



Estratégia
CONCURSOS

Aula

Passo Estratégico de Obras Rodoviárias p/ TJ-AM (Analista Judiciário - Engenharia Civil) - Pós-Edital

Professor: Douglas Oliveira

Terraplenagem

Apresentação	1
Introdução	2
Análise Estatística	2
Questões de Revisão.....	3
Orientações de Estudo (Cheklist)	12
Pontos a Destacar	13
Questionário de Revisão.....	33
Anexo I – Lista de Questões	42
Referências Bibliográficas	47



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 **Analista Judiciário do Tribunal de Justiça do Amazonas**. Vamos juntos!

INTRODUÇÃO

A banca organizadora do concurso será o CESPE.

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
Terraplenagem	24,73%

Com base na tabela anterior, concluímos que o assunto Terraplenagem possui importância **Muito Alta**, uma vez que foi cobrado em 24,73% das questões analisadas.

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



QUESTÕES DE REVISÃO

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

1. (CESPE/2018/CGM JOÃO PESSOA/AUDITOR DE CONTROLE INTERNO)

Para uma rodovia com 50 km de extensão e com um número N de projeto igual a $1,8 \times 10^3$, foi projetado um pavimento com sub-base, base e revestimento de tratamento superficial duplo com capa selante. Para a base e sub-base, deverão ser utilizados os materiais selecionados da única jazida disponível, cujas características são apresentadas a seguir.

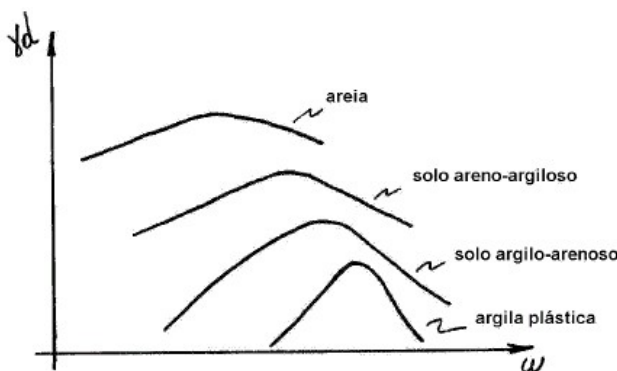
% passando na peneira n.º 200	35%
índice de grupo	1,7
expansão	1,1
classificação	A-7-5
umidade ótima	14,3%
índice de suporte Califórnia	35%

Considerando essa situação hipotética e os múltiplos aspectos a ela relacionados, julgue o item a seguir.

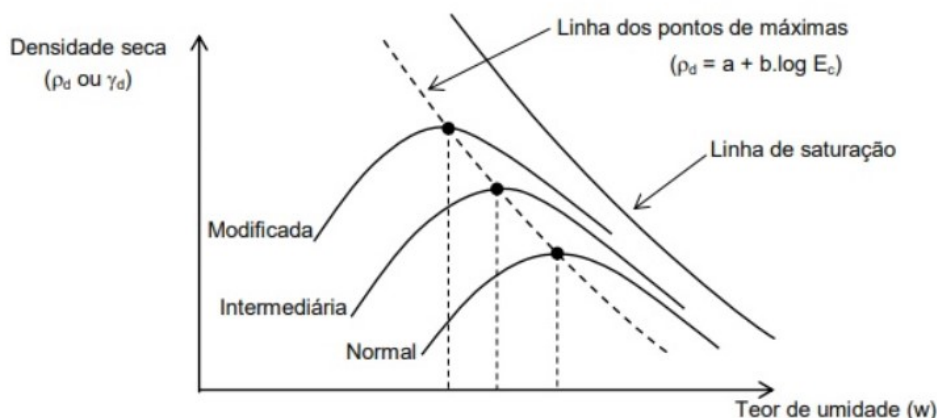
O aumento da densidade do solo resultante do aumento da energia de compactação depende do tipo de solo que está sendo compactado.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

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.



Contudo, independentemente do tipo de solo, o aumento da energia de compactação implicará necessariamente em uma maior massa específica máxima. Nesses casos a umidade ótima possui um valor menor do que para a energia original, conforme mostrado na figura abaixo.



Em face do exposto, podemos afirmar que o aumento da densidade do solo resultante do aumento da energia de compactação **independe** do tipo de solo que está sendo compactado.

GABARITO: ERRADO

2. (CESPE/2018/ABIN/OFICIAL TÉCNICO DE INTELIGÊNCIA) Um engenheiro fiscal interrompeu a obra de execução de um aterro em razão de uma série de falhas de compactação, entre elas: o teor de umidade do solo, diferente do ideal; a inadequada espessura de camadas de compactação; e características do solo adotado fora do especificado.

Considerando essa situação hipotética, julgue o item seguinte.

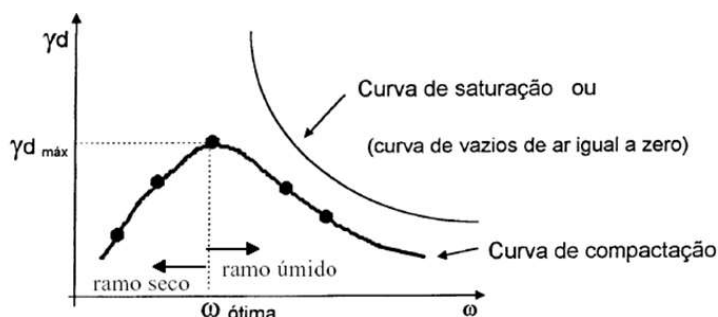
Tanto o excesso quanto a falta de umidade no solo são prejudiciais à compactação de aterros, pois não permitem que seja atingido o grau de compactação máximo.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

A curva de compactação do solo indica a densidade máxima que esse solo alcança para determinada energia de compactação e a respectiva umidade, chamada de **umidade ótima**. 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.



Logo, a assertiva está correta ao afirmar que o excesso ou a falta de água prejudicam a compactação de aterros, pois impossibilitam a obtenção da densidade máxima.

GABARITO: CERTO

3. (CESPE/2018/ABIN/OFICIAL TÉCNICO DE INTELIGÊNCIA) Um engenheiro fiscal interrompeu a obra de execução de um aterro em razão de uma série de falhas de compactação, entre elas: o teor de umidade do solo, diferente do ideal; a inadequada espessura de camadas de compactação; e características do solo adotado fora do especificado.

Considerando essa situação hipotética, julgue o item seguinte.

Alturas de camada de solo pouco espessas prejudicam a dissipação de energia dos rolos compactadores, por isso é recomendável adotar as camadas mais altas possíveis, cujo limitador é a altura de lançamento do caminhão de transporte de solo.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

A assertiva erra ao afirmar que o limitador para definição da espessura de uma camada é a altura de lançamento do caminhão de transporte de solo. Nesse sentido, as especificações de serviço do DNIT limitam as espessuras de lançamento de materiais na execução de aterros em:

- 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**.

Essa limitação é importante para garantir que haja compactação de todo o material. Espessuras elevadas impedem que a energia de compactação chegue com a mesma intensidade em toda a profundidade.

GABARITO: ERRADO

4. (CESPE/2018/EBSERH/ENGENHEIRO CIVIL) Acerca dos cuidados na compactação de aterros, julgue o próximo item.

Em caso de chuvas durante a compactação de aterro, os trabalhos poderão ter prosseguimento, desde que o índice pluviométrico seja moderado; nesse caso, deve-se aumentar o número de passagens do rolo compactador.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

Em períodos de chuva a umidade do solo é alterada, o que compromete a obtenção da umidade ótima e, conseqüentemente, da densidade máxima. A compactação com teor de umidade superior a umidade ótima não alcança a densidade máxima porque não é possível expulsar a maior quantidade de ar dos vazios do solo.

Lembre agora que o aumento de energia implica em uma redução do teor de umidade ótima. Logo, aumentar o número de passadas do rolo não irá resolver o problema.

Dessa forma, em casos de chuva durante a compactação, mesmo que seja um índice pluviométrico moderado, **o serviço deve ser interrompido**.

GABARITO: ERRADO



5. (CESPE/2018/EBSERH/ENGENHEIRO CIVIL) Acerca dos cuidados na compactação de aterros, julgue o próximo item.

Para se obter a melhor compactação possível de solos coesivos, maior deverá ser a pressão estática a ser aplicada nas camadas.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

Solos coesivos são os **solos argilosos**. Para este tipo de solo o rolo compactador recomendado é o pé de carneiro, que trabalha por **amassamento**, aplicando grandes **pressões estáticas**.

Os rolos que trabalham com energia dinâmica (vibração) são mais indicados para solos não coesivos (arenosos).

GABARITO: CERTO

6. (CESPE/2018/POLÍCIA FEDERAL/PERITO CRIMINAL) Na fase de terraplenagem da construção de uma estrada, as camadas de aterro foram executadas com uma espessura máxima de 30 cm após a compactação. Durante a execução, as condições climáticas mudaram, pois havia risco de chuvas para as próximas horas. O engenheiro responsável adotou como medida preventiva o selamento da camada de aterro recém-executada.

Nessa situação hipotética,

a espessura adotada na compactação é considerada excessiva, o que encarece desnecessariamente o serviço de terraplenagem.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

Essa assertiva pode ser dividida em duas partes:

1. "*A espessura adotada na compactação é considerada excessiva [...]*": isso depende da localização da camada. Se for no corpo do aterro a espessura é adequada, mas se for nas camadas finais a espessura é realmente excessiva, pois o limite máximo de espessura nessa camada é de 20 cm. No entanto, o enunciado não deixa claro qual é a localização.



2. "[...], o que encarece desnecessariamente o serviço de terraplenagem.": Aqui a assertiva está completamente errada. Quanto maior for a espessura, mais volume é compactado de uma única vez, o que diminui os custos com a compactação.

GABARITO: ERRADO

7. (CESPE/2018/POLÍCIA FEDERAL/PERITO CRIMINAL) Na fase de terraplenagem da construção de uma estrada, as camadas de aterro foram executadas com uma espessura máxima de 30 cm após a compactação. Durante a execução, as condições climáticas mudaram, pois havia risco de chuvas para as próximas horas. O engenheiro responsável adotou como medida preventiva o selamento da camada de aterro recém-executada.

Nessa situação hipotética,

caso ainda não tenha sido executada a camada final de aterro, o selamento da última camada executada será dispensável.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

O selamento da camada tem como objetivo evitar a infiltração de água da chuva, o que alteraria a umidade das camadas de solo comprometendo o serviço já executado. Dessa forma, o selamento não é dispensável no caso em tela.

GABARITO: ERRADO

8. (CESPE/2018/POLÍCIA FEDERAL/PERITO CRIMINAL) Na fase de terraplenagem da construção de uma estrada, as camadas de aterro foram executadas com uma espessura máxima de 30 cm após a compactação. Durante a execução, as condições climáticas mudaram, pois havia risco de chuvas para as próximas horas. O engenheiro responsável adotou como medida preventiva o selamento da camada de aterro recém-executada.

Nessa situação hipotética,



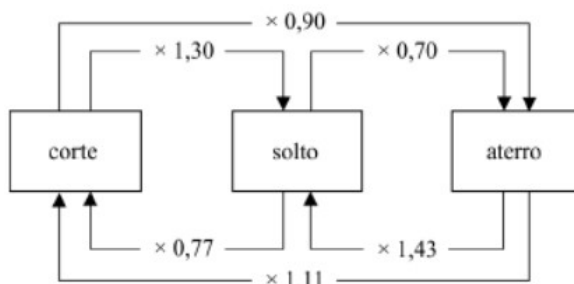
o selamento da camada de aterro consiste em compactá-la rapidamente, com rolos compactadores lisos ou de pneus, com o objetivo de adensar o seu topo e evitar a penetração da água da chuva.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

A assertiva descreve corretamente o procedimento de selamento da camada de solo. Esse procedimento é executado através de uma compactação rápida do topo da camada do aterro com certo caimento para que a camada de água escorra e não infiltre nas camadas inferiores.

GABARITO: CERTO

9. (CESPE/2016/FUB/ENGENHEIRO CIVIL) Ao consultar o projeto de terraplenagem de determinada obra, o fiscal de contrato encontrou o quadro de relação de volumes apresentado na figura seguinte.

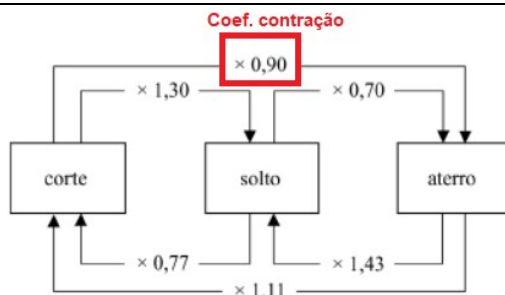


Tendo como referência as informações contidas nesse quadro, julgue o item.

Se a quantidade de aterro prevista no projeto for de 1.500 m³, serão necessários 2.000 m³ de escavação de 1.^a categoria na jazida.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

A questão pede a relação entre o volume compactado no aterro e o volume no corte. Essa relação é dada pelo fator de contração, que, conforme a figura dada no enunciado, vale 0,90.



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

O volume compactado é de 1500 m³, então qual o volume de corte necessário é:

$$0,9 = \frac{1500}{V_{corte}} \rightarrow V_{corte} = \frac{1500}{0,9} = 1666,67 \text{ m}^3$$

Logo, a assertiva erra ao afirmar que são necessários 2000 m³ no corte para atender ao volume de 1500 m³ no aterro.

GABARITO: ERRADO

10. (CESPE/2015/TCE-RN/INSPECTOR DE CONTROLE EXTERNO)

estaca	volume (m ³)	estaca	volume (m ³)	estaca	volume (m ³)
0	1.000	70	400	142	700
10	1.400	80	400	149	1.100
20	1.600	90	600	150	1.200
30	1.600	100	700	160	1.450
40	1.400	105	700	170	1.500
50	1.100	110	700	180	1.450
52	1.000	120	500	190	1.300
58	700	130	450	200	1.100
60	600	140	600	-	-

Figura I
volume (m³)

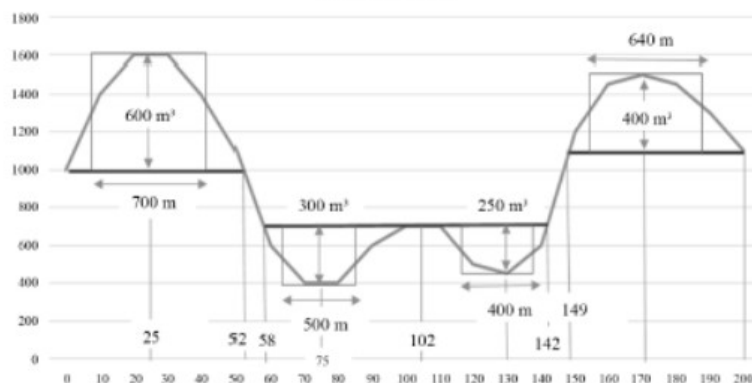


Figura II

Em um projeto de terraplanagem, a distribuição de materiais dos cortes pelos aterros seguiu as ordenadas da curva de Brückner, apresentada na figura I. Na distribuição de terras, admitiu-se que a DMT máxima é de 1.000 m, e que só há local para empréstimo ou bota-fora no meio do trecho. Com o intuito de se obter o menor custo, a linha de compensação foi dividida em três segmentos, na forma da distribuição apresentada na figura II.

Com base nessas informações, julgue o próximo item.

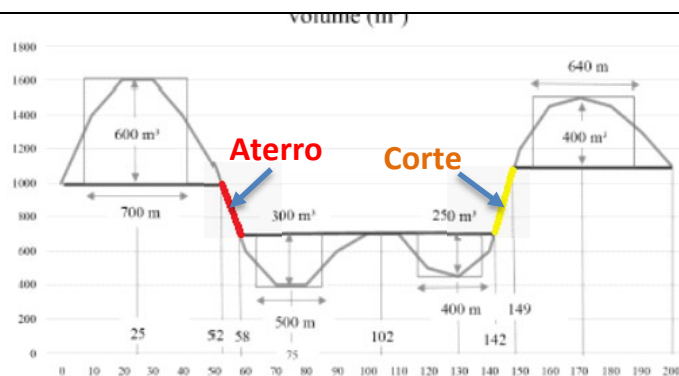
A distribuição elaborada, dos materiais escavados, apresentou um volume de empréstimo de 300 m³ e um volume de bota-fora de 400 m³.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

No diagrama de Brückner os trechos ascendentes representam os cortes, enquanto os trechos descendentes representam os aterros. Observa-se que na figura II dada no enunciado há quatro trechos de compensação entre corte e aterro, ou seja, trechos que não representam nem empréstimo nem bota-fora:

- O volume de corte da estaca 0 à 25 compensa o volume de aterro da estaca 25 à 52.
- O volume de aterro da estaca 58 à 75 é compensado pelo volume de corte da estaca 75 à 102.
- O volume de aterro da estaca 102 à 130 é compensado pelo volume de corte entre as estacas 130 e 142.
- O volume de corte da estaca 149 à 170 compensa o volume de aterro da estaca 170 à 200.

Assim, restam os trechos entre as estacas 52 a 58 e 142 a 149, conforme figura abaixo.



Observa-se que o trecho entre as estacas 52 à 58 é descendente, logo trata-se de um aterro, cujo volume é de 300 m^3 ($1000 \text{ m}^3 - 700 \text{ m}^3$). Para este aterro não há linha de compensação, assim ele deve ser obtido através de um empréstimo (captação de material fora do traçado).

O trecho entre as estacas 142 e 149, por sua vez, é ascendente, logo é um corte cujo volume é de 400 m^3 ($1100 \text{ m}^3 - 700 \text{ m}^3$). Esse material não tem destinação dada no diagrama através de nenhuma linha de compensação, então deve ser destinado a um bota-fora.

Em face do exposto, está correta a assertiva.

GABARITO: CERTO

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) Diagrama de Brückner: Conceitos fundamentais.
- 7) Revisar as especificações de serviços para: serviços preliminares, cortes, empréstimos e aterros.
- 8) Saber os ensaios realizados no controle de execução dos aterros.

9) 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: Compreendem os materiais **facilmente escaváveis** com equipamentos comuns (scrapers, tratores, escavadeiras, carregadeiras, etc.), qualquer que seja o teor de umidade. São caracterizados como **solos residuais ou sedimentares, rochas em adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15 metros**.

b) 2ª Categoria: Compreendem os materiais mais **resistentes ao desmonte** e que não admitem a utilização de equipamentos comuns sem a realização de **tratamentos prévios (pré-escarificação ou utilização descontínua de explosivos)**. São caracterizados por **pedras soltas, blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15 m e 1 metro**.

c) 3ª Categoria: Compreendem os materiais que admitem **desmonte pelo emprego contínuo de explosivos ou de técnicas equivalentes de desmonte a frio**. São caracterizados por **materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha não alterada** e por **blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1 m, ou de volume igual ou superior a 2 m³**.

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.

#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.

O SICRO do DNIT inclui ainda a compactação de aterros como uma das operações principais da Terraplenagem.

#PONTO 3: Conceitos relacionados à variação volumétrica do solo

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

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



- 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

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

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

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

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 m³ de solo com fator de empolamento 0,7, qual é o volume a ser transportado?

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

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.

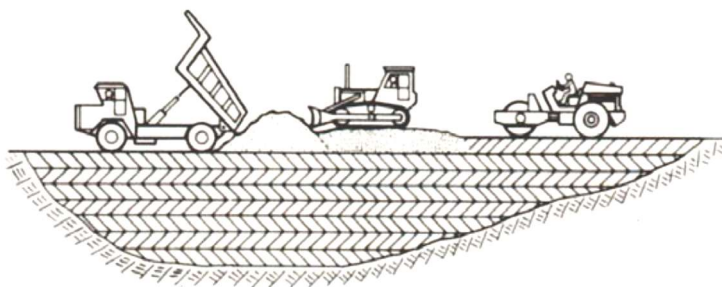
$$\text{empolamento} = \frac{1}{\text{Fator de empolamento}}$$

#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 eficientes. 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 para 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:

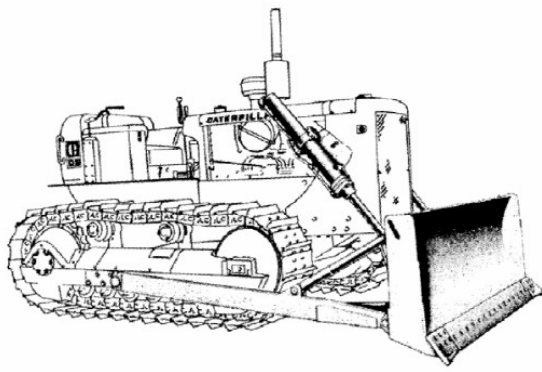
- **esforço trator:** é a força que o trator possui na barra de tração (no caso de esteiras) ou nas rodas motrizes (no caso de tratores de pneus) para executar as funções de rebocar ou de empurrar outros equipamentos ou implementos;
- **velocidade:** é a velocidade de deslocamento da máquina que depende, 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.

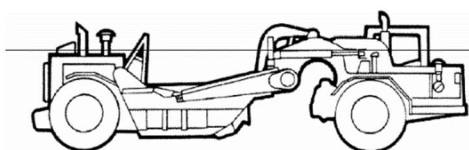


Scraper rebocado por trator de esteiras.

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-scraper:**

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).



Moto-scraper

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.

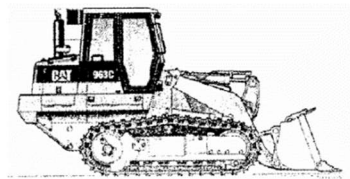
Para solos de maior resistência, muitas vezes se faz necessário o emprego de um trator empurrador "pusher", para facilitar a operação de enchimento da caçamba. Para solos de pouca compacidade, esse equipamento consegue a carga em tempo razoável, sem o auxílio do "pusher".

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 Shovel

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



Escavadeira drag-line

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



Escavadeira clam-shell

- Escavadeira de lança retroescavadeira



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.



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 "scraper" 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.



Caminhão basculante comum

- 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.

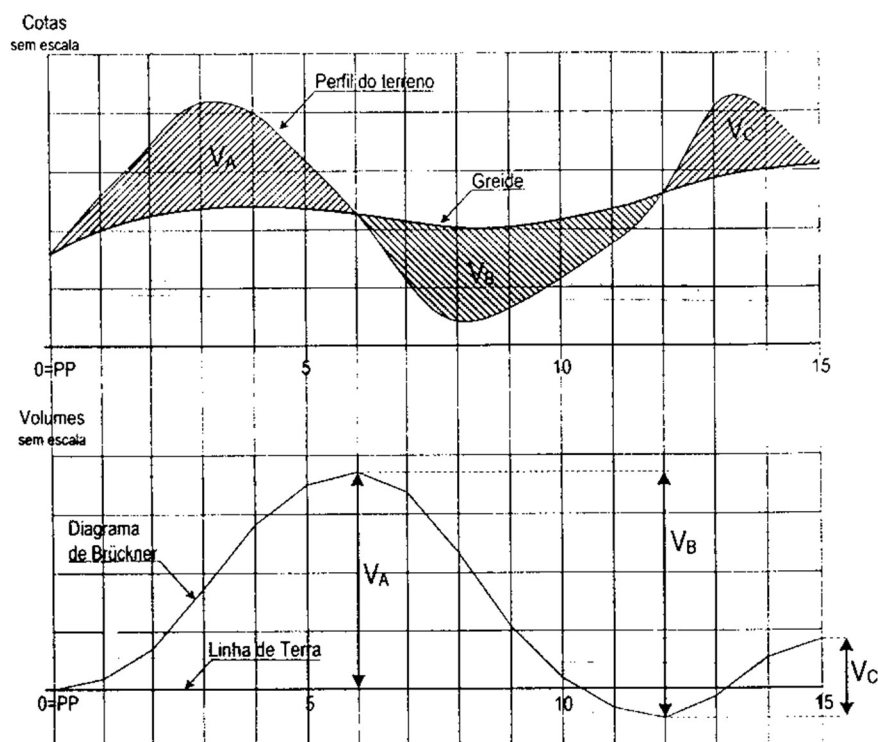


Caminhão "fora-de-estrada".

#PONTO 6: Diagrama de Brückner

O diagrama de Brückner, também conhecido como diagrama de massas, traz a representação dos volumes acumulados com as operações de corte e aterro ao longo da rodovia. Ele é muito útil no estudo da compensação de terras entre cortes e aterros, na programação de bota foras/empréstimos e na programação de toda a execução da terraplenagem.

A figura abaixo apresenta na parte superior o perfil do terreno e o greide projetado para a rodovia, enquanto a parte inferior mostra o correspondente diagrama de Brückner.



Analisando estes dois diagramas, observa-se que:

- Da estaca 0 até a estaca 6 o terreno natural está acima do greide da rodovia; isto significa que neste trecho existe uma operação de corte a ser efetuada, cujo volume total é V_A . Olhando agora para o diagrama de Brückner, vemos que da estaca 0 até a 6 o diagrama é ascendente, ou seja, as ordenadas são positivas, significando que há um acúmulo (ganho) de material, exatamente o que acontece na operação de corte. Além disso, o volume total acumulado neste trecho é exatamente V_A .
- A partir da estaca 6 até a estaca 12 o greide da rodovia está acima do terreno natural, o que significa que haverá um aterro neste trecho. E, de fato, é isso que observamos no diagrama de Brückner: da estaca 6 até a estaca 12 o diagrama é descendente, o que significa que estamos depositando (perdendo) material, sendo que o decréscimo total do diagrama é exatamente o volume do aterro (V_B).
- Por fim, da estaca 12 até a 15 existe mais um corte de volume total V_C , de forma que o diagrama passa a ser novamente ascendente.

Algumas características importantes do diagrama que é preciso conhecer:

- a) Os trechos ascendentes correspondem aos cortes.
- b) Os trechos descendentes correspondem aos aterros.
- c) Um ponto de máximo significa uma mudança de um trecho de corte para aterro.
- d) Um ponto de mínimo significa uma mudança de um trecho de aterro para um corte.
- e) Um segmento de área fechada representa uma compensação entre corte e aterro.
- f) A área de um segmento fechado equivale ao momento de transporte.
- g) O diagrama de Brückner não representa o perfil da rodovia. Logo, não há nenhuma relação com a topografia.
- h) A diferença de ordenadas do diagrama equivale ao volume de terra entre dois pontos.

#PONTO 7: Especificações de Serviços

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 acerca 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: ± 5 cm
 - Cortes em rocha: ± 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 Intermediário;
 - 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 feita 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 8: 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 Normal para cada 1000 m³	1 Proctor Intermediário para cada 200 m³
Granulometria	1 ensaio para todo grupo de 10 amostras submetidas ao ensaio de compactação	1 ensaio para todo grupo de 4 amostras submetidas ao ensaio de compactação
Limite de Liquidez e Limite de Pasticidade	1 ensaio para todo grupo de 10 amostras submetidas ao ensaio de compactação	1 ensaio para todo grupo de 4 amostras submetidas ao ensaio de compactação
CBR	-	1 ensaio para todo grupo de 4 amostras submetidas ao ensaio de compactação
Massa específica aparente seca in situ	5 ensaios a cada 1200 m³ em locais aleatórios	5 ensaios a cada 800 m³ 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: ± 4 cm;
- Variação máxima de largura de + 30 cm para a plataforma, não se admitindo variação negativa.

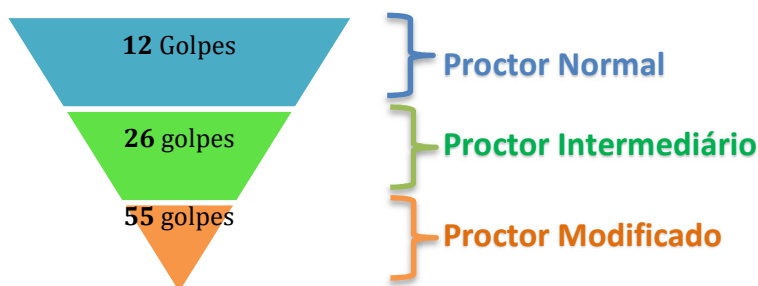
A medição dos aterros é realizada com base no volume compactado.

#PONTO 9: Ensaios 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.

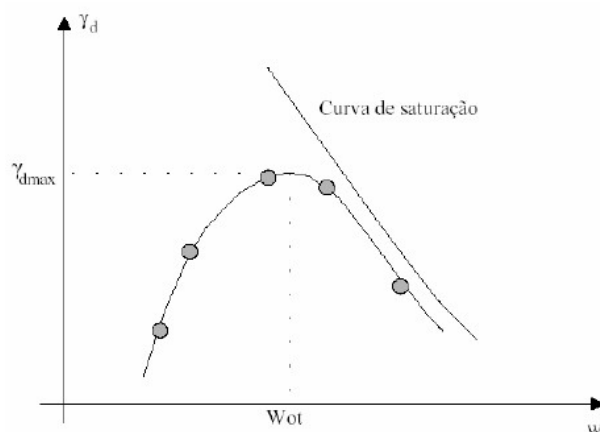
A execução do ensaio consiste na compactação de 5 camadas de solo, com 12, 26 ou 55 golpes em cada camada, utilizando um soquete de 4,5 kg caindo de 45,7 cm de altura.

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.

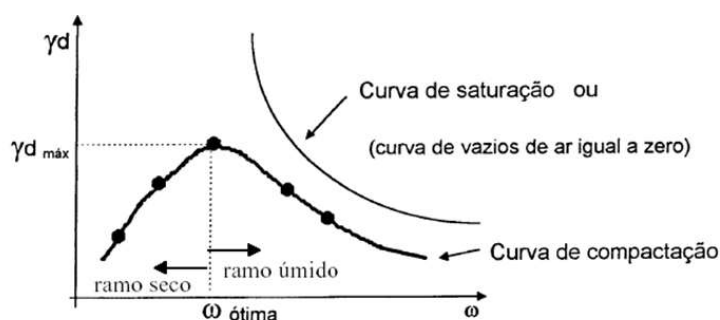
O ensaio é realizado para diversos teores de umidade, sendo verificada a respectiva massa específica de cada um deles. Com isso, plota-se um gráfico com os teores de umidade no eixo horizontal e a massa específica seca no eixo vertical, que é a chamada curva de compactação.



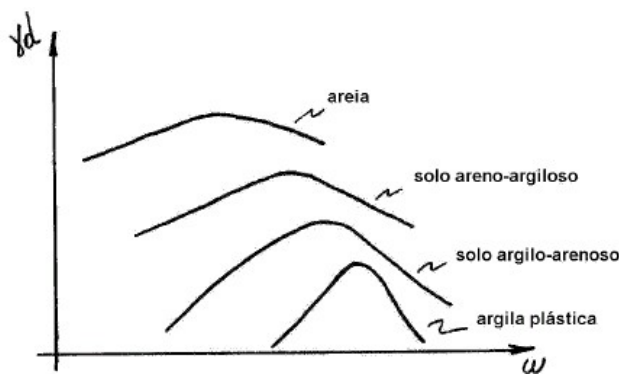
O resultado observado é que existe um teor de umidade em que a massa específica é máxima. Esse teor de umidade é chamado de umidade ótima (w_{ot}) e é a umidade ideal para as operações de compactação no campo.

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?**
- 7) **Quais são as características importantes para entender um diagrama de Brückner?**

- 8) Qual é o trator mais indicado para operar a grandes distâncias?
- 9) Qual é o trator mais indicado para terrenos "moles"?
- 10) Qual é o rolo compactador mais indicado para material argiloso?
- 11) Qual é a diferença entre um motoscaper e um scraper-rebocado?
- 12) Qual é o equipamento responsável por dar o acabamento na etapa de terraplenagem?
- 13) Qual é o tipo de solo que, em geral, apresenta menor teor de umidade ótima?
- 14) Como um trator deve trabalhar em terrenos inclinados?
- 15) 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?
- 16) Quais são os fatores que influenciam o processo de compactação de um solo em campo?

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 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:

- 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.

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

- 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.

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.

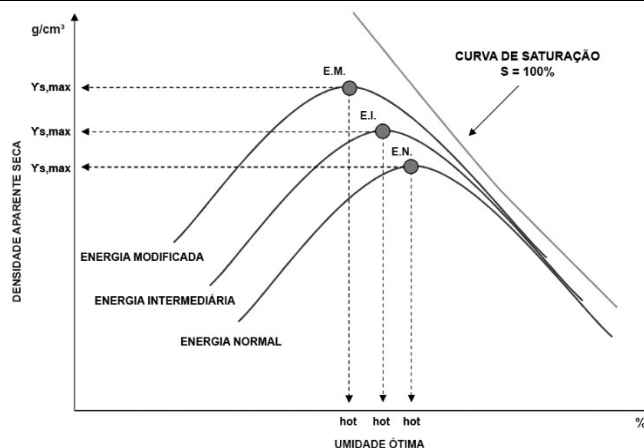
Nas áreas destinadas a aterros, é possível deixar de fazer o destocamento das árvores se a cota vermelha (altura do aterro) for maior que 2,00 m. Nestes casos, é possível apenas fazer o corte das árvores no nível do terreno natural.

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

A principal diferença consiste 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 m³ de solo. Já nas camadas finais, devem ser realizados um ensaio de Proctor Intermediário para cada 200 m³ de solo.

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

7) Quais são as características importantes para entender um diagrama de Brückner?

- a) Os trechos ascendentes correspondem aos cortes.
- b) Os trechos descendentes correspondem aos aterros.
- c) Um ponto de máximo significa uma mudança de um trecho de corte para aterro.
- d) Um ponto de mínimo significa uma mudança de um trecho de aterro para um corte.
- e) Um segmento de área fechada representa uma compensação entre corte e aterro.
- f) A área de um segmento fechado equivale ao momento de transporte.
- g) O diagrama de Brückner não representa o perfil da rodovia. Logo, não há nenhuma relação com a topografia.

h) A diferença de ordenadas do diagrama equivale ao volume de terra entre dois pontos.

8) Qual é o trator mais indicado para operar a grandes distâncias?

Grandes distâncias exigem equipamentos mais velozes para que se tornem mais econômicas. Por isso, o mais indicado são os tratores sobre rodas, que possuem uma maior velocidade do que os tratores sobre esteiras, desde que o terreno apresente capacidade de suporte adequada para a operação com pneus.

9) Qual é o trator mais indicado para terrenos "moles"?

Em terrenos "moles", ou seja, com baixa capacidade de suporte, o trator mais indicado é sobre esteiras.

10) Qual é o rolo compactador mais indicado para material argiloso?

O rolo compactador mais indicado para materiais argilosos é o rolo tipo pé de carneiro, devido ao fato de trabalhar pelo mecanismo de amassamento.

11) Qual é a diferença entre um motoscraper e um scraper-rebocado?

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".

A principal diferença entre um e outro é que o scraper rebocado é uma caçamba que precisa ser tracionado por um trator, geralmente de esteiras, enquanto o moto-scraper é um scraper com um único eixo que se apoia sobre um rebocador, tendo uma maior autonomia.

12) Qual é o equipamento responsável por dar o acabamento na etapa de terraplenagem?

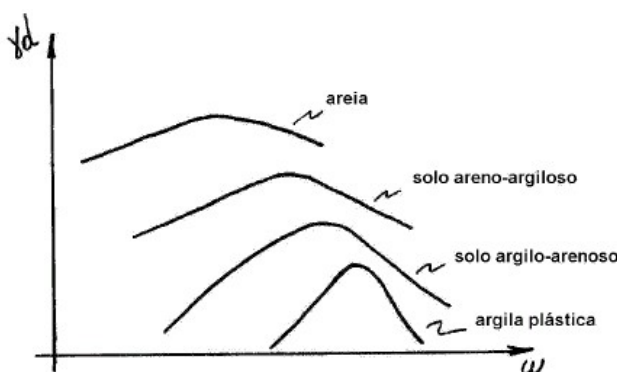
As unidades aplainadoras são especialmente indicadas ao acabamento da terraplenagem, isto é, às operações para conformar o terreno aos greides finais do projeto. Como principais características estes equipamentos apresentam grande

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.

13) Qual é o tipo de solo que, em geral, apresenta menor teor de umidade ótima?

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.



14) Como um trator deve trabalhar em terrenos inclinados?

Em terrenos inclinados, o trator deve trabalhar sempre de cima para baixo.

15) 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?

Dizer que a porcentagem de empolamento é de 60% é o mesmo que dizer que para cada 1 m^3 de material no corte, ter-se-á $1,60 \text{ m}^3$ de material solto para ser transportado. Dito isto, a relação entre o volume no corte e o de material solto é:

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

16) Quais são os fatores que influenciam o processo de compactação de um solo em campo?

O processo de compactação de solos é influenciado por diversos fatores. Os de maior influência são:

- Umidade do solo;
- Número e espessura das camadas;
- Energia de compactação;
- Tipo de equipamento utilizado.

Sobre a energia de compactação, ela depende da pressão aplicada, do número e espessura das camadas, da velocidade de aplicação, e número de passadas do equipamento, entre outros.

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. (CESPE/2018/CGM JOÃO PESSOA/AUDITOR DE CONTROLE INTERNO)

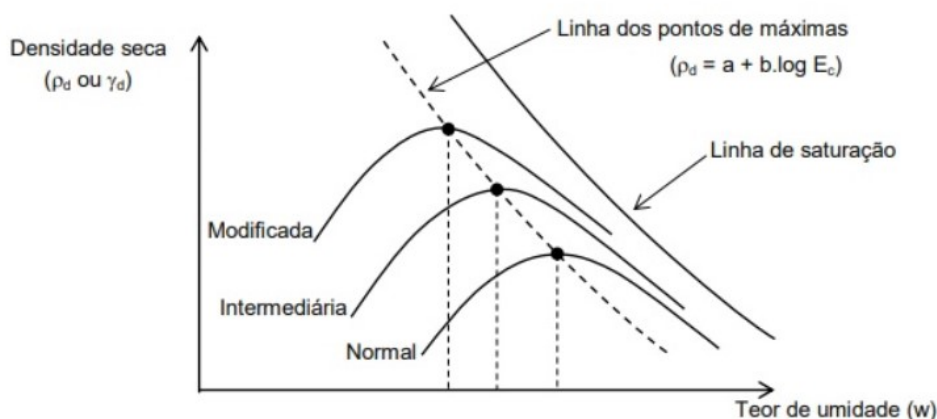
Para uma rodovia com 50 km de extensão e com um número N de projeto igual a $1,8 \times 103$, foi projetado um pavimento com sub-base, base e revestimento de tratamento superficial duplo com capa selante. Para a base e sub-base, deverão ser utilizados os materiais selecionados da única jazida disponível, cujas características são apresentadas a seguir.

% passando na peneira n.º 200	35%
índice de grupo	1,7
expansão	1,1
classificação	A-7-5
umidade ótima	14,3%
índice de suporte Califórnia	35%

Considerando essa situação hipotética e os múltiplos aspectos a ela relacionados, julgue o item a seguir.

O aumento da densidade do solo resultante do aumento da energia de compactação depende do tipo de solo que está sendo compactado.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO



2. (CESPE/2018/ABIN/OFICIAL TÉCNICO DE INTELIGÊNCIA) Um engenheiro fiscal interrompeu a obra de execução de um aterro em razão de uma série de falhas de compactação, entre elas: o teor de umidade do solo, diferente do ideal; a inadequada espessura de camadas de compactação; e características do solo adotado fora do especificado.

Considerando essa situação hipotética, julgue o item seguinte.

Tanto o excesso quanto a falta de umidade no solo são prejudiciais à compactação de aterros, pois não permitem que seja atingido o grau de compactação máximo.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

3. (CESPE/2018/ABIN/OFICIAL TÉCNICO DE INTELIGÊNCIA) Um engenheiro fiscal interrompeu a obra de execução de um aterro em razão de uma série de falhas de compactação, entre elas: o teor de umidade do solo, diferente do ideal; a inadequada espessura de camadas de compactação; e características do solo adotado fora do especificado.

Considerando essa situação hipotética, julgue o item seguinte.

Alturas de camada de solo pouco espessas prejudicam a dissipação de energia dos rolos compactadores, por isso é recomendável adotar as camadas mais altas possíveis, cujo limitador é a altura de lançamento do caminhão de transporte de solo.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

4. (CESPE/2018/EBSERH/ENGENHEIRO CIVIL) Acerca dos cuidados na compactação de aterros, julgue o próximo item.

Em caso de chuvas durante a compactação de aterro, os trabalhos poderão ter prosseguimento, desde que o índice pluviométrico seja moderado; nesse caso, deve-se aumentar o número de passagens do rolo compactador.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

5. (CESPE/2018/EBSERH/ENGENHEIRO CIVIL) Acerca dos cuidados na compactação de aterros, julgue o próximo item.



Para se obter a melhor compactação possível de solos coesivos, maior deverá ser a pressão estática a ser aplicada nas camadas.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

6. (CESPE/2018/POLÍCIA FEDERAL/PERITO CRIMINAL) Na fase de terraplenagem da construção de uma estrada, as camadas de aterro foram executadas com uma espessura máxima de 30 cm após a compactação. Durante a execução, as condições climáticas mudaram, pois havia risco de chuvas para as próximas horas. O engenheiro responsável adotou como medida preventiva o selamento da camada de aterro recém-executada.

Nessa situação hipotética,

a espessura adotada na compactação é considerada excessiva, o que encarece desnecessariamente o serviço de terraplenagem.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

7. (CESPE/2018/POLÍCIA FEDERAL/PERITO CRIMINAL) Na fase de terraplenagem da construção de uma estrada, as camadas de aterro foram executadas com uma espessura máxima de 30 cm após a compactação. Durante a execução, as condições climáticas mudaram, pois havia risco de chuvas para as próximas horas. O engenheiro responsável adotou como medida preventiva o selamento da camada de aterro recém-executada.

Nessa situação hipotética,

caso ainda não tenha sido executada a camada final de aterro, o selamento da última camada executada será dispensável.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

8. (CESPE/2018/POLÍCIA FEDERAL/PERITO CRIMINAL) Na fase de terraplenagem da construção de uma estrada, as camadas de aterro foram executadas com uma espessura máxima de 30 cm após a compactação. Durante a execução, as condições climáticas mudaram, pois havia risco de chuvas para as



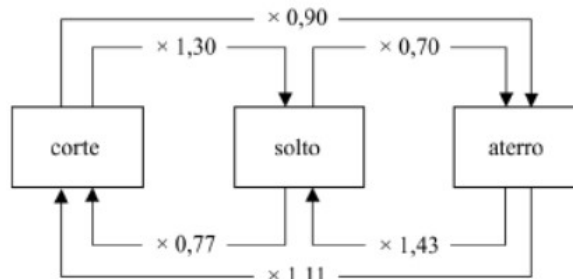
próximas horas. O engenheiro responsável adotou como medida preventiva o selamento da camada de aterro recém-executada.

Nessa situação hipotética,

o selamento da camada de aterro consiste em compactá-la rapidamente, com rolos compactadores lisos ou de pneus, com o objetivo de adensar o seu topo e evitar a penetração da água da chuva.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

9. (CESPE/2016/FUB/ENGENHEIRO CIVIL) Ao consultar o projeto de terraplenagem de determinada obra, o fiscal de contrato encontrou o quadro de relação de volumes apresentado na figura seguinte.



Tendo como referência as informações contidas nesse quadro, julgue o item.

Se a quantidade de aterro prevista no projeto for de 1.500 m³, serão necessários 2.000 m³ de escavação de 1.ª categoria na jazida.

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

10. (CESPE/2015/TCE-RN/INSPECTOR DE CONTROLE EXTERNO)

estaca	volume (m³)	estaca	volume (m³)	estaca	volume (m³)
0	1.000	70	400	142	700
10	1.400	80	400	149	1.100
20	1.600	90	600	150	1.200
30	1.600	100	700	160	1.450
40	1.400	105	700	170	1.500
50	1.100	110	700	180	1.450
52	1.000	120	500	190	1.300
58	700	130	450	200	1.100
60	600	140	600	-	-

Figura I

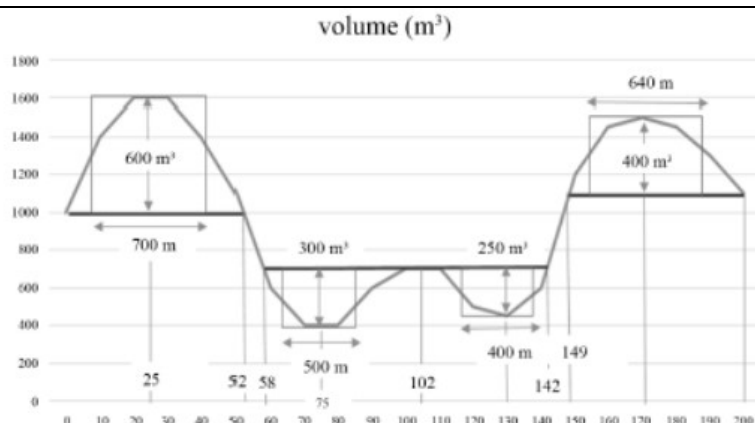


Figura II

Em um projeto de terraplanagem, a distribuição de materiais dos cortes pelos aterros seguiu as ordenadas da curva de Brückner, apresentada na figura I. Na distribuição de terras, admitiu-se que a DMT máxima é de 1.000 m, e que só há local para empréstimo ou bota-fora no meio do trecho. Com o intuito de se obter o menor custo, a linha de compensação foi dividida em três segmentos, na forma da distribuição apresentada na figura II.

Com base nessas informações, julgue o próximo item.

A distribuição elaborada, dos materiais escavados, apresentou um volume de empréstimo de 300 m^3 e um volume de bota-fora de 400 m^3 .

- ☐ CERTO
- ☐ ERRADO

GABARITO QUESTÕES OBJETIVAS

1. ERRADO	2. CERTO	3. ERRADO
4. ERRADO	5. CERTO	6. ERRADO
7. ERRADO	8. CERTO	9. ERRADO
10. CERTO		

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.