, acrescidos de uma faixa mínima de operação.
- ✓ Nos casos dos empréstimos e áreas de apoio em geral, a área de desmatamento deve ser a mínima indispensável à sua finalidade.
- ✓ Envolve remoção dos seguintes materiais:
  - Espécie vegetal – desmatamento leve ou pesado.
  - Blocos de rocha, pedras isoladas, ma tações, etc.
  - Linhas de transmissão de energia, de telefone, etc. – depende de autorização prévia do proprietário.
  - Cercas, construções, etc.

## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

### DESTOCAMENTO:

Compreende a operação de remoção de tocos e raízes, após o serviço de desmatamento na profundidade necessária até o nível do terreno considerado apto para a terraplenagem.

### LIMPEZA:

Compreende a operação de remoção da camada de solo ou material orgânico, bem como de quaisquer outros objetos e materiais indesejáveis que ainda subsistam aos serviços de desmatamento e destocamento.

## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

### EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTES SERVIÇOS:

Tratores de esteiras equipados com lâminas e implementos especiais: lâmina desmatadora, destocador, ancinho e empurrador de árvores;

- ✓ Motoniveladoras;
- ✓ Ferramentas manuais: moto-serras, foices, machado, alavancas, pás, enxadas, etc.

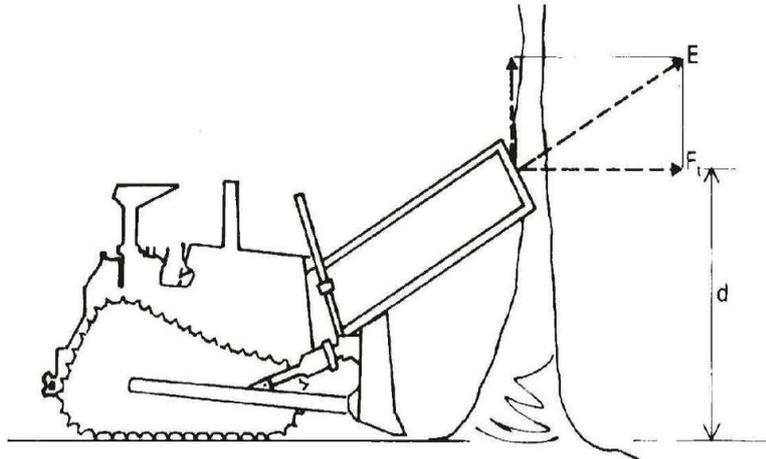
DESTOCADOR: destinado à remoção de tocos deixados após o corte da árvore.

- ANCINHO: derrubada de vegetação de pequeno porte e separação da terra do material vegetal.



## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

- Exemplo de operação de tombamento de árvore:

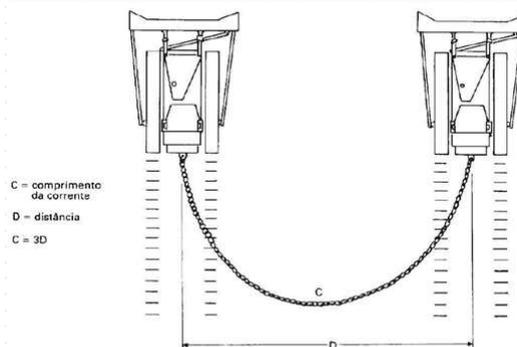


*Empurrador de árvore*

## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

Indicado para desmatamento de grandes áreas, com pequenas declividades e com arbustos ou árvores de pequeno porte.

- Exemplo de operação de limpeza com o uso de correntes:



*- Desmatamento com corrente*

É importante entender que o uso de correntes, embora promova boas condições de produtividade à obra, tornou-se um método de limpeza danoso ao manejo ambiental.

## LIMPEZA DA FAIXA, DESMATAMENTO E DESTOCAMENTO

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ O material removido é de propriedade pública, devendo ser removido e estocado, havendo especial atenção com a terra vegetal.
- ✓ É vedada a queima do material de limpeza sem a licença do pessoal de fiscalização;
- ✓ É admitida, como tolerância, uma variação na largura da faixa a ser trabalhada de +/- 0,15m para cada lado do eixo, não sendo admitida variação negativa.
- ✓ Deve ser feito o controle qualitativo de forma visual, avaliando-se a área superficial tratada se encontra isenta da camada vegetal ou outros elementos que prejudiquem os serviços de terraplenagem.
- ✓ É vedada a permanência de entulhos nas adjacências do corpo estradal ou em situações que provoquem problemas à drenagem futura da obra.
- ✓ Nenhum movimento de terra deve ser iniciado enquanto os serviços preliminares não tenham sido concluídos e aceitos pela fiscalização.

## BIBLIOGRAFIA

- Ribeiro, Denise. **Notas de Aula**. Disciplina Construção de Estradas. UFBA.
- Pacheco, L.C.D. **Apostila Construção de Estradas**. UFJF.