

## **Aula 00**

*Passo Estratégico de Obras Rodoviárias  
p/ DNIT (Técnico de Infraestrutura - Área  
Estradas) 2020*

Autor:  
**Douglas Oliveira**

10 de Fevereiro de 2020

# Terraplenagem

<b>Apresentação</b> .....	<b>1</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>2</b>
<b>Análise Estatística</b> .....	<b>2</b>
<b>Análise das Questões</b> .....	<b>3</b>
<b>Orientações de Estudo (Cheklist)</b> .....	<b>12</b>
<b>Pontos a Destacar</b> .....	<b>12</b>
<b>Questionário de Revisão</b> .....	<b>31</b>
<b>Anexo I – Lista de Questões</b> .....	<b>37</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>41</b>



## APRESENTAÇÃO

Olá, pessoal!

Meu nome é Douglas Oliveira, sou Engenheiro Civil graduado pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, especialista em Estruturas e Fundações pela Universidade Cidade de São Paulo e mestrando na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente exerço o cargo de Analista de Controle Externo no Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais, após aprovação no concurso público realizado em novembro de 2018. Antes de ingressar no setor público atuei como professor universitário e em grandes obras, como a Linha 4 do metrô do Rio de Janeiro e o Terminal de Regaseificação da Bahia.

Minha trajetória nos concursos públicos começou em 2012, quando fiz o concurso da PETROBRAS para Engenheiro de Petróleo. Na ocasião eu estudei apenas no período pós-edital por cerca de três meses. Contudo, apesar de um desempenho razoável, não consegui entrar no cadastro de reserva. Após esse concurso eu comecei a trabalhar na iniciativa privada e dei uma pausa nos estudos voltados para concursos até outubro de 2017, quando resolvi começar a estudar para o concurso do Tribunal de Contas dos Municípios do Estado da Bahia, minha terra natal. Foram seis meses de estudos até a prova, conciliando com o trabalho de professor, mas tive um problema com o tempo para passar as respostas para o gabarito e acabei perdendo 11 preciosos pontos. Estudar tanto e ser eliminado por uma falha simples foi uma dor muito grande, e acredito que alguns de vocês já devem ter passado por isso. Veio o desânimo e a



vontade de desistir, até que um mês depois saiu o edital do TCEMG com praticamente as mesmas matérias e assuntos. Assim, aproveitei tudo que eu já tinha estudado, aprimorei meus conhecimentos, aprendi a controlar o tempo (rs!) e fui aprovado em 5º lugar para área de Engenharia.

Após essa breve apresentação, terei a enorme satisfação de redigir os relatórios do Passo Estratégico de Obras Rodoviárias para ajudá-los a alcançar a aprovação para o cargo de Técnico de Suporte em Infraestrutura de Transportes – Área de Estradas – do DNIT. Vamos juntos!

## INTRODUÇÃO

O último concurso do DNIT ocorreu em 2013 e a banca organizadora do certame foi a ESAF. Contudo, sabendo que a ESAF não está realizando concursos no momento, adotaremos a FCC como provável banca. Desta forma, toda a análise estatística será feita considerando questões de obras rodoviárias aplicadas em concursos da FCC nos últimos anos para cargos de nível médio.

Este relatório aborda o assunto **Terraplenagem** e, com base na análise estatística, concluímos que assunto possui importância **Muito Alta**.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na análise estatística é identificado o grau de importância do assunto em função do seu percentual de cobrança em provas de concursos realizados pela banca. Dessa forma, temos o seguinte resultado para o assunto que será abordado neste relatório:

Assunto	% aproximado de cobrança em provas de nível superior realizadas pela FCC desde 2007
<b>Terraplenagem</b>	<b>36%</b>

Com base na tabela anterior, concluímos que o assunto Terraplenagem possui importância **Muito Alta**, uma vez que foi cobrado em 5 das 14 questões analisadas (36%).

É importante destacar que os percentuais de cobrança, para cada tema, podem variar bastante. Sendo assim, adotaremos a seguinte classificação quanto à importância dos assuntos:



% de Cobrança	Importância do Assunto
Até 1,9%	Baixa a Mediana
De 2% a 4,9%	Média
De 5% a 9,9%	Alta
10% ou mais	Muito Alta

## ANÁLISE DAS QUESTÕES

Esta seção busca identificar o modo como a banca costuma cobrar o assunto, de forma a orientar o estudo dos temas.

Pessoal, foram raras as questões encontradas de obras rodoviárias para nível técnico aplicadas pela banca FCC nos últimos anos. Por isso, inserimos algumas questões de nível superior com grau de dificuldade compatível com nível técnico, e completaremos o estudo com o questionário de revisão, no final do relatório.

**1. (FCC/2016/METRÔ-SP/TÉCNICO SISTEMAS METROVIÁRIOS)** O processo de movimentação de terra é desenvolvido por meio de um conjunto de operações que envolve escavações, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executados a fim de transformar o estado natural de um terreno para uma nova configuração.

Assim, corte e aterro compõem o escopo de trabalho que se desenvolve, levando em conta que

- antes dos trabalhos das máquinas pesadas, é importante que as valetas no topo dos taludes estejam concretadas e prontas.
- a camada de solo orgânico deve ser utilizada prioritariamente no início da etapa de aterros e reaterros.
- para evitar que a terra exposta provoque assoreamento de rios e córregos, contaminações e mesmo erosão, o planejamento deve concentrar os trabalhos nos meses situados entre os períodos de chuva e estiagem.
- para evitar a erosão completa, nos casos de escavação marginais aos córregos, deve-se prever lagoas de deposição de resíduos dotadas de desembocadura que levem o volume de água diretamente aos cursos d'água.
- a remoção da terra nos taludes seja feita de baixo para cima até o último patamar, sendo que a porção escavada deve ser revestida com material de escavação novo, para que não se evidencie a erosão do solo.

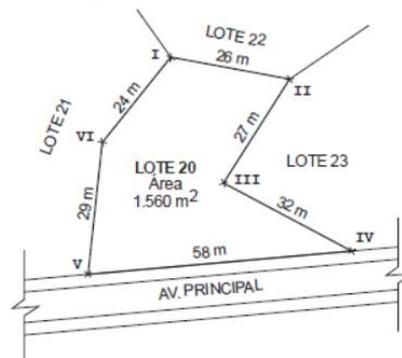
Analizando cada uma das alternativas:



- a) A assertiva está correta, uma vez que antes do trabalho das máquinas pesadas é importante que as valetas no topo dos taludes estejam concretadas e prontas. Elas impedem que, em caso de chuva, a água desça em enxurrada pelo corte. A remoção da terra é feita de cima para baixo até o primeiro patamar (banqueta), depois a porção escavada é revestida com vegetação (grama) para impedir a erosão do solo.
- b) Não se deve utilizar solos orgânicos em nenhuma etapa do aterro e reaterro.
- c) Para evitar este problema os trabalhos devem concentrar-se nos períodos secos, sem ocorrência de chuvas.
- d) Não se deve permitir que os resíduos de uma escavação atinjam um curso de água.
- e) A remoção de terra nos taludes deve ser feita de cima para baixo.

**GABARITO: A**

**2. (FCC/2013/DPE-RS/TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES)** Atenção: Para responder a questão utilize a figura abaixo que representa a implantação topográfica de um determinado lote, com sua localização e dimensões.



Antes de ser cercado, o terreno precisa passar por uma limpeza. Para isso, é necessário fazer uma raspagem de 30 cm sobre toda a área do lote 20, além de retirar toda a vegetação arbustiva que se encontra no local, que já alcançou uma altura de, aproximadamente, 2 m de altura. No acondicionamento em caminhões, a vegetação pode ser compactada, reduzindo-se seu volume à metade. Nestas condições, calculando-se os volumes de terra e vegetação, respectivamente, chegamos aos valores, em  $m^3$ , de

- a) 3120 e 1560.
- b) 1560 e 3120.
- c) 780 e 1560.
- d) 468 e 3120.
- e) 468 e 1560.

A questão solicita o cálculo de dois volumes, inicialmente vamos calcular o volume de terra.

A área total do lote foi dada na figura do enunciado: Área = 1560 m<sup>2</sup>. Já a espessura da camada a ser removida é de 30 cm, ou seja, 0,30 m.

Assim, para obtermos o volume total de terra a ser removida, basta multiplicar a área do lote em m<sup>2</sup> pela espessura em m, de forma que o volume será dado em m<sup>3</sup>.

Logo:

$$V_{terra} = 1560 \cdot 0,30 = 468 \text{ m}^3$$

Agora vamos ver a vegetação. o Enunciado diz que a altura total da vegetação é de 2 m, mas que após uma compactação o volume é reduzido pela metade. Devemos, assim, trabalhar com o volume compactado, que é o que efetivamente será transportado nos caminhões. Sem a compactação, o volume seria:

$$V_{vegetação-sem compactar} = 1560 \cdot 2 = 3120 \text{ m}^3$$

E após a compactação:

$$V_{vegetação-compactado} = \frac{3120 \text{ m}^3}{2} = 1560 \text{ m}^3$$

## GABARITO: E

**3. (FCC/2013/DPE-RS/TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES)** Você é o técnico responsável pelo cálculo do volume de aterro que fará parte da planilha orçamentária da execução de um serviço de terraplenagem de uma via, cuja largura e comprimento são, respectivamente, 10,0 m e 5.000 m. Sabe-se que é necessário acrescer 10% do volume, devido à compactação do aterro e que a espessura da camada de aterro é de 20 cm. O volume de terra necessário para a execução do aterro é de

- a) 1.000.000 m<sup>3</sup>.
- b) 1.100.000 m<sup>3</sup>.
- c) 10.000 m<sup>3</sup>.
- d) 11.000 m<sup>3</sup>.
- e) 110.000 m<sup>3</sup>.

O primeiro passo é encontrar a área da via, que será a multiplicação da sua largura pelo comprimento, ou seja:

$$Área_{via} = 10 \cdot 5000 = 50.000 \text{ m}^2$$

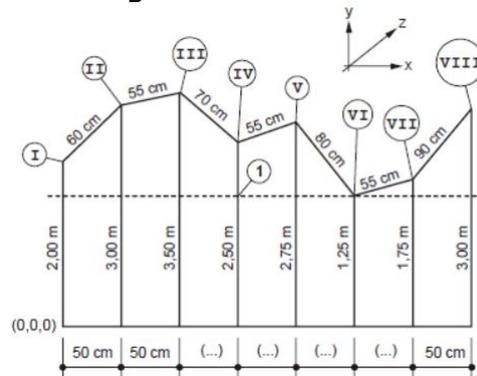


Para encontrar o volume temos que multiplicar a área pela espessura da camada de aterro, e ainda acrescentar mais 10% devido à compactação. Essa adição de 10% é obtida multiplicando o volume inicial pelo fator 1,1. Assim:

$$Volume = 50000m^2 \cdot 0,20m \cdot 1,1 = 11.000 m^3$$

**GABARITO: D**

**4. (FCC/2010/SERGÁS/ASSISTENTE TÉCNICO DE PROJETOS)** Instrução: Para responder à questão considere a figura abaixo.



Para o trecho I, II e III da figura, admitindo-se uma profundidade de 2,00 m, é correto afirmar que

- a) para este caso específico, a área e o volume terão o mesmo valor numérico.
- b) a área total da figura, em m<sup>2</sup>, será o dobro do volume, em m<sup>3</sup>.
- c) o volume total da figura, em m<sup>3</sup>, será o triplo da área total da figura, em m<sup>2</sup>.
- d) o volume final será maior que 5 m<sup>3</sup> e menor que 6 m<sup>3</sup>.
- e) o valor numérico da área menos o valor numérico do volume é igual a 5.

A Questão envolve o cálculo de áreas e volumes. A área calculada é a de um trapézio. Assim, são dois trapézios no trecho solicitado:

- Do trecho I para o trecho II:

$$Área_{I-II} = \frac{(2,0 + 3,0) \cdot 0,50}{2} = 1,25 m^2$$

- Do trecho II para o trecho III:

$$Área_{II-III} = \frac{(3,0 + 3,5) \cdot 0,50}{2} = 1,625 m^2$$

- Área total:



$$\text{Área total} = 1,25 + 1,625 = 2,875 \text{ m}^2$$

O enunciado diz que a profundidade é de 2 m. Logo, o volume será o produto da área total pela profundidade, ou seja:

$$\text{Volume} = 2,875 \cdot 2 = 5,75 \text{ m}^3$$

Logo, analisando as alternativas, a única verdadeira é a alternativa 'd' que diz que o volume final é maior que 5.

**GABARITO: D**

**5. (FCC/2007/MPU/TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES)** A terraplenagem, em geral, é paga pelo volume medido no corte porém, para avaliar a quantidade de veículos transportadores, considerando variações extremas entre solos argilosos e arenosos secos, é conveniente conhecer o fator de empolamento que pode variar de:

- a) 0,70 a 0,90
- b) 0,60 a 1,00
- c) 0,50 a 0,70
- d) 0,50 a 0,60
- e) 0,40 a 0,80

A questão cobra o conhecimento da tabela 16 do manual de implantação básica do DNIT. Vejamos o que diz a tabela:

Tabela 16 – Fatores de empolamento e expansão

Tipo de solo	f (%)	$\rho_1$
Solos argilosos	40	0,71
Terra comum seca (solos argilo-siltosos com areia)	25	0,80
Terra comum úmida	25	0,80
Solo arenoso seco	12	0,89

Assim, o fator de empolamento varia de 0,71 a 0,89. A resposta mais próxima é a alternativa 'a'.

**GABARITO: A**

**6. (FCC/2016/SEMAM/ANALISTA AMBIENTAL)** Considerando os trabalhos rodoviários de terraplenagem, uma retroescavadeira pode ser utilizada para  
a) produzir uma vala em operação contínua pelo movimento da máquina.



- b) compactar materiais com uma placa de compactação, para trabalhos de demolição por gancho ou esfera e para manuseio de materiais com equipamento e acessório especiais.
- c) conduzir equipamento de carregamento montado na dianteira e equipamento de retroescavação montado na traseira (normalmente com estabilizadores).
- d) transportar e descarregar ou espalhar material aonde o carregamento é realizado por meios externos.
- e) cortar, carregar, transportar, descarregar e espalhar materiais pelo movimento avante da máquina.

Em uma definição simplificada, a retroescavadeira é um trator sobre rodas implementado com uma lança com concha do tipo "shovel" em um lado e uma concha carregadeira do outro. É bastante utilizada em construções urbanas e rurais em operações como abertura de valas.



Vejamos as alternativas:

- a) O equipamento que realiza essa operação é a valetedeira. É um equipamento relativamente novo, capaz de realizar a escavação, elevação e descarregamento, abrindo valas na largura e profundidade exata do projeto. Uma das suas vantagens em relação às escavadeiras é a maior produtividade.



- b) A retroescavadeira não é utilizada para esta finalidade.
- c) Essa é uma característica da retroescavadeira, como vimos anteriormente.
- d) Os equipamentos que realizam essa função são os transportadores, como os caminhões basculantes comum e fora de estrada.
- e) Essa é uma característica dos escavotransportadores, como o scraper rebocado e o moto-scraper.

**GABARITO: C**

**7. (FCC/2015/DPE-RR/ENGENHEIRO CIVIL)** Se em um projeto de terraplenagem, a porcentagem de empolamento adotada for 60%, a relação entre o volume de material no corte pelo volume de material solto é

- a) 0,375.
- b) 1,625.
- c) 0,714.
- d) 0,625.
- e) 1,714.

Dizer que a porcentagem de empolamento é de 60% é o mesmo que dizer que para cada 1 m<sup>3</sup> de material no corte, ter-se-á 1,60 m<sup>3</sup> de material solto para ser transportado. Dito isto, a relação entre o volume no corte e o de material solto é:

$$\frac{1 \text{ m}^3}{1,60 \text{ m}^3} = 0,625$$

**GABARITO: D**

**8. (FCC/2015/DPE-SP/ENGENHEIRO CIVIL)** Em terraplenagem, a definição dos equipamentos a serem utilizados depende dos materiais que se pretende movimentar. Os materiais denominados de 1ª categoria consistem em

- a) rochas fragmentadas cuja extração depende de ripper.
- b) solos e todos os materiais que podem ser escavados por tratores escavo-transportadores de pneus.
- c) solos cuja extração depende de escarificador.
- d) materiais que dependem de desmonte prévio com escarificador e emprego descontínuo de explosivos de baixa potência.
- e) rochas sãs, incluindo os matacões maciços.

A questão aborda a classificação dos materiais para fins de terraplenagem. Neste sentido, o DNIT os classifica da seguinte forma:

**1a Categoria:** terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, compatíveis com a utilização de "dozer", "scrapper", rebocado ou motorizado.

**2a Categoria:** rocha com resistência a penetração mecânica inferior à do granito, blocos de pedra de volume inferior a 1,0 m<sup>3</sup>, matacões e pedras de diâmetro médio superior a 15 cm, cuja extração se processa com emprego de explosivos ou uso combinado de explosivos, máquinas de terraplenagem e ferramentas manuais comuns.

**3a Categoria:** rocha com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha de volume igual ou superior a 1,0m<sup>3</sup>, cuja extração e redução, para tornar possível o carregamento, se processam com o emprego contínuo de explosivo.



Essa classificação é importante porque quanto mais resistente à escavação for o material, maior a quantidade de horas de equipamentos e maior o custo de escavação.

Portanto, analisando as assertivas, conclui-se que as alternativas 'a', 'c' e 'd' tratam de materiais de 2ª categoria, pois necessitam do emprego de escarificador (ou ripper) e/ou explosivos para a escavação. Já a alternativa 'e' apresenta um material de 3ª categoria, escavado, geralmente, com uso de explosivos. Por fim, a alternativa 'b' apresenta um material de 1ª categoria, cuja escavação pode ser realizada com tratores de pneus. Assim sendo, o gabarito é a alternativa 'b'.

### **GABARITO: B**

**9. (FCC/2013/DPE-SP/ENGENHEIRO CIVIL)** O processo de movimentação de terra, conhecido como terraplenagem, é constituído por algumas operações básicas que ocorrem em sequência ou de forma simultânea. NÃO é fase integrante da movimentação de terra a

- a) escavação.
- b) limpeza do terreno.
- c) carga do material escavado.
- d) remoção com transporte.
- e) descarga com espalhamento.

As quatro operações básicas de terraplenagem são:

- i. escavação;
- ii. carga do material escavado;
- iii. transporte;
- iv. descarga e espalhamento.

Logo, a limpeza do terreno não faz parte das operações básicas de terraplenagem. Ela é uma atividade preliminar que antecede o processo de escavação.

### **GABARITO: B**

**10. (FCC/2013/ALERN/ANALISTA LEGISLATIVO)** Nas investigações geotécnicas para a elaboração de um projeto de implantação de uma edificação, foi identificada a ocorrência de material de 3ª categoria. Nesta região, será executado, segundo projeto de terraplenagem, um corte acarretando necessidade de remoção de material. Esta remoção deverá ser executada, preferencialmente, com o uso de

- a) retroescavadeira.
- b) escarificador ou ripper.
- c) trator esteira.
- d) explosivos.
- e) scraper rebocado.

Analisando cada assertiva:



- a) retroescavadeira: geralmente é empregada na escavação de material de 1ª e de 2ª categorias, em que a remoção é mais fácil.
- b) escarificador ou ripper: É utilizado principalmente na escavação de materiais de 2ª categoria, compostos de rochas em avançado estado de decomposição.
- c) trator esteira: assim como a retroescavadeira, é mais empregado na escavação de materiais de 1ª e 2ª categorias.
- d) explosivos: a remoção de materiais de 3ª categoria se dá com emprego contínuo de explosivos, logo é esta a alternativa correta.
- e) scraper rebocado: é mais um equipamento utilizado na escavação de material de 1ª e 2ª categorias.

Note que não significa dizer que cada equipamento somente é utilizado na escavação de um tipo específico de material, mas eles podem ser utilizados em conjunto. Por exemplo, na escavação de material de 2ª categoria pode ser utilizado o escarificador em conjunto com explosivos. Mas no caso de materiais de 3ª categoria, certamente haverá o uso contínuo de explosivos, por isso a alternativa 'd' é o gabarito.

#### **GABARITO: D**

**11. (FCC/2013/CEF/ENGENHEIRO CIVIL)** Quando da execução de aterros compactados, deve-se levar em consideração a diversidade de equipamentos disponíveis e, principalmente, o tipo de solo a ser trabalhado. Assim, a cada tipo de solo deve corresponder um equipamento adequado e eficiente. Para a compactação de um solo argiloso, a especificação mais adequada de equipamento é o rolo

- a) liso estático.
- b) liso vibratório.
- c) pé de carneiro estático.
- d) de grade.
- e) de placas.

Vamos ver o que o manual de implantação básica do DNIT diz sobre cada tipo de rolo:

- a) Os rolos lisos estáticos são de pouca aplicação em terraplenagem. O efeito de compactação é dado de cima para baixo, provocando, em certos casos, o aparecimento de uma camada superficial compactada deixando a parte mais profunda parcialmente solta. Quando utilizados, são recomendados para materiais granulares.
- b) Segundo o DNIT, é um rolo de alta eficiência na compactação de todo tipo de solo. Contudo, são mais recomendados para materiais arenosos e pedregulhos.
- c) Os rolos pé de carneiro são mais eficientes em solos argilosos e siltosos, em que é necessário aplicar altas pressões para vencer a coesão do solo.
- d) Rolos de grade são indicados para materiais granulares ou em blocos.
- e) Compactadores em placas são eficientes em materiais granulares.

Dessa forma, para materiais argilosos, o mais indicado é o rolo pé de carneiro estático.

#### **GABARITO: C4**



## ORIENTAÇÕES DE ESTUDO (CHECKLIST)

Nesta seção apresentamos um direcionamento dos principais pontos cobrados pela banca nas últimas provas e que o candidato deve ter uma maior atenção durante a sua preparação.

- 1) Saber a classificação dos materiais para fins de terraplenagem em função das suas propriedades físicas e dificuldade de escavação.
- 2) Saber quais são as operações básicas de terraplenagem.
- 3) Distinguir os conceitos relacionados à variação volumétrica do solo: fator de empolamento, fator de contração, fator de homogeneização e fator de redução.
- 4) Classificar os processos de compactação do solo e os tipos de rolos mais indicados para cada solo.
- 5) Distinção e aplicação dos principais equipamentos de terraplenagem: unidades de tração, escavoempurradoras, escavotransportadoras, escavocarregadoras, unidades de transporte e aplainadoras.
- 6) Revisar as especificações de serviços para: serviços preliminares, cortes, empréstimos e aterros.
- 7) Saber os ensaios realizados no controle de execução dos aterros.
- 8) Ensaio de compactação: particularidades do ensaio e características das curvas de compactação.

## PONTOS A DESTACAR

### #PONTO 1: Classificação dos materiais para fins de terraplenagem

Para fins de terraplenagem, costuma-se classificar os materiais superficiais em função da sua maior ou menor facilidade de ser escavado. Partindo deste princípio, os materiais podem ser classificados em três categorias básicas:

- a) 1ª Categoria: terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, compatíveis com a utilização de "dozer", "scraper", rebocado ou motorizado.
- b) 2ª Categoria: rocha com resistência a penetração mecânica inferior à do granito, blocos de pedra de volume inferior a 1,0m<sup>3</sup>, matacões e pedra de diâmetro médio superior a 15 cm, cuja extração se processa com emprego de explosivos ou uso combinado de explosivos, máquinas de terraplenagem e ferramentas manuais comuns.



c) 3ª Categoria: rocha com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha de volume igual ou superior a  $1,0m^3$ , cuja extração e redução, para tornar possível o carregamento se processam com o emprego contínuo de explosivo.

A necessidade de se classificar os materiais de escavação nas citadas categorias provém do simples fato de que os mais resistentes, oferecendo maior dificuldade ao desmonte, demandam emprego de um número maior de horas de equipamento ou obrigam ao seu uso de modo mais intensivo, gerando, obviamente, maiores custos de escavação.

O quadro a seguir sintetiza as principais informações da classificação dos materiais para fins de terraplenagem.

## Classificação dos materiais para fins de terraplenagem

1ª categoria

- Terra em geral
- Rocha em adiantado estado de decomposição
- $\phi \leq 15 \text{ cm}$



2ª categoria

- Rocha com resist. penet. < granito
- Blocos pedra <  $1m^3$
- Matacões e pedras com  $\phi > 15 \text{ cm}$
- Escarificador e/ou explosivo + máquina + ferramentas manuais



3ª categoria

- Rocha com resist. penet. > granito
- Blocos pedra  $\geq 1m^3$
- Uso contínuo de explosivos



Prof. Douglas Oliveira



## #PONTO 2: Operações básicas de terraplenagem

Independentemente do tipo de terraplenagem adotada, as atividades envolvem quatro operações básicas:

- 1) escavação;
- 2) carga do material escavado;



- 3) transporte;
- 4) descarga e espalhamento.

Essas quatro etapas podem ser feitas utilizando um ou mais equipamentos, dependendo do tipo de material a ser escavado e do volume movimentado.

### #PONTO 3: Conceitos relacionados à variação volumétrica do solo

Os conceitos relacionados à variação volumétrica do solo decorrem do fato de que o solo escavado sofre um rearranjo de forma que o seu volume passa a ser maior do que era no estado natural. Ao realizar a compactação do solo no aterro, esse volume é mais uma vez modificado, uma vez que a compactação diminui os vazios do solo.

Assim sendo, um material de solo possui um volume ( $V_{corte}$ ) em seu estado natural, um volume ( $V_{solto}$ ) após a escavação e, por fim, um volume ( $V_{comp}$ ) após a compactação no aterro, de forma que, geralmente:

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

Logo, o volume compactado tende a ser menor do que o volume cortado, e os dois são menores que o volume transportado. Contudo, isso não é uma regra. O volume no corte pode, excepcionalmente, ser menor que o volume compactado.

Já a massa de solo é a mesma para as três condições. Com isso, em termos de massa específica, a relação é o inverso da indicada para os volumes, ou seja:

$$\gamma_{solto} < \gamma_{corte} < \gamma_{comp}$$

É fácil notar isso ao perceber que o solo compactado possui menos vazios, logo sua massa específica é a maior.

Em função do aqui exposto, em projetos de terraplenagem existem alguns coeficientes que relacionam essas variações de volume:

- i. **Fator de empolamento** – relaciona o volume no corte com o volume solto

$$\text{Fator de empolamento} = \frac{V_{corte}}{V_{solto}}$$

- ii. **Fator de contração** – é a relação do volume compactado com o volume no corte

$$\text{Fator de contração} = \frac{V_{comp}}{V_{corte}}$$



- iii. **Fator de homogeneização** – é a relação do volume no corte com o volume compactado, ou seja, é o inverso do fator de contração

$$\text{Fator de homogeneização} = \frac{V_{\text{corte}}}{V_{\text{comp}}} = \frac{1}{\text{Fator de contração}}$$

- iv. **Fator de redução** – é a relação do volume compactado com o volume solto

$$\text{Fator de redução} = \frac{V_{\text{comp}}}{V_{\text{solto}}}$$

Aqui cabe uma observação importante: Vimos o conceito de fator de empolamento, mas e quando a banca diz apenas empolamento???

Nesse caso, ela vai dar um número maior que 1 que significa o percentual de aumento do solo ao ser escavado, ou seja, o quanto por cento o volume do solo "incha" ao ser escavado. Imagine a seguinte situação: Pretende-se escavar 100 m<sup>3</sup> de solo com fator de empolamento 0,7, qual é o volume a ser transportado?

$$V_{\text{solto}} = \frac{V_{\text{corte}}}{\text{Fator de empolamento}} = \frac{100}{0,7} = 142,86 \text{ m}^3$$

Ou seja, o volume de solo a ser transportado é 42,86% maior que o volume escavado, logo o empolamento é de 1,4286. Matematicamente o empolamento é o inverso do fator de empolamento.

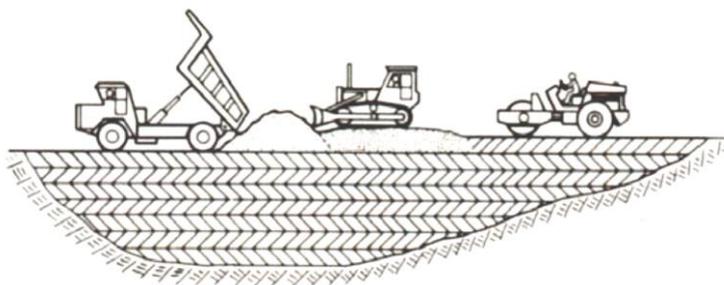
$$\text{empolamento} = \frac{1}{\text{Fator de empolamento}}$$

#### #PONTO 4: Processos de compactação e tipos de rolos

A compactação é o procedimento que visa aumentar a compacidade de um solo através da redução de vazios por meio de esforços externos gerados por via mecânica. Em outras palavras, é a densificação do solo pela remoção de ar dos vazios, utilizando equipamentos mecânicos.

A técnica de compactação utilizada no campo consiste no lançamento de material de empréstimo e na passagem de equipamentos que transmitam energia ao solo.





*Operação de compactação*

Como vantagem da compactação dos solos, podemos citar:

- aumento da resistência do solo;
- aumento da capacidade de carga;
- redução potencial para recalques;
- controle de mudanças de volumes causados por expansão, contração ou congelamento do solo;
- redução da permeabilidade do solo.

No processo de compactação, além do equipamento mecânico que fornecerá a energia, deve-se utilizar água como lubrificante das partículas de solo. No caso de solos coesivos a função da água é envolver as partículas mais finas do solo, dotando-as de coesão. Qualquer acréscimo superior ao necessário faz com que as partículas se separem. Já nos solos não coesivos (areias) a função da água é lubrificar, facilitando o entrosamento entre as partículas. Desta forma, nota-se que em ambos os casos existe um teor de umidade ótimo para realizar a compactação do solo.

Cada tipo de solo possui um processo de transmissão de energia que é mais eficiente na execução da compactação. Basicamente, existem quatro tipos de processos:

- Por compressão** – é aplicada uma força vertical constante que provoca o deslocamento vertical do solo.
- Por amassamento** – aplicação simultânea de forças verticais e horizontais provenientes do equipamento utilizado. É o mais indicado para solos coesivos.
- Por vibração** – a aplicação das forças verticais se dá com uma frequência de repetição. É adequado para solos arenosos.
- Por impacto** – consiste na aplicação de forças verticais com repetição.
- Misto** – quando ocorre a combinação de dois processos num mesmo movimento.

Os principais equipamentos empregados na compactação de solos em obras rodoviárias são os rolos compactadores. A seguir apresentaremos algumas características dos principais tipos.

- a) Rolos pé de carneiro:** Consiste de um tambor oco no qual se inserem saliências de comprimentos de 20 a 25cm, denominadas "patas", e que ficam em fileiras desencontradas. As patas penetram na camada solta do solo, executando a compactação do fundo para o topo. Este tipo de rolo é **indicado para solos coesivos, como argilas e siltes**, apresentando pouco eficiência para solos não coesivos (areias). O mecanismo de compactação dos rolos pé de carneiro é o amassamento.



*Rolo pé de carneiro*

- b) Rolos de pneus:** são constituídos por uma plataforma metálica apoiada em dois eixos com pneus. O número de pneus em cada eixo é variável, com um mínimo de três, até seis ou mais, distribuídos de forma desalinhada, de forma a permitir o contato permanente das rodas com o terreno, ainda que haja irregularidades.

A compactação do solo vai depender da pressão de contato entre os pneus e o terreno. De modo geral, quanto maior for a pressão dos pneus, maior facilidade haverá na obtenção de densidades elevadas. Todavia, há uma limitação imposta pela própria resistência oferecida pela camada de solo à ação das cargas, pois haverá o risco de ruptura, desde que pressões de contato muito elevadas sejam utilizadas.

Portanto, os rolos pneumáticos são mais indicados para compactação de camadas do pavimento que requerem maior energia de compactação, tais como as camadas de base de pavimentos.

É o tipo de rolo mais versátil, podendo ser utilizado na maioria dos solos (misturas de areia, silte e argila), com **boa eficiência em solos de granulação fina arenosa** (misturas de areia com silte ou argila). Assim como o pé de carneiro, o mecanismo de compactação dos rolos de pneus é o amassamento.



*Rolo de pneus*

**c) Rolos lisos vibratórios:** Nos **solos não-coesivos**, isto é, que disponham de baixa percentagem de argila (**solos arenosos**), os rolos pé-de-carneiro mostram-se totalmente inadequados para efetuar a compactação, pois apenas conseguem revolver o terreno, sem nenhuma compactação. Para esse tipo de solo, os rolos vibratórios têm se mostrado mais eficiente. Consistem no acionamento de uma massa móvel colocada com excentricidade em relação a um eixo, provocando vibrações de certa frequência e amplitude, que se propaga pelo tambor até o terreno.



*Rolo liso vibratório.*

## #PONTO 5: Equipamentos de Terraplenagem

Nas operações básicas de terraplenagem são utilizados outros equipamentos além dos rolos compactadores vistos no item anterior. Vejamos as particularidades destes outros equipamentos.

### **1) Unidades de tração (tratores)**

A unidade de tração ou trator é a máquina básica da terraplenagem, pois todos os equipamentos a disposição para executar a terraplenagem são tratores devidamente modificados ou adaptados a realizar as operações básicas da terraplenagem. Os tratores podem ser montados sobre esteiras ou pneus. Além disso, os tratores possuem certas características comuns que devem ser definidas:



- **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 pneus) para executar as funções de rebocar ou de empurrar outros equipamentos ou implementos;
- **velocidade:** é a velocidade de deslocamento da máquina que depende, sobretudo, do dispositivo de montagem, sobre esteiras ou sobre rodas;
- **aderência:** é a maior ou menor capacidade do trator deslocar-se sobre os diversos terrenos ou superfícies revestidas, sem haver o patinamento da esteira (ou pneus) sobre o solo (ou revestimento) que o suporta;
- **flutuação:** é a característica que permite ao trator deslocar-se sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, sem o afundamento excessivo da esteira, ou dos pneus, na superfície que o suporta;
- **Balanceamento:** é a qualidade que deve possuir o trator, proveniente de uma boa distribuição de massa e de um centro de gravidade a pequena altura do chão, dando-lhe boas condições de equilíbrio, sob as mais variadas condições de trabalho.

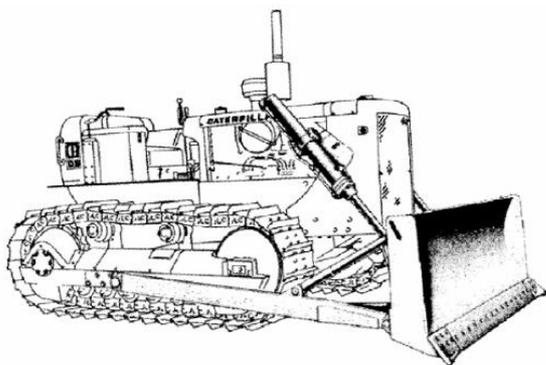
A escolha entre um trator de rodas ou de esteiras dependerá de vários fatores associados às características da obra, tais como: categoria dos materiais a ser escavados; rampas; capacidade de suporte do solo; tempo de execução; condições climáticas; etc.

Por exemplo, em solos de baixa capacidade de suporte o trator de esteira é mais indicado, visto que as tensões transmitidas ao terreno serão menores. Em contrapartida, os tratores de rodas desenvolvem maior velocidade, reduzindo o tempo de ciclo e aumentando a capacidade de produção.

## **2) Unidades escavoempurradoras**

As unidades escavoempurradoras consiste em um trator com a adaptação de um implemento que o transforma numa unidade capaz de escavar e empurrar o solo. Este implemento é denominado lâmina e o equipamento passa a chamar-se trator de lâmina ou "bulldozer".





*Trator com lâmina*

### **3) Unidades escavotransportadoras**

As unidades escavotransportadoras são as que escavam, carregam e transportam materiais de consistência (normalmente materiais de 1ª categoria) média a distâncias médias. São representadas por dois tipos básicos: "scraper rebocado" e "scraper automotriz" ou "moto-scraper".

- **Scraper rebocado:**

É uma caçamba montada sobre dois eixos com pneus, normalmente tracionados por trator de esteiras. As operações por ele executadas são:

- escavação;
- carga;
- transporte;
- descarga.

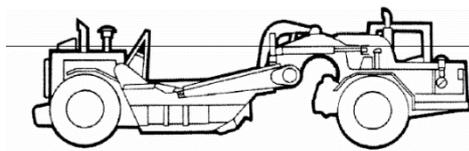


*Scraper rebocado por trator de esteiras.*

A escavação é feita através de uma lâmina de corte que entra em contato com o terreno pelo abaixamento da caçamba do "scraper". O material escavado é empurrado para interior da caçamba do "scraper", que, uma vez preenchida inicia-se a fase de transporte até o ponto de descarga do material.

- **Moto-scaper:**

É um scraper com um único eixo que se apoia sobre um rebocador de um ou mais eixos, através do pescoço. Este tipo de composição permite grande flexibilidade à unidade transportadora. A razão dessa montagem reside no ganho de aderência que as rodas motrizes do trator passam a ter, em consequência do aumento de peso que incide sobre elas (peso aderente).



As operações realizadas são as mesmas dos "scraper" rebocados por tratores, porém podendo executar as operações com mais independência e eficiência, dada a melhoria da aderência e esforço de tração.

Para solos de maior resistência, muitas vezes se faz necessário o emprego de um trator empurrador "pusher", para facilitar a operação de enchimento da caçamba. Para solos de pouca compactidade, esse equipamento consegue a carga em tempo razoável, sem o auxílio do "pusher".

#### **4) Unidades escavocarregadoras**

As unidades escavocarregadoras são as que escavam e carregam o material sobre um outro equipamento que o transporta até o local da descarga. As máquinas assim denominadas são representadas pelas carregadeiras e escavadeiras que, embora de construção bastante diversa, executam as mesmas operações de escavação e carga.

- **Carregadeiras:**

As carregadeiras são também denominadas "pás-carregadeiras" e podem ser montadas sobre esteiras ou rodas com pneus. Na terraplenagem, normalmente, utilizam-se as carregadeiras com caçamba frontal, isto é, instaladas na parte dianteira da unidade.



(a) Carregadeira de Esteiras



(b) Carregadeira de pneus

As operações, normalmente destinadas às pás-carregadeiras, envolvem a escavação (corte) e enchimento da caçamba, e descarga do material na unidade transportadora. Quando o volume de material a ser transportado for pequeno e destinado a curtas distâncias, esta mesma unidade pode executar as três primeiras operações básicas, ou seja, escavação, carga e transporte.

- **Escavadeiras:**

As escavadeiras são máquinas que tem como principal finalidade a escavação e, também, a carga para unidade transportadora. Existem vários tipos de escavadeiras, em função do tipo de lança, a destacar:

- Escavadeira de lança com pá frontal ou “Shovel”



- Escavadeira de lança com caçamba de arrasto ou “drag-line”



- Escavadeira de lança com caçamba de mandíbulas ou “clam-shell”



- Escavadeira de lança retroescavadeira



## **5) Unidades aplainadoras**

As unidades aplainadoras são especialmente indicadas ao acabamento da terraplenagem, isto é, às operações para conformar o terreno aos greides finais do projeto. Como principais características estes equipamentos apresentam grande mobilidade da lâmina de corte e precisão de movimentos, o que possibilita seu posicionamento nas situações mais diversas.

São constituídas, basicamente, de uma unidade de tração, normalmente por rodas de pneus, e uma lâmina intermediária (lâmina de corte) que pode variar de ângulo, ajustando-se à geometria prevista. O equipamento que desenvolve essa função é denominado de motoniveladora.



## **6) Unidades de transporte**

As unidades transportadoras são utilizadas na terraplenagem quando as distâncias são de tal grandeza que o emprego de "motoscaper" ou "scaper" rebocado se torna antieconômico. Nessas circunstâncias deve-se lançar mão de meios mais rápidos, de baixo custo e que tenham maior produção, ainda que com emprego de número elevado de unidades. São unidades de transporte:

- Caminhão basculante comum - A bascula (caçamba) é adaptada sobre um chasis de caminhão convencional.



- Vagões - São unidades de porte com grande capacidade, geralmente rebocados por tratores de pneus. Executam apenas as operações de transporte e descarga, sendo carregados por unidades escavocarregadoras.

- Caminhões "fora-de-estrada" - São veículos constituídos e dimensionados para os serviços pesados de construção. Por esse motivo são de grande tonelagem e com dimensões que fogem ao normal. Usualmente empregados no transporte de pedras.



## #PONTO 6: Especificações de Serviços

As especificações de serviços relacionados à execução da terraplenagem pode ser dividida em quatro tipos: serviços preliminares; cortes; empréstimos e aterros.

### a) Serviços Preliminares

Consiste em todas as operações de preparação das áreas destinadas à implantação da rodovia e das áreas de ocorrência de material, pela remoção de material vegetal e outros. Algumas condicionantes devem ser observadas em relação ao desmatamento:

- O desmatamento deve ser realizado dentro dos limites de offset da plataforma da rodovia, acrescido de uma faixa adicional mínima de operação.
- Nas áreas destinadas a cortes, a camada de 60 cm abaixo do greide de projeto deve ficar totalmente isenta de tocos e raízes.
- Nas áreas destinadas a aterros, de altura inferior a 2,00 m, a camada superficial do terreno natural contendo raízes e restos vegetais deve ser totalmente removida.
- Nas áreas destinadas a aterros, de altura superior a 2,00 m, o desmatamento deve ser executado de modo que o corte das árvores fique, no máximo, nivelado ao terreno natural, não havendo necessidade de destocamento.
- Para vegetação de porte reduzido, com diâmetro médio inferior a 15 cm (medido a uma altura de 1,00 m do solo), o desmatamento poderá ser realizado, exclusivamente, com tratores de esteiras. A medição desses serviços é feita de acordo com a área desmatada.
- No caso da vegetação de maior porte, de diâmetro maior que 15 cm (medido a uma altura de 1,00 m) o processo demanda o uso adicional de motosserras, e posterior destocamento. A medição é feita por unidade de árvore destocada.
- Em terrenos inclinados, o trator deve trabalhar sempre de cima para baixo.

### b) Cortes

Algumas observações importantes a cerca da execução dos cortes são:

- Em cortes de altura elevada, deve ser procedida a implantação de banquetas, de largura mínima de 3 m, além de valetas revestidas e proteção vegetal.
- Se verificada a ocorrência de rocha sã ou em decomposição, deve-se promover o rebaixamento do greide, da ordem de 40 cm, e o preenchimento desse rebaixo com material inerte.



- Se verificada a ocorrência de solos de expansão maior que 2% e baixa capacidade de suporte, deve-se promover sua remoção, com rebaixamento de 60 cm.
- Não deve ser permitida a presença de blocos de rocha nos taludes que possam colocar em risco a segurança do trânsito.
- Desde que atendido o projeto, e técnica e economicamente viável, os volumes de solos que resultariam em bota-foras podem ser integrados aos aterros, constituindo alargamentos da plataforma.
- O controle geométrico da execução dos serviços deve ser feito, admitindo-se as seguintes tolerâncias:
  - Variação de altura máxima, para eixo e bordas:
    - Cortes em solo:  $\pm 5$  cm
    - Cortes em rocha:  $\pm 10$  cm
  - Variação máxima de largura de + 20 cm para cada semiplataforma, não se admitindo variação negativa.
- A medição dos serviços deve levar em consideração o volume de material extraído e a respectiva dificuldade de extração, medido e avaliado no corte e a distância de transporte percorrida, entre o corte e o local de deposição.

### c) Empréstimos

Os materiais de empréstimos devem ser constituídos, preferencialmente, de materiais de 1ª e 2ª categorias e atender a alguns requisitos:

- Para os cortes em tangente:
  - No caso de pequenas alturas, deve ser alargado em toda a altura, para melhorar as condições de drenagem e de visibilidade;
  - Para os de grande altura, o corte deve ser alargado criando-se banquetas e melhorando a estabilidade dos taludes.
- Para segmentos em curva:
  - O corte deve ser feito do lado interno, em toda a altura ou não, melhorando as condições de visibilidade.
- Para a execução do corpo do aterro, apresentar  $\text{CBR} \geq 2\%$  (Proctor Normal), e expansão menor ou igual a 4%.
- Para a camada final, devem possuir o melhor CBR possível, além de expansão menor ou igual a 2%.



- Nos empréstimos em alargamento de corte, na faixa entre a borda externa das caixas de empréstimos e o limite da faixa de domínio deve ser mantida sem exploração uma largura de 3,00 m, para permitir a implantação da valeta de proteção e da cerca delimitadora.
- Em caixas de empréstimos laterais, no caso de aterros construídos em greide elevado, as bordas internas das caixas de empréstimos devem localizar-se à distância mínima de 5,00 m do pé do aterro, bem como executadas com declividade longitudinal, permitindo a drenagem das águas pluviais. Além disso, nesse caso deve-se manter sem exploração uma faixa de 2,00 m entre a borda externa das caixas de empréstimos e o limite da faixa de domínio.

#### d) Aterros

Na execução dos aterros, as principais especificações na execução dos serviços são:

- As áreas devem estar devidamente desmatadas.
- As obras de arte correntes devem estar construídas.
- As marcações topográficas devem ser checadas após o desmatamento.
- As fontes ou tomadas d'água devem estar em condições de abastecer as operações de compactação.
- Os caminhos de serviço devem estar concluídos.
- Os materiais devem atender às seguintes condições:
  - Ser isentos de matérias orgânicas, micáceas e diatomáceas. Não devem ser constituídos de turfas ou argilas orgânicas.
  - No corpo do aterro, deve apresentar  $\text{CBR} \geq 2\%$  (Proctor Normal) e expansão menor ou igual a 4%.
  - Para a camada final, devem possuir o melhor CBR possível, além de expansão menor ou igual a 2%.
  - Em regiões em que houver a ocorrência de materiais rochosos e na falta de materiais de 1ª e 2ª categoria, admite-se o emprego de materiais de 3ª categoria (rochas), desde que devidamente especificado no projeto de engenharia.
- A execução do aterro deve seguir a seguinte sequência: descarga, espalhamento em camadas, homogeneização, conveniente umedecimento ou aeração, compactação dos materiais selecionados para a construção do corpo do aterro e camadas finais, e eventualmente a substituição de eventuais materiais com qualidade inferior.



- O lançamento do material para a construção do aterro deve ser feito em camadas sucessivas em toda a largura da seção transversal.
- Para o corpo do aterro, a espessura de cada camada compactada não deve ultrapassar 30 cm. Para as camadas finas, essa espessura não deve ultrapassar 20 cm.
- Em relação à compactação, o aterro deve atender as seguintes recomendações:
  - Para o corpo do aterro, na umidade ótima  $\pm 3\%$ , a compactação deve ocorrer até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 100% da massa específica aparente máxima seca pela energia de Proctor Normal;
  - Para as camadas finais, a massa específica aparente seca deve corresponder a 100% da massa específica aparente máxima seca pela energia Proctor Modificado;
  - Os trechos que não atingirem as condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com o projeto.
- No alargamento de aterros a execução deve ser procedida de baixo para cima, acompanhada de degraus nos taludes. Desde que justificado em projeto, o aterro poderá também ser executado por meio de arrasamento parcial do aterro existente.
- Sempre que possível, a execução dos aterros deve preceder a das obras de arte projetadas.

## #PONTO 7: Controle da execução de Aterros

O atendimento às características físicas e mecânicas dos aterros compactados deve ser verificado através dos seguintes procedimentos:



	Corpo do Aterro	Camada final (60 cm)
Ensaio de compactação	1 Proctor <b>Normal</b> para cada <b>1000 m<sup>3</sup></b>	1 Proctor <b>Intermediário</b> para cada <b>200 m<sup>3</sup></b>
Granulometria	1 ensaio para todo grupo de <b>10</b> amostras submetidas ao ensaio de compactação	1 ensaio para todo grupo de <b>4</b> amostras submetidas ao ensaio de compactação
Limite de Liquidez e Limite de Pasticidade	1 ensaio para todo grupo de <b>10</b> amostras submetidas ao ensaio de compactação	1 ensaio para todo grupo de <b>4</b> amostras submetidas ao ensaio de compactação
CBR	-	1 ensaio para todo grupo de <b>4</b> amostras submetidas ao ensaio de compactação
Massa específica aparente seca in situ	5 ensaios a cada <b>1200 m<sup>3</sup></b> em locais aleatórios	5 ensaios a cada <b>800 m<sup>3</sup></b> em locais aleatórios

- O **grau de compactação** deve ser de, **no mínimo, 100%** tanto para o corpo do aterro quanto para as camadas finais.

Em relação ao controle geométrico, deve-se observar o seguinte:

- Variação de altura máxima, para eixo e bordas:  $\pm 4$  cm;
- Variação máxima de largura de + 30 cm para a plataforma, não se admitindo variação negativa.

A medição dos aterros é realizada com base no volume compactado.

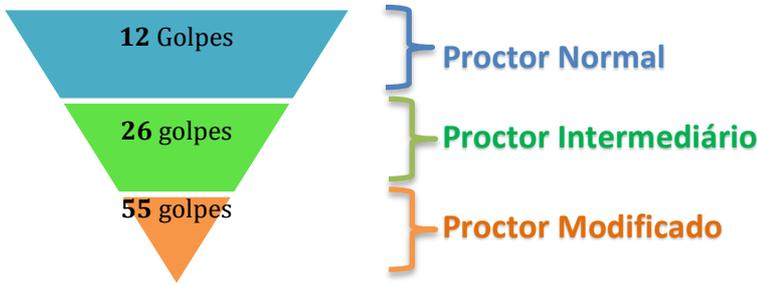
## #PONTO 8: Ensaio de Compactação

O Ensaio Proctor busca estabelecer a correlação entre o peso específico seco do solo e o teor de umidade para uma dada energia de compactação e, com isso, traçar a curva de compactação do solo.

A execução do ensaio consiste na compactação de 5 camadas de solo, com 12, 26 ou 55 golpes em cada camada, utilizando um soquete de 4,5 kg caindo de 45,7 cm de altura.

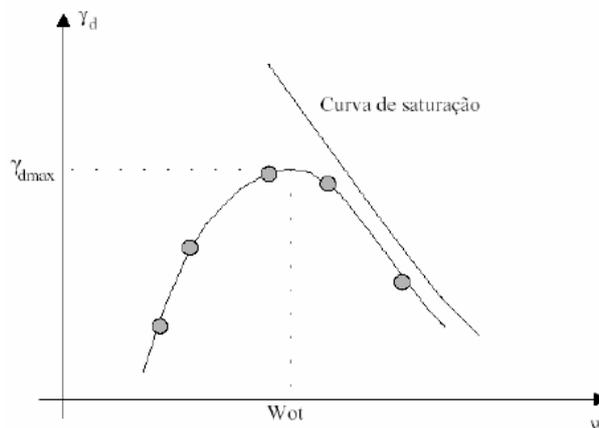
A energia de compactação é classificada em função do número de golpes por camada da seguinte forma:





Quanto maior o número de golpes, maior é a energia de compactação e menor é o volume do material compactado. Logo, maior será a massa específica seca.

O ensaio é realizado para diversos teores de umidade, sendo verificada a respectiva massa específica de cada uma delas. Com isso, plota-se um gráfico com os teores de umidade no eixo horizontal e a massa específica seca no eixo vertical, que é a chamada curva de compactação.

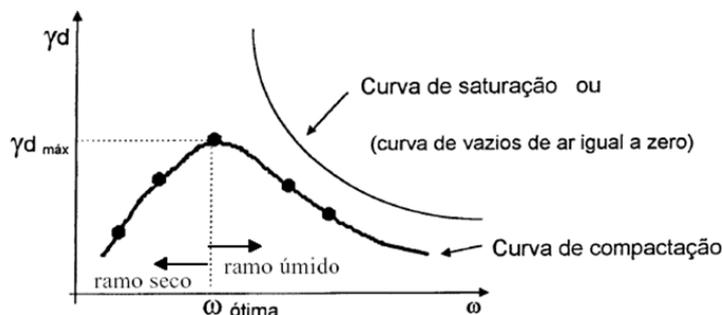


O resultado observado é que existe um teor de umidade em que a massa específica é máxima. Esse teor de umidade é chamado de umidade ótima ( $w_{ot}$ ) e é a umidade ideal para as operações de compactação no campo.

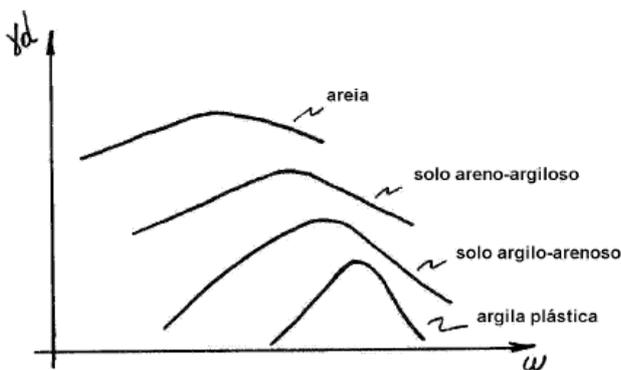
Como existe um teor de umidade em que a massa específica é máxima, significa que para teores de umidade diferentes (maiores ou menores) ter-se-á massas específicas menores. Dessa forma, existem duas situações possíveis:

- Teor de umidade menor que a umidade ótima – é chamado de RAMO SECO. Nesta região o atrito entre as partículas é alto, dificultando a compactação. A adição de água ajuda na lubrificação entre as partículas, aumentando a compactação enquanto a saída de ar é facilitada (próximo a  $w_{ot}$ ).
- Teor de umidade maior que a umidade ótima – é chamado de RAMO ÚMIDO. Nesta região a compactação não consegue mais expulsar o ar dos vazios, de forma que a maior quantidade de água resulta em redução da massa específica.





Por fim, é importante saber que cada tipo de solo possui curvas de compactação distintas. Em geral, as areias apresentam massas específicas maiores para teores de umidade menores, se comparado com os solos argilosos. Esse fato é representado na figura abaixo.



## QUESTIONÁRIO DE REVISÃO

A seguir, apresentamos um questionário por meio do qual é possível realizar uma revisão dos principais pontos da matéria.

É possível utilizar o questionário de revisão de diversas maneiras. O leitor pode, por exemplo:

1. ler cada pergunta e realizar uma autoexplicação mental da resposta;
2. ler as perguntas e respostas em sequência, para realizar uma revisão mais rápida;
3. eleger algumas perguntas para respondê-las de maneira discursiva.

\*\*\*Questionário - somente perguntas\*\*\*

- 1) Quais são as operações básicas e os equipamentos utilizados na terraplenagem?**
- 2) Quais são os processos de compactação dos solos e como ela é realizada no campo?**



- 3) Qual é a diferença entre fator de empolamento e fator de contração?
- 4) Em qual situação é possível deixar de fazer o destocamento de árvores no desmatamento de uma área que será aterrada?
- 5) Qual é a diferença entre ensaios de Proctor Normal, Intermediário e Modificado?
- 6) Quantos ensaios de compactação devem ser realizados no corpo de um aterro e na sua camada final?

\*\*\*Questionário: perguntas com respostas\*\*\*

**1) Quais são as operações básicas e os equipamentos utilizados na terraplenagem?**

As quatro operações básicas da terraplenagem são:

- i. escavação;
- ii. carga do material escavado;
- iii. transporte;
- iv. descarga e espalhamento.

Alguns autores incluem ainda a compactação como uma operação básica. Para a realização destas atividades, são utilizados diversos equipamentos, individualmente ou em conjunto. Os principais tipos são:

- Unidades de tração: trator de rodas ou de esteiras;
- Unidades escavoempurradoras: trator de lâmina ou "bulldozer";
- Unidades escavotransportadoras: scraper rebocado e motoscraper;
- Unidades escavocarregadoras: carregadeiras e escavadeiras;
- Unidades aplainadoras: motoniveladora;
- Unidades de transporte: caminhão basculante comum; vagões; e caminhões fora-de-estrada.

**2) Quais são os processos de compactação dos solos e como ela é realizada no campo?**



A compactação é o processo de redução dos vazios do solo através da expulsão do ar presente nos interstícios da matriz. Essa expulsão ocorre através da aplicação de energia uma energia mecânica que promove a agregação e densificação do solo.

No processo de compactação, além do equipamento mecânico que fornecerá a energia, deve-se utilizar água como lubrificante das partículas de solo. No caso de solos coesivos a função da água é envolver as partículas mais finas do solo, dotando-as de coesão. Qualquer acréscimo superior ao necessário faz com que as partículas se separem. Já nos solos não coesivos (areias) a função da água é lubrificar, facilitando o entrosamento entre as partículas.

Cada tipo de solo possui um processo de transmissão de energia que é mais eficiente na execução da compactação. Basicamente existem quatro tipos de processos:

- i. **Por compressão** – é aplicada uma força vertical constante que provoca o deslocamento vertical do solo.
- ii. **Por amassamento** – aplicação simultânea de forças verticais e horizontais provenientes do equipamento utilizado. É o mais indicado para solos coesivos.
- iii. **Por vibração** – a aplicação das forças verticais se dá com uma frequência de repetição. É adequado para solos arenosos.
- iv. **Por impacto** – consiste na aplicação de forças verticais com repetição.
- v. **Misto** – quando ocorre a combinação de dois processos num mesmo movimento.

Em obras rodoviárias, a compactação geralmente ocorre com a utilização de rolos compactadores, os principais tipos são:

- a) **Rolos pé de carneiro**: Consiste de um tambor oco no qual se inserem saliências de comprimentos de 20 a 25cm, denominadas “patas”, e que ficam em fileiras desencontradas. As patas penetram na camada solta do solo, executando a compactação do fundo para o topo. Este tipo de rolo é **indicado para solos coesivos, como argilas e siltes**, apresentando pouca eficiência para solos não coesivos (areias). O mecanismo de compactação dos rolos pé de carneiro é o amassamento.
- b) **Rolos de pneus**: são constituídos por uma plataforma metálica apoiada em dois eixos com pneumáticos. O número de pneumáticos em cada eixo é variável, com um mínimo de três, até seis ou mais, distribuídos de forma desalinhada, de forma a permitir o contato permanente das rodas com o terreno, ainda que haja irregularidades. É o tipo de rolo mais versátil, podendo ser utilizado na maioria dos solos (misturas de areia, silte e argila), com **boa eficiência em solos de granulação fina arenosa** (misturas de areia com



silte ou argila). Assim como o pé de carneiro, o mecanismo de compactação dos rolos de pneus é o amassamento.

**c) Rolos lisos vibratórios:** Nos **solos não-coesivos**, isto é, que disponham de baixa percentagem de argila (**solos arenosos**), os rolos pé-de-carneiro mostram-se totalmente inadequados para efetuar a compactação, pois apenas conseguem revolver o terreno, sem nenhuma compactação. Para esse tipo de solo, os rolos vibratórios têm se mostrado mais eficiente. Consistem de no acionamento de uma massa móvel colocada com excentricidade em relação a um eixo, provocando vibrações de certa frequência e amplitude, que se propaga pelo tambor até o terreno.

### 3) Qual é a diferença entre fator de empolamento, fator de contração e fator de homogeneização?

Ao escavar uma massa de solo, essa sofre um aumento de volume devido à desagregação das partículas e aumento dos vazios. Esse fenômeno é chamado de empolamento. O fator de empolamento é a razão entre o volume no estado natural (ou volume no corte) e o volume no estado solto (volume a ser transportado).

$$\text{Fator de empolamento} = \frac{V_{\text{corte}}}{V_{\text{solto}}}$$

Por outro lado, ao compactar uma massa de solo, o volume compactado tende a ser diferente do volume no estado natural. Geralmente o volume compactado é menor, mas isso não é uma regra. A razão entre o volume compactado (volume no aterro) e o volume no estado natural (volume no corte) é chamado de fator de contração.

$$\text{Fator de contração} = \frac{V_{\text{comp}}}{V_{\text{corte}}}$$

Por fim, o inverso do fator de contração, ou seja, a razão entre o volume no estado natural e o volume compactado, é denominado de fator de homogeneização.

$$\text{Fator de homogeneização} = \frac{V_{\text{corte}}}{V_{\text{comp}}} = \frac{1}{\text{Fator de contração}}$$

### 4) Em qual situação é possível deixar de fazer o destocamento de árvores no desmatamento de uma área que será aterrada?

O desmatamento ocorre durante a execução dos serviços preliminares às operações de terraplenagem, na etapa de remoção da camada vegetal. Ele deve ser executado dentro dos limites de offset da rodovia, acrescido de uma faixa mínima de operação.



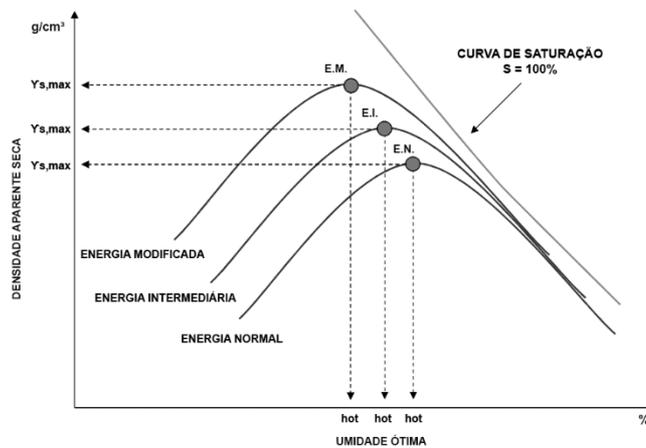
Nas áreas destinadas a aterros, é possível deixar de fazer o destocamento das árvores se a cota vermelha (altura do aterro) for maior que 2,00 m. Nestes casos, é possível apenas fazer o corte das árvores no nível do terreno natural.

### 5) Qual é a diferença entre ensaios de Proctor Normal, Intermediário e Modificado?

A principal diferença reside na energia de compactação aplicada ao solo. O ensaio de Proctor Normal aplica uma energia menor que o Intermediário, que, por sua vez, aplica uma energia menor que o Modificado. Em laboratório, essa energia é simulada pelo número de golpes do soquete utilizado na moldagem do corpo de prova, de forma que:

Energia	Nº de Golpes
Normal	12
Intermediário	26
Modificado	55

Como a energia aplicada é maior, o índice de vazios do solo submetido ao ensaio modificado será menor, logo o seu volume também. Assim, a amostra é mais densa, possuindo uma maior massa específica. A figura abaixo mostra esse fenômeno.



Note ainda que quanto menor a energia de compactação, maior é a umidade ótima para atingir a máxima massa específica em um mesmo tipo de solo.

### 6) Quantos ensaios de compactação devem ser realizados no corpo de um aterro e na sua camada final?

No corpo do aterro devem ser realizados um ensaio de Proctor Normal para cada 1000 m<sup>3</sup> de solo. Já nas camadas finais, devem ser realizados um ensaio de Proctor Intermediário para cada 200 m<sup>3</sup> de solo.



Em ambos o caso, o grau de compactação obtido deve ser de, no mínimo, 100%.

Pessoal, ficamos por aqui neste relatório. Qualquer dúvida é só chamar no fórum da área do aluno!

Abraços e bons estudos!

*Prof. Douglas Oliveira*



---

“Imagine uma nova história para sua vida e acredite nela.”

(Paulo Coelho)

---



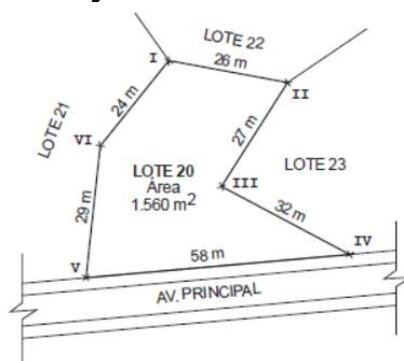
## ANEXO I – LISTA DE QUESTÕES

**1. (FCC/2016/METRÔ-SP/TÉCNICO SISTEMAS METROVIÁRIOS)** O processo de movimentação de terra é desenvolvido por meio de um conjunto de operações que envolve escavações, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executados a fim de transformar o estado natural de um terreno para uma nova configuração.

Assim, corte e aterro compõem o escopo de trabalho que se desenvolve, levando em conta que

- antes dos trabalhos das máquinas pesadas, é importante que as valetas no topo dos taludes estejam concretadas e prontas.
- a camada de solo orgânico deve ser utilizada prioritariamente no início da etapa de aterros e reaterros.
- para evitar que a terra exposta provoque assoreamento de rios e córregos, contaminações e mesmo erosão, o planejamento deve concentrar os trabalhos nos meses situados entre os períodos de chuva e estiagem.
- para evitar a erosão completa, nos casos de escavação marginais aos córregos, deve-se prever lagoas de deposição de resíduos dotadas de desembocadura que levem o volume de água diretamente aos cursos d'água.
- a remoção da terra nos taludes seja feita de baixo para cima até o último patamar, sendo que a porção escavada deve ser revestida com material de escavação novo, para que não se evidencie a erosão do solo.

**2. (FCC/2013/DPE-RS/TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES)** Atenção: Para responder a questão utilize a figura abaixo que representa a implantação topográfica de um determinado lote, com sua localização e dimensões.



Antes de ser cercado, o terreno precisa passar por uma limpeza. Para isso, é necessário fazer uma raspagem de 30 cm sobre toda a área do lote 20, além de retirar toda a vegetação arbustiva que se encontra no local, que já alcançou uma altura de, aproximadamente, 2 m de altura. No acondicionamento em caminhões, a vegetação pode ser compactada, reduzindo-se seu volume à metade. Nestas

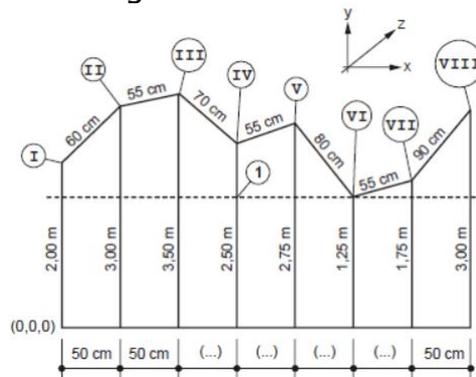
condições, calculando-se os volumes de terra e vegetação, respectivamente, chegamos aos valores, em  $m^3$ , de

- a) 3120 e 1560.
- b) 1560 e 3120.
- c) 780 e 1560.
- d) 468 e 3120.
- e) 468 e 1560.

**3. (FCC/2013/DPE-RS/TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES)** Você é o técnico responsável pelo cálculo do volume de aterro que fará parte da planilha orçamentária da execução de um serviço de terraplenagem de uma via, cuja largura e comprimento são, respectivamente, 10,0 m e 5.000 m. Sabe-se que é necessário acrescentar 10% do volume, devido à compactação do aterro e que a espessura da camada de aterro é de 20 cm. O volume de terra necessário para a execução do aterro é de

- a) 1.000.000  $m^3$ .
- b) 1.100.000  $m^3$ .
- c) 10.000  $m^3$ .
- d) 11.000  $m^3$ .
- e) 110.000  $m^3$ .

**4. (FCC/2010/SERGÁS/ASSISTENTE TÉCNICO DE PROJETOS)** Instrução: Para responder à questão considere a figura abaixo.



Para o trecho I, II e III da figura, admitindo-se uma profundidade de 2,00 m, é correto afirmar que

- a) para este caso específico, a área e o volume terão o mesmo valor numérico.
- b) a área total da figura, em  $m^2$ , será o dobro do volume, em  $m^3$ .
- c) o volume total da figura, em  $m^3$ , será o triplo da área total da figura, em  $m^2$ .
- d) o volume final será maior que 5  $m^3$  e menor que 6  $m^3$ .
- e) o valor numérico da área menos o valor numérico do volume é igual a 5.



**5. (FCC/2007/MPU/TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES)** A terraplenagem, em geral, é paga pelo volume medido no corte porém, para avaliar a quantidade de veículos transportadores, considerando variações extremas entre solos argilosos e arenosos secos, é conveniente conhecer o fator de empolamento que pode variar de:

- a) 0,70 a 0,90
- b) 0,60 a 1,00
- c) 0,50 a 0,70
- d) 0,50 a 0,60
- e) 0,40 a 0,80

**6. (FCC/2016/SEMAM/ANALISTA AMBIENTAL)** Considerando os trabalhos rodoviários de terraplenagem, uma retroescavadeira pode ser utilizada para

- a) produzir uma vala em operação contínua pelo movimento da máquina.
- b) compactar materiais com uma placa de compactação, para trabalhos de demolição por gancho ou esfera e para manuseio de materiais com equipamento e acessório especiais.
- c) conduzir equipamento de carregamento montado na dianteira e equipamento de retroescavação montado na traseira (normalmente com estabilizadores).
- d) transportar e descarregar ou espalhar material aonde o carregamento é realizado por meios externos.
- e) cortar, carregar, transportar, descarregar e espalhar materiais pelo movimento avante da máquina.

**7. (FCC/2015/DPE-RR/ENGENHEIRO CIVIL)** Se em um projeto de terraplenagem, a porcentagem de empolamento adotada for 60%, a relação entre o volume de material no corte pelo volume de material solto é

- a) 0,375.
- b) 1,625.
- c) 0,714.
- d) 0,625.
- e) 1,714.

**8. (FCC/2015/DPE-SP/ENGENHEIRO CIVIL)** Em terraplenagem, a definição dos equipamentos a serem utilizados depende dos materiais que se pretende movimentar. Os materiais denominados de 1ª categoria consistem em

- a) rochas fragmentadas cuja extração depende de ripper.
- b) solos e todos os materiais que podem ser escavados por tratores escavo-transportadores de pneus.
- c) solos cuja extração depende de escarificador.
- d) materiais que dependem de desmonte prévio com escarificador e emprego descontínuo de explosivos de baixa potência.
- e) rochas sãs, incluindo os matacões maciços.



**9. (FCC/2013/DPE-SP/ENGENHEIRO CIVIL)** O processo de movimentação de terra, conhecido como terraplenagem, é constituído por algumas operações básicas que ocorrem em sequência ou de forma simultânea. NÃO é fase integrante da movimentação de terra a

- a) escavação.
- b) limpeza do terreno.
- c) carga do material escavado.
- d) remoção com transporte.
- e) descarga com espalhamento.

**10. (FCC/2013/ALERN/ANALISTA LEGISLATIVO)** Nas investigações geotécnicas para a elaboração de um projeto de implantação de uma edificação, foi identificada a ocorrência de material de 3ª categoria. Nesta região, será executado, segundo projeto de terraplenagem, um corte acarretando necessidade de remoção de material. Esta remoção deverá ser executada, preferencialmente, com o uso de

- a) retroescavadeira.
- b) escarificador ou ripper.
- c) trator esteira.
- d) explosivos.
- e) scraper rebocado.

**11. (FCC/2013/CEF/ENGENHEIRO CIVIL)** Quando da execução de aterros compactados, deve-se levar em consideração a diversidade de equipamentos disponíveis e, principalmente, o tipo de solo a ser trabalhado. Assim, a cada tipo de solo deve corresponder um equipamento adequado e eficiente. Para a compactação de um solo argiloso, a especificação mais adequada de equipamento é o rolo

- a) liso estático.
- b) liso vibratório.
- c) pé de carneiro estático.
- d) de grade.
- e) de placas.

### GABARITO QUESTÕES OBJETIVAS

<b>1.A</b>	<b>2. E</b>	<b>3. D</b>
<b>4. D</b>	<b>5. A</b>	<b>6.C</b>
<b>7.D</b>	<b>8.B</b>	<b>9.B</b>
<b>10.D</b>	<b>11.C</b>	



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPITELI, Marcus V. **Terraplenagem**. Apostila do Estratégia Concursos.

DAS, Braja M. SOBHAN, Khaled. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 1 ed. 2014.

DNIT. **Manual de Implantação Básica de Rodovia**, 3ª Edição, 2010.

NETO, João Barbosa de Souza. Estradas II – Notas de Aula. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2009.

RICARDO, H.S & CATALANI, G. (2007). "Manual Prático de Escavação – Terraplenagem e Escavação de Rocha". São Paulo. PINI.



# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



**1** Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



**2** Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



**3** Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



**4** Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



**5** Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



**6** Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



**7** Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



**8** O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.