Estratégia
CONCURSOS

Aul

Engenharia Civil (Obras Viárias e Hídricas) p/ TCM-SP (Agente de Fisc-Engenharia Civil) - 2018

Professor: Marcus Campiteli

Olá, Pessoal.

Este curso baseia-se no edital do concurso para o TCM-SP de 2015, na área de Engenharia Civil.

A banca do último concurso foi da FGV. Este curso contempla questões comentadas de várias bancas do mesmo estilo de múltipla escolha: FGV, FCC, Vunesp, FGV, Cesgranrio, UFG, entre outras.

Este curso abrange as seguintes matérias do edital da área de Obras Viárias e Hídricas, com as respectivas datas das aulas:



Aula	Assunto	Data
0	Terraplenagem	10/7
1	Questões de Terraplenagem	17/7
2	Estudos Geotécnicos	20/7
3	Características dos Materiais	24/7
4	Pavimentação	31/7
5	Mecânica dos Solos	6/8
6	Empuxo e Contenção de Taludes	13/8
7	Análise Orçamentária	20/8
8	Novo SICRO	27/8
9	Ensaios	3/9
10	Drenagem	10/9
11	Obras de Arte Especiais	17/9
12	Meio Ambiente	24/9

13	Fiscalização	1/10
14	Sinalização	8/10
15	Conservação e Manutenção de Rodovias	15/10
16	Canteiro	22/10
17	Hidráulica	29/10
18	Hidrologia	5/11
19	Drenagem Urbana	12/11
20	Resíduos Sólidos	19/11

Agora, antes de apresentar a Aula 0, deixe eu me apresentar.

Sou engenheiro civil formado pelo Instituto Militar de Engenharia - IME e trabalho como auditor de controle externo no Tribunal de Contas da União – TCU. Fiz mestrado em engenharia civil na UnB e concluí com a dissertação: Medidas para Evitar o Superfaturamento em Obras Públicas decorrente dos Jogos de Planilha.

Na trajetória de concursos, após a elaboração de resumos, resolução de muitas questões e estudo focado, obtive aprovação nos concursos de Perito da Polícia Federal em Engenharia Civil, em 2004, e Auditor Federal de Controle Externo do TCU na área de obras públicas, em 2005. Hoje trabalho neste último.

Trabalhei durante seis anos como engenheiro militar e estou há 13 anos no TCU, sempre participando de auditorias em obras públicas.

Na maioria das aulas de Obras Rodoviárias, a parte teórica é de autoria do Prof. Fábio Amorim, também engenheiro civil formado pelo IME com ampla experiência em obras rodoviárias.

Na área de aulas, ministrei cursos de engenharia civil, presenciais e à distância, para o concurso do TCU de 2009 e 2011, TCM/RJ de 2011, TC/DF de 2012, TC/ES 2012, Câmara dos Deputados de 2012, CGU de 2012, Perito da Polícia Federal 2013, INPI 2013, CNJ 2013, DNIT 2013, CEF 2013, ANTT 2013, Bacen 2013, MPU 2013, TRT/15 2013, TRT/17 2013, TRF/3 2013, PF Adm 2014, Suframa 2014, CEF 2014, CBTU 2014, TJ-PA/2014, TCE-RS/2014, TCE-GO/2014, Pref. Florianópolis/2014, Petrobras/2014, TCM-GO/2014, CNMP/2015, CGE-PI/2015, TCE-CE/2015, TCM-SP/2015, TRT-MG/2015, MPOG/2015, CGM-SP/2015, TCE-RN/2015, MP-SP/2016, ANAC/2016, TCE-SC/2016, Funai/2016, PCDF/2016, TCE-PA/2016, TCE-PR/2016, ALERJ/2016, Dataprev/2016, TRT-11/2016, TRT-20/2016, TRF-2/2017, Artesp/2017, Terracap/2017, Embasa/2017, CMBH/2018, ITEP-RN/2018, Saneago/2018, Novacap/2018, ABIN/2018, STM/2018, TCM-BA/2018, Perito da PC-PA/2018, entre outros.

Agora que vocês me conheceram um pouco, retornemos ao nosso curso.

Sabemos que as bancas cobram detalhes da bibliografia disponível nos livros e nas normas acerca do abrangente campo da engenharia civil previsto no edital. Por isso, apresento a teoria dos assuntos de forma detalhada e com base primordial nas normas da ABNT, por serem a fonte mais confiável. Com isso, vocês já estarão habituados aos textos passíveis de serem fontes das questões. Subsidiariamente recorro a livros e autores consagrados de engenharia civil.

Busco mesclar figuras e fotos didáticas aos textos na busca de tornar a matéria o mais amigável possível, de forma a facilitar ao máximo o entendimento das informações truncadas das normas.

O desafio do estudo dessa especialidade é conseguir objetividade diante da sua vasta abrangência. E pretendo alcançar esse objetivo neste curso por meio da apresentação das questões. Afinal, não temos tempo a perder.

Primeiramente apresento a vocês a teoria e as questões relacionadas aos conteúdos teóricos, sem gabarito. Posteriormente, apresento as mesmas questões comentadas e, na parte final, reapresento as questões tratadas na aula, com o gabarito na última folha, para que vocês possam treinar.

Em muitas das questões, os comentários complementam a teoria trazendo mais informações. Costumo destacar em negrito informações que acho com cara de questão.

Críticas e sugestões poderão ser feitas no próprio sistema do Estratégia assim como encaminhadas ao seguinte endereço de e-mail: marcus_campiteli@hotmail.com.

Dicas adicionais são publicadas no **Instagram: @profmarcuscampiteli**

Estarei no fórum de dúvidas para respondê-los.

Espero que caia na prova somente o que vocês estudem!!!

Bons estudos e boa sorte!!!

Aula 00: Terraplenagem 5
1 – Terraplenagem 5
1.1 – Conceitos Básicos 5
1.2 – Projeto de Terraplenagem 7
1.2.1 – Características dos solos 14
1.2.2 – Distribuição de massas 16
1.2.3 – Definição de jazidas 25
1.3 – Compactação dos Aterros 26
1.3.1 – Aterros sobre solos com baixa capacidade de suporte 30
2 – Equipamentos de Terraplenagem 33
2.1 – Unidades de Tração (tratores) 33
2.2 – Unidades Escavoempurradoras 36
2.3 – Unidades Escavotransportadoras 37
2.4 – Unidades Escavocarregadoras 39
2.5 – Unidades de Transporte 42
2.6 – Unidades Aplainadoras 44
2.7 – Unidades Compactadoras 45
3 – Especificações de Serviços 48
3.1 – Serviços Preliminares 48
3.2 – Cortes 50
3.3 – Empréstimos 52
3.4 – Aterros 54
3.5 – Caminhos de serviço 58
4 – Questões Comentadas 60
5 – Lista de Questões Apresentadas Nessa Aula 65
6 – Gabarito 92
7 – Referências Bibliográficas 93



AULA 00: TERRAPLENAGEM

Olá pessoal,

A parte teórica desta aula é de autoria do professor Fábio Amorim, auditor do TCU na área de obras rodoviárias, formado em Engenharia de Fortificação e Construção pelo Instituto Militar de Engenharia – IME.

Eu apresento a videoaula e as questões comentadas.

Bons estudos!

1 – TERRAPLENAGEM

1.1 – CONCEITOS BÁSICOS

O DNIT define terraplenagem como o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga e compactação dos solos, aplicadas da construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para construção de rodovias.

Em outras palavras, a terraplenagem propicia a obtenção da forma da rodovia. Para tal, são realizadas diversas operações de movimentação de terra, de forma a escavar o solo em determinados locais e depositá-lo nos locais em que isso seja necessário. Essas ações dão **alinhamento** e **harmonia** à rodovia.

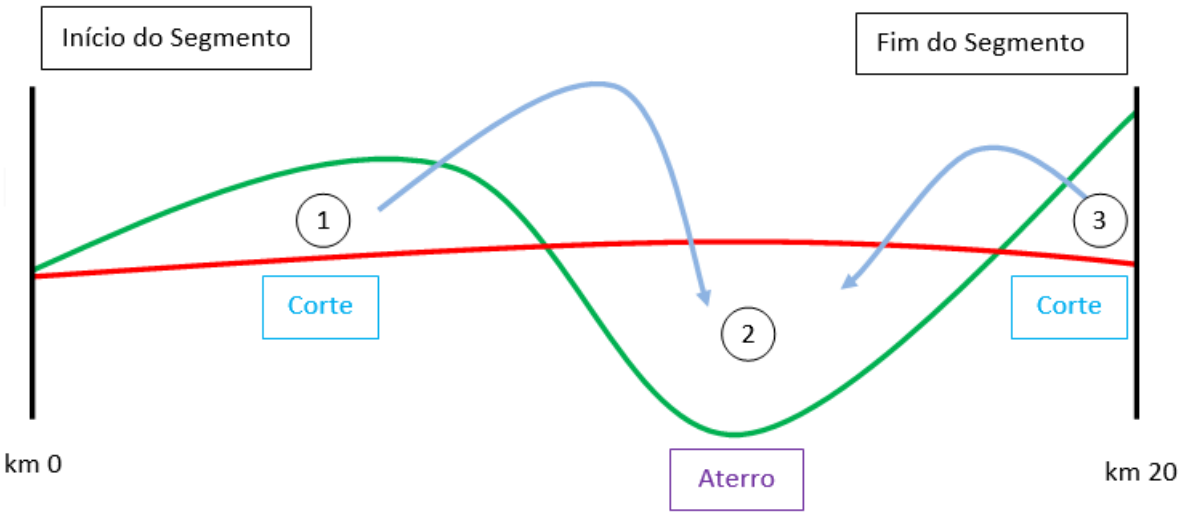
Essa movimentação de terra advém do princípio de que os desvios no alinhamento vertical de uma rodovia (subidas e descidas), bem como no seu alinhamento horizontal (curvas), devem ser os mais amenos possíveis, de modo a garantir segurança, funcionalidade e conforto aos futuros usuários.



Rodovia dos Bandeirantes - São Paulo

Assim, esses desvios amenos somente são conseguidos graças à terraplenagem, possibilitando assim a obtenção de uma rodovia segura, funcional, e também confortável.

Longitudinalmente, podemos simplificar a terraplenagem da seguinte forma:



A linha em verde retrata o perfil vertical do terreno natural, no segmento onde a rodovia deverá ser construída. Já a linha em vermelho retrata o perfil vertical projetado da rodovia. Percebam que para se chegar ao alinhamento adequado, deverá haver uma considerável movimentação de terra no segmento a ser construído.

Nesse exemplo, o solo será escavado e carregado dos segmentos (1) e (3), transportado e descarregado para o segmento (2). Para completar a operação de terraplenagem, o solo descarregado no segmento (2) será espalhado, conformado e compactado, de modo a alcançar o alinhamento e resistência necessários para a construção posterior do pavimento da rodovia.

Os segmentos (1) e (3) são chamados de segmentos de corte, pois neles, o alinhamento será conseguido com a escavação do terreno natural. Já o segmento (2) é chamado de segmento em aterro, pois nele, o alinhamento será conseguido com o acréscimo de solo.

Transversalmente, visualizamos da seguinte forma os segmentos de corte (1) e (3) e os segmentos de aterro (2):



Seção de Corte



Seção de Aterro

Para finalizar esses conceitos básicos, é preciso dizer que nem sempre o volume de corte disponível é suficiente para realizar todas as operações de aterro. Nesse caso, deverão ser escavados solos oriundos de outros segmentos da própria rodovia, ou então, de jazidas com material qualificado, localizadas nas proximidades ou até distantes da rodovia. A essa operação dá-se o nome de **empréstimo**.

Por outro lado, pode acontecer de o volume dos cortes ser superior ao necessário para realizar os aterros. Ou então, pode acontecer de a qualidade do material de corte não ser adequado para a construção dos aterros. Nesses casos, faz-se necessário depositar os solos excedentes ou inapropriados em locais pré-determinados. A esses locais damos o nome de **bota-fora**, os quais se localizam fora da plataforma da rodovia, e, de preferência, dentro dos limites da faixa de domínio.

Pessoal, feita essa parte introdutória, vamos nos ater ao programa do nosso concurso!

1.2 – PROJETO DE TERRAPLENAGEM

Os estudos geotécnicos que vimos na última aula, bem como a definição do projeto geométrico da rodovia possibilitam ao projetista confeccionar o projeto de terraplenagem.

Objetivo

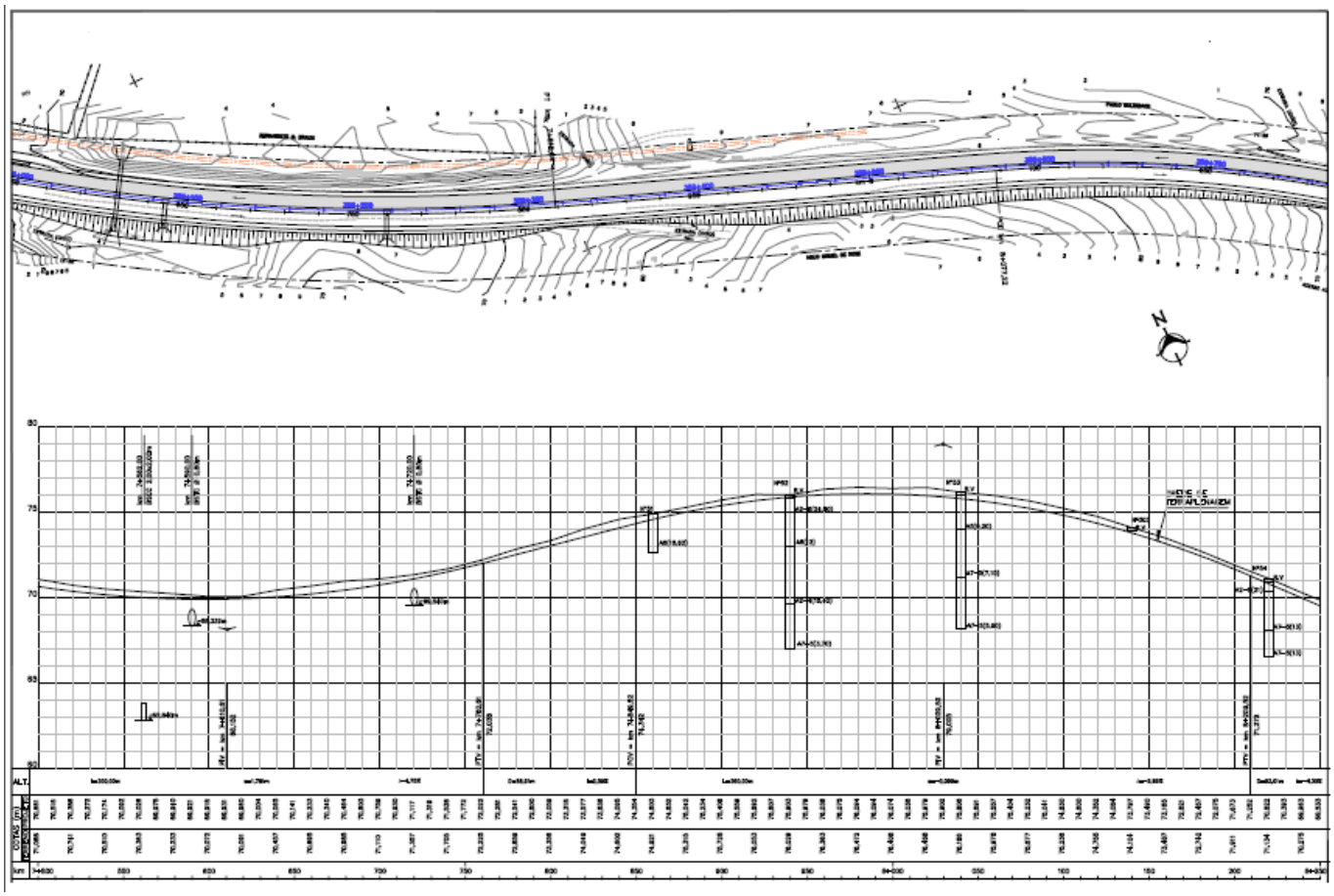
O Projeto de Terraplenagem tem por objetivo:

a) a **determinação dos quantitativos de serviços de terraplenagem**;
b) a determinação dos **locais** de **empréstimos** e **bota-foras**;
c) a **caracterização precisa**, em termos de todos os parâmetros geotécnicos, dos **materiais a serem utilizados**;

d) a apresentação de **quadros de distribuição** e orientação do movimento de terra.

Elaboração do Projeto - premissas

O projeto de uma rodovia deve ser escolhido de forma a harmonizar os elementos geométricos da planta e do perfil, fornecendo uma estrada segura, confortável e adequada à região por ela percorrida e, de preferência, com baixo custo de construção.



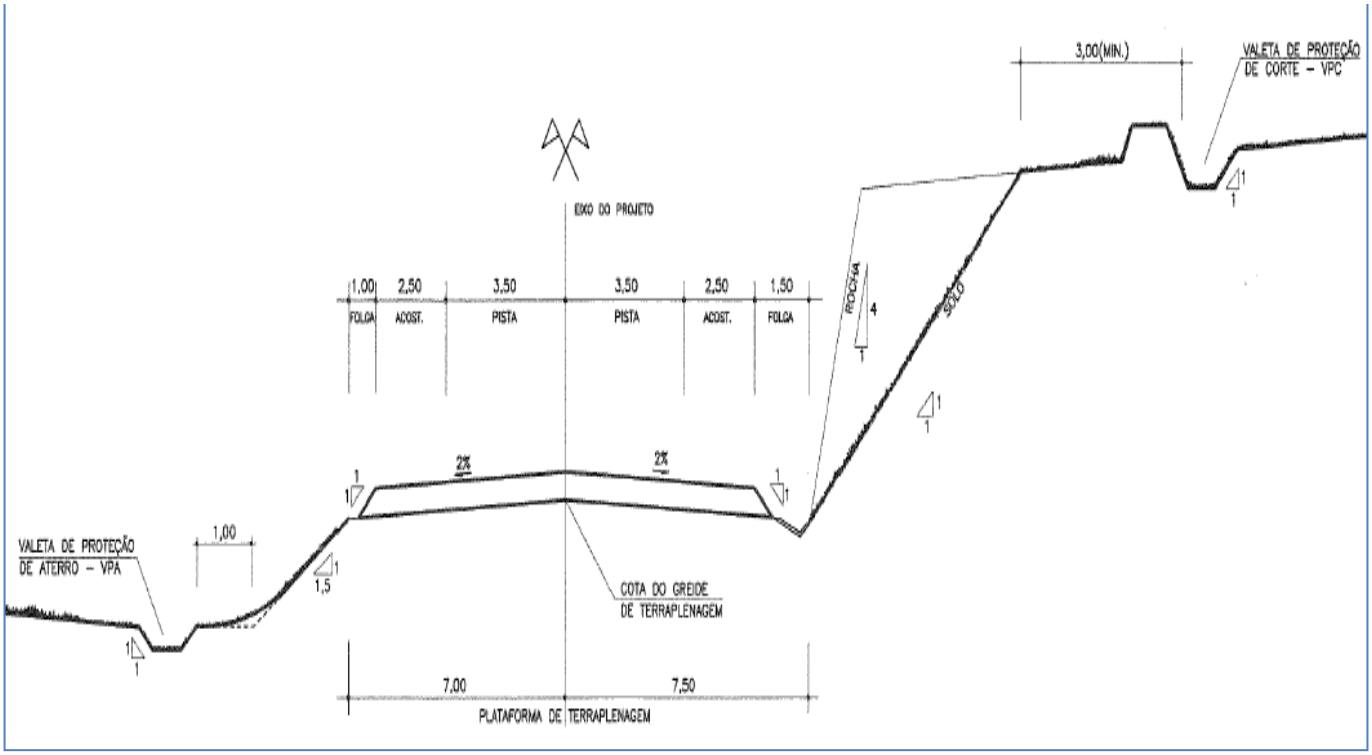
Planta e Perfil de um Projeto de Rodovia

O custo do movimento de terra é significativo em relação ao custo total da obra, por isso, sempre que possível deve ser feito o equilíbrio entre volumes de cortes e aterros, empréstimos e bota-foras, de forma a se ter movimentos de terra equilibrados e com reduzidas distâncias de transporte.

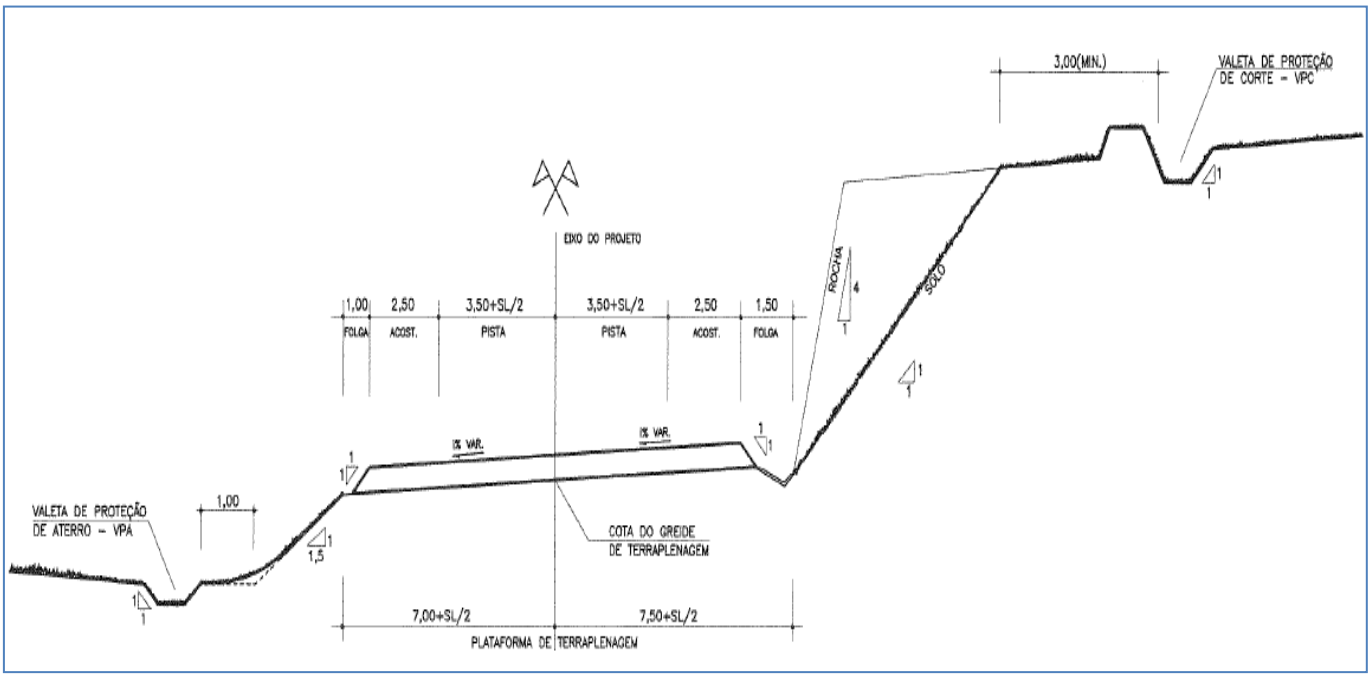
Definição das Seções Transversais

Um dos primeiros passos na elaboração do projeto de terraplenagem é a definição da plataforma de terraplenagem, com base nas diretrizes do projeto como um todo.

Assim, a partir das medidas projetadas para a plataforma do pavimento, é possível calcularmos a largura da plataforma de terraplenagem, bem como determinar seus principais elementos.



Seção transversal tipo – em reta



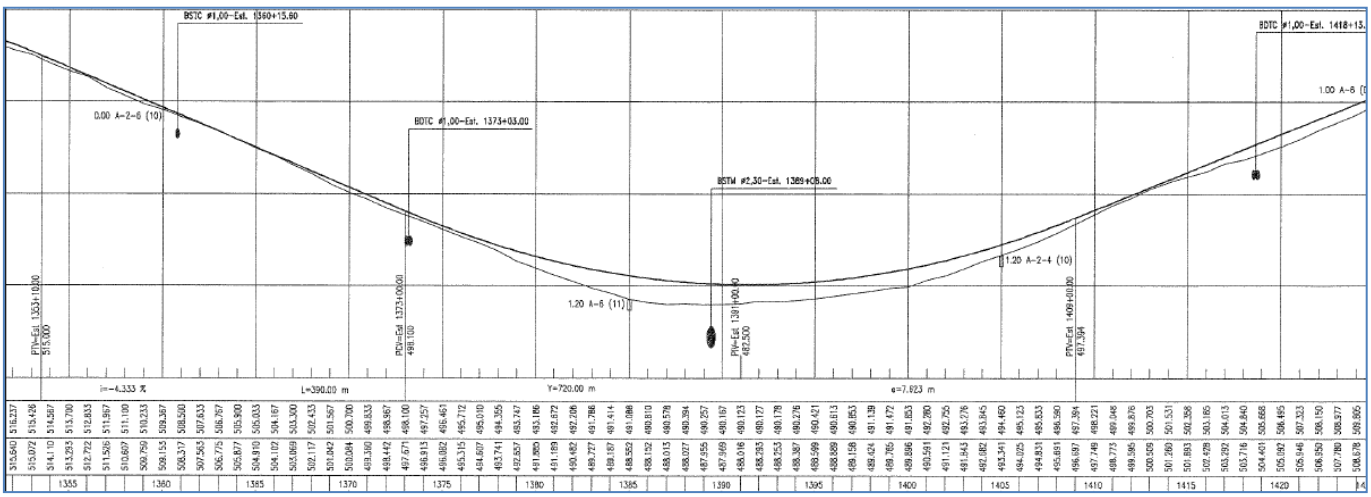
Seção transversal tipo – em curva

Percebam nas seções transversais tipo mostradas na figura anterior, a definição das medidas da plataforma de terraplenagem, da inclinação dos taludes de corte e aterro, bem como a previsão dos elementos de drenagem como sarjetas e valetas.

Definição do Perfil Longitudinal

Um dos produtos esperados do projeto geométrico de uma rodovia é a definição do perfil longitudinal do terreno. É a partir desse perfil que serão calculados os volumes de cortes e aterros.

É possível, entretanto, que os resultados do projeto de terraplenagem impliquem em pontuais alterações no projeto geométrico. Assim, esses ajustes no projeto de terraplenagem e no geométrico são feitos iterativamente, de forma a se obter a melhor solução para a distribuição de cortes e aterros, bem como para a geometria, sempre atendendo às diretrizes principais de projeto.

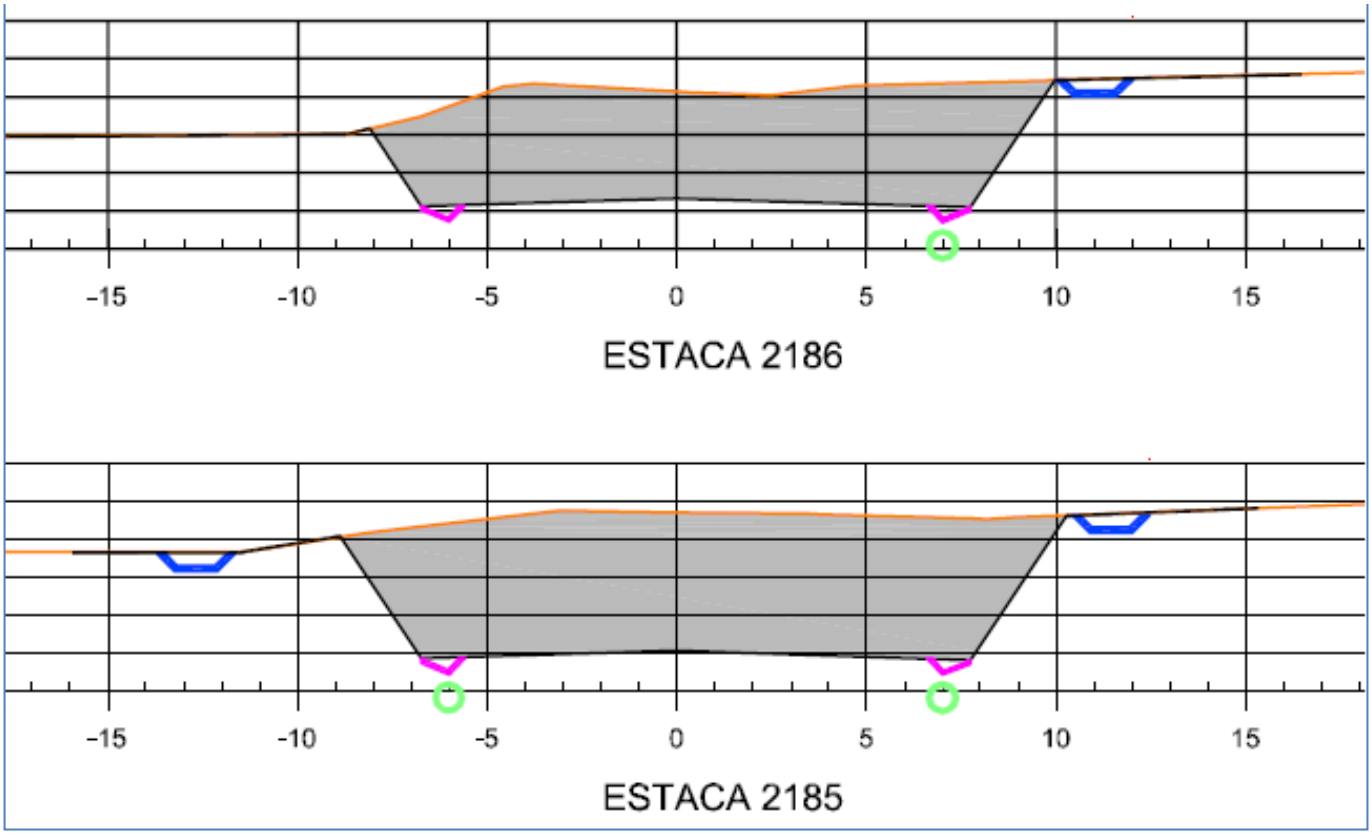


Perfil Longitudinal de um Segmento de Rodovia – Projeto

Cálculo de Volumes

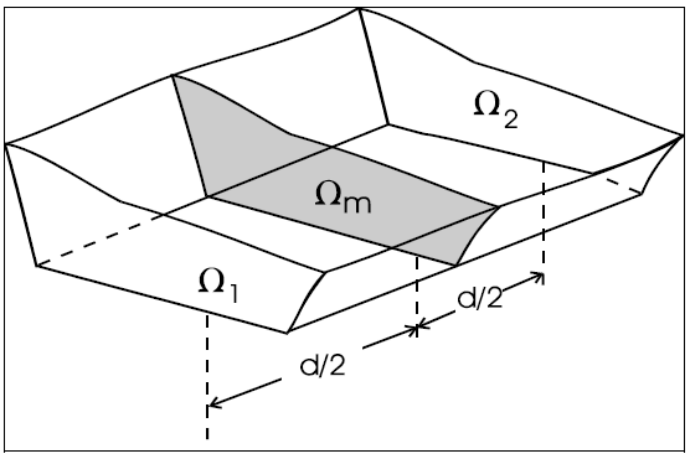
Definido o perfil vertical da rodovia e a seção transversal tipo, é possível obter todas as seções transversais do segmento a ser construído.

Convencionalmente, são obtidas as seções transversais a cada 20m de extensão, a partir da origem, considerando-se que haja variações lineares entre duas seções consecutivas. Cada seção transversal corresponde a uma estaca. No exemplo abaixo, a estaca 2186 representa o km 43+720 da obra (2186 x 20 = 43720).



Seções transversais consecutivas

Assim, partir do volume do prisma formado por duas seções consecutivas, pode-se calcular o volume entre essas duas seções, conforme mostra a figura a seguir:



O volume do prisma é calculado pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \; x \; (d_1 + d_2)$$

Como estamos calculando o volume entre duas estacas consecutivas, o volume é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$V = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \; x \; (20) =$$

$$\boldsymbol{V = 10 \; x \; (\Omega_1 + \Omega_2)}$$

Atualmente, com o avanço da computação, esses cálculos são efetuados todos por softwares especializados, não havendo para o projetista, nesta etapa, dificuldades na obtenção das áreas das seções.

O resultado, pois, são registrados em planilhas com as seguintes informações:

VOLUMES DE TERRAPLENAGEM

ESTACA	ÁREAS (m²)							VOLUMES PARCIAIS (m³)							VOLUMES ACUMULADOS (m³)						
	CORTE				ATERRO			CORTE				ATERRO			CORTE				ATERRO		
(km)	1ª	2ª	3ª	TOTAL	INF	SUP	TOTAL	1ª	2ª	3ª	TOTAL	INF	SUP	TOTAL	1ª	2ª	3ª	TOTAL	INF	SUP	TOTAL
2+000					8,06	8,60	16,66					405	172	577	607			607	236085	23308	259393
2+020			8,83	8,83	0,62	2,02	2,64			88	88	87	106	193	607		88	695	236172	23414	259586
2+040			39,41	39,41	0,02	1,36	1,38			482	482	6	34	40	607		570	1177	236178	23448	259626
2+060			80,72	80,72		0,69	0,69			1201	1201		21	21	607		1771	2378	236178	23469	259647
2+080			92,65	92,65		0,20	0,20			1734	1734		9	9	607		3505	4112	236178	23478	259656
2+100			64,24	64,24						1569	1569		2	2	607		5074	5681	236178	23480	259658
2+120			8,24	8,24						725	725				607		5799	6406	236178	23480	259658
2+140			5,72	5,72						140	140				607		5939	6546	236178	23480	259658
2+160	5,49			5,49				55		57	112				662		5996	6658	236178	23480	259658
2+180	3,75			3,75		0,72	0,72	92			92		7	7	754		5996	6750	236178	23487	259665
2+200	3,19			3,19		3,31	3,31	69			69		40	40	823		5996	6819	236178	23527	259705
2+220	2,70			2,70	1,21	5,87	7,08	59			59	12	92	104	882		5996	6878	236190	23619	259809
2+240	1,89			1,89	10,80	8,98	19,78	46			46	120	149	269	928		5996	6924	236310	23768	260078
2+260	1,25			1,25	39,82	10,67	50,49	31			31	506	197	703	959		5996	6955	236816	23965	260781
2+280	1,15			1,15	55,04	10,67	65,71	24			24	949	213	1162	983		5996	6979	237765	24178	261943
2+300	1,27			1,27	51,31	10,67	61,98	24			24	1064	213	1277	1007		5996	7003	238829	24391	263220
2+320	0,44			0,44	53,36	10,67	64,03	17			17	1047	213	1260	1024		5996	7020	239876	24604	264480
2+340	0,05			0,05	52,01	10,67	62,68	5			5	1054	213	1267	1029		5996	7025	240930	24817	265747
2+360	0,74			0,74	48,71	10,67	59,38	8			8	1007	213	1220	1037		5996	7033	241937	25030	266967
2+380	0,79			0,79	43,41	10,67	54,08	15			15	921	213	1134	1052		5996	7048	242858	25243	268101
2+400	0,71			0,71	26,67	10,67	37,34	15			15	701	213	914	1067		5996	7063	243559	25456	269015
2+420	0,17			0,17	11,86	10,40	22,26	9			9	385	211	596	1076		5996	7072	243944	25667	269611
2+440	0,96			0,96	5,71	9,12	14,83	11			11	176	195	371	1087		5996	7083	244120	25862	269982
2+460			0,98	0,98	0,18	5,95	6,13	10		10	20	59	151	210	1097		6006	7103	244179	26013	270192
2+480			7,34	7,34						83	83	2	60	62	1097		6089	7186	244181	26073	270254

Na planilha mostrada, observem que para cada estaca (primeira coluna) é indicada, à direita, a área de corte e/ou aterro respectiva, detalhando-se ainda o seguinte:

a) nas seções em corte, discriminam-se as áreas para cada categoria de material, segundo as definições do DNIT (1ª categoria, 2ª categoria e 3ª categoria);

b) nas seções em aterro, discriminam-se as áreas para o corpo do aterro (primeiras camadas), e para a camada final do aterro (últimos 60cm).

Nas próximas colunas à direita constam os volumes de cada prisma formado por duas seções consecutivas, conforme vimos anteriormente.

Por fim, as últimas colunas à direita retratam os volumes acumulados em corte e em aterro, ou seja, a soma dos volumes calculados conforme descrito no parágrafo anterior.

Assim, ao final, é possível obter as seguintes informações:

- ✓ Volume de corte entre cada seção consecutiva;
- ✓ Volume de aterro entre cada seção consecutiva;
- ✓ Volume total de corte para os materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias;
- ✓ Volume total para o corpo de aterro;

- ✓ Volume total para a camada final de aterro.

Essas informações são um primeiro passo para que o projeto possa cumprir um de seus objetivos que é a **determinação dos quantitativos de serviços de terraplenagem**.

A partir dessas informações, é possível ainda avaliar se foi conseguido um equilíbrio entre os volumes de corte e volumes de aterro, de modo a minimizar a necessidade de utilização caixas de empréstimo e bota-foras ao longo da rodovia.

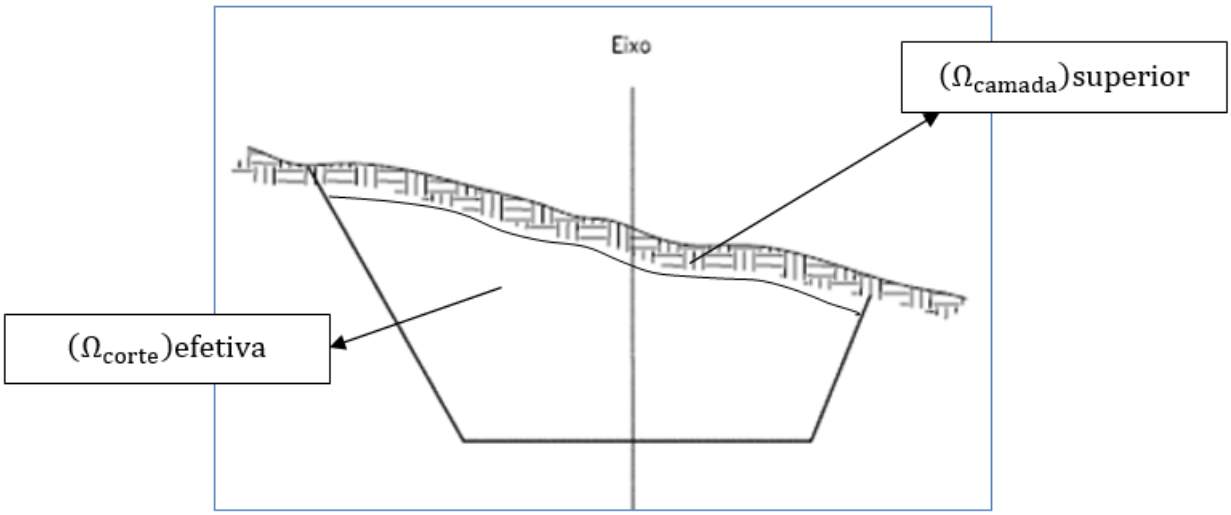
Influência das Operações de Limpeza

Nos segmentos a serem construídos em terrenos virgens, é necessário que se faça a remoção, antes de qualquer operação de terraplenagem, de todas as espécies vegetais e também da camada superior do terreno (camada vegetal) de características geotécnicas inadequadas para fins rodoviários.

Como as operações de limpeza removem a porção superior do terreno natural, então:

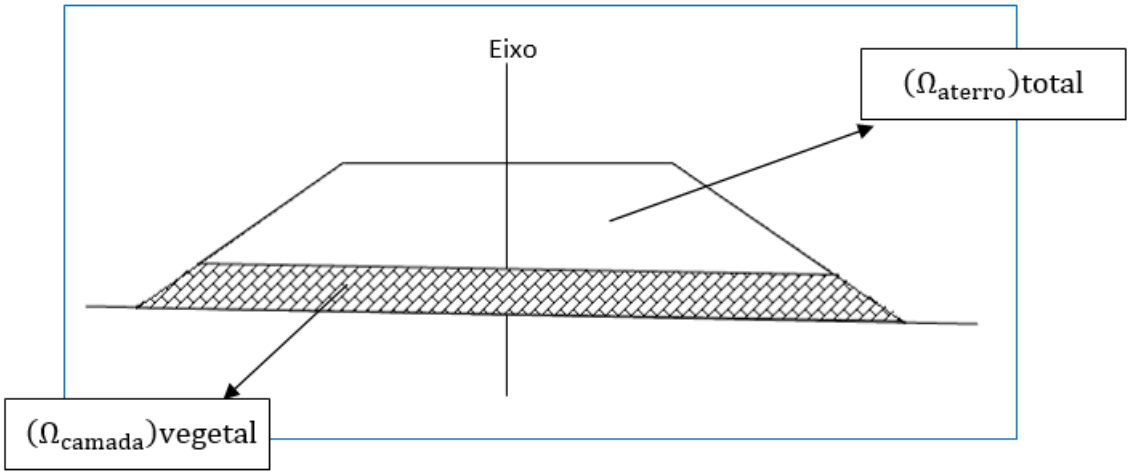
a) Para seções de corte, o volume com que se pode contar é obtido pela diferença entre a área total e a área resultante da remoção da camada superior, ou seja:

$$(\Omega_{\text{corte}})\text{efetiva} = (\Omega_{\text{corte}})\text{total} - (\Omega_{\text{camada}})\text{superior}$$



b) Para as seções em aterro, o processo é o inverso: a remoção da camada vegetal é feita antes da execução do aterro e torna a área efetiva, e consequentemente o volume a aterrar, maior do que a área total, ou seja:

$$(\Omega_{\text{aterro}})\text{efetiva} = (\Omega_{\text{aterro}})\text{total} + (\Omega_{\text{camada}})\text{vegetal}$$



Essas correções a serem feitas nas áreas de corte e aterro já devem estar contabilizadas quando do cálculo dos volumes, na planilha que vimos anteriormente.

1.2.1 – CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS

Vimos na nossa aula nº 4 que os estudos geotécnicos possuem como objetivo a definição das características técnicas do subleito, os quais fundamentam, de forma decisiva, o projeto de terraplenagem. Uma importante informação é a definição da categoria dos solos.

Definição das categorias de solos

A forma como a escavação é feita depende, entre outros fatores, do tipo de solo que está sendo escavado, o que influencia diretamente na escolha dos equipamentos, na dificuldade de execução e na produtividade do serviço.

Nesse sentido, torna-se importante a definição do tipo de solo a ser trabalhado em cada segmento de rodovia. A metodologia elaborada pelo DNIT define o solo em três categorias:

a) 1ª categoria:

"terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixos[1] rolados ou não, com diâmetro máximo inferior de 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, compatíveis com a utilização de "dozer", "scraper" rebocado ou motorizado";

[1] Fragmentos de rocha com dimensão maior entre 2 e 50mm. Fragmento de rocha arredondado que se encontra à beira-mar e em leito de rios caudalosos.



Escavadeira operando em um material de 1ª categoria

b) 2ª categoria

(segundo o Manual de Implantação Básica do DNIT): "rocha com resistência à penetração mecânica **inferior ao granito**, blocos de pedra de **volume inferior a 1m³**, matacões e pedras de **diâmetro médio superior a 15 cm**, cuja extração se processa com emprego de explosivo ou uso combinado de explosivos, máquinas de terraplenagem e ferramentas manuais comuns";

(segundo a Norma DNIT 106/2009-ES): "compreende os solos de resistência ao desmonte mecânico **inferior à da rocha não alterada**, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente; a extração eventualmente **pode envolver o uso de explosivos** ou processo manual adequado. Estão incluídos nesta categoria os blocos de rocha de **volume inferior a 2 m³** e os matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15 m e 1,00 m".



Talude em material de 2ª categoria

c) 3ª categoria

(segundo o Manual de Implantação Básica do DNIT): rocha com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha de **volume igual ou superior a 1 m³**, cuja extração e redução, para tornar possível o carregamento, se processam com o **emprego contínuo de explosivo**.

(segundo a Norma DNIT 106/2009-ES): compreende os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m, ou de **volume igual ou superior a 2 m³**, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o **emprego contínuo de explosivos**.



Talude em material de 3ª categoria

A definição de cada categoria de solo em todos os segmentos da rodovia a ser terraplenada, aliada ao produto dos estudos geotécnicos da rodovia, faz com que os materiais a serem utilizados na terraplenagem sejam **precisamente caracterizados**, em termos de todos os parâmetros geotécnicos, atendendo, assim, a um dos objetivos do projeto de terraplenagem.

1.2.2 – DISTRIBUIÇÃO DE MASSAS

No processo de confecção do projeto de terraplenagem, cabe agora, ao projetista, definir o destino de cada solo escavado na rodovia. A partir da origem e do destino de cada material é possível quantificar as distâncias de transporte de cada volume terraplenado, atendendo a outro objetivo do projeto de terraplenagem, que é a confecção de um **quadro de distribuição de materiais**. *Vamos ver agora como conseguir esse objetivo!*

Variações Volumétricas dos Solos

Pessoal, para nós conseguirmos compactar 1 m³ de solo, quantos metros cúbicos são necessários escavar? E, quantos metros cúbicos são necessários transportar? A pergunta pode parecer simples, mas a resposta nem tanto!

Um material a ser terraplenado, possuidor de uma massa "m", ocupa no corte de origem um volume V_{corte}. Ao ser escavado, esse material sofre um desarranjo em suas partículas, de forma que a mesma massa passa a ocupar um volume V_{solto}. Finalmente, após ser descarregado e submetido a um processo mecânico de compactação, o material ocupará um terceiro volume V_{comp}. Para os solos terraplenados, prevalece a seguinte relação:

$$V_{solto} > V_{corte} > V_{comp}$$

Assim, em se tratando da mesma massa "m", podemos concluir que:

$$D_{comp} > D_{corte} > D_{solto}$$

Nota-se, portanto, que o material compactado no aterro terá uma densidade final superior àquela do seu local de origem e, consequentemente, ocupará um volume menor do que o ocupado originalmente.

O valor dessas densidades é intrínseco a cada solo, e deve ser determinado a partir dos ensaios de compactação realizados durante os estudos geotécnicos do projeto. Desse modo, para cada solo ter-se-á uma relação entre os volumes de corte e os volumes compactados.

Para fins de simplificação dos cálculos durante o projeto, o DNIT admite que o projetista considere uma relação média entre essas densidades.

Assim, para materiais de 1ª categoria, o DNIT adota, de forma generalista, a seguinte relação:

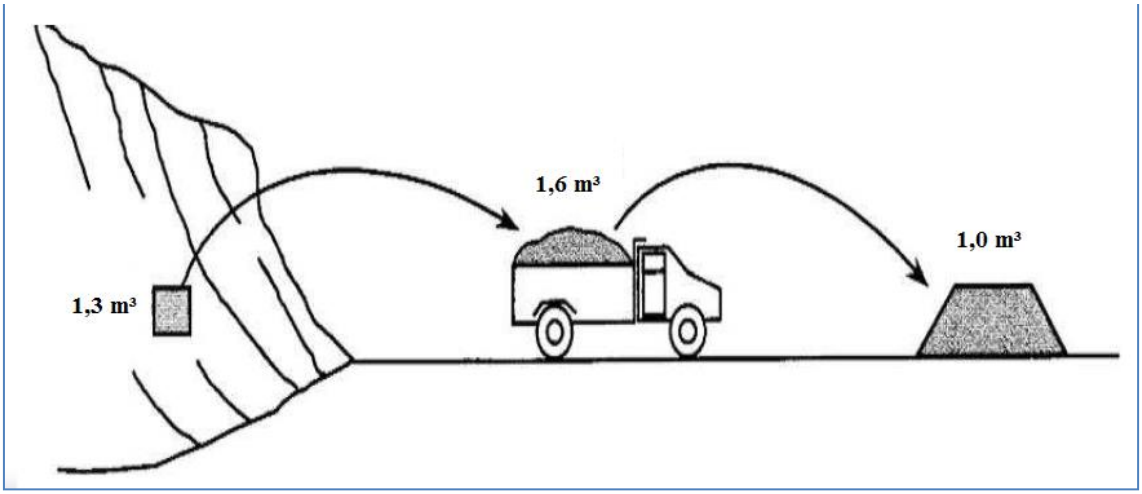
- ✓ **Densidade compactado = 1,3 x Densidade corte**
- ✓ **Densidade compactado = 1,6 x Densidade solto**

Ou então,

- ✓ **Volume corte = 1,3 x Volume compactado**
- ✓ **Volume transportado = 1,6 x Volume compactado**

Essas relações já incluem o percentual de perdas no transporte, da ordem de 5%.

A figura a seguir ilustra essa situação:



Variações volumétricas dos solos segundo o DNIT

Dentro desse contexto, surgem três coeficientes comumente aplicados para se efetuar a conversão dos volumes de solos, são eles:

a) **Fator de Empolamento** – é a relação entre o volume no corte e o volume solto.

$$Fator\ de\ Empolamento = \frac{Volume\ no\ Corte}{Volume\ Solto}$$

b) **Fator de Contração** - é a relação entre o volume compactado e o volume no corte.

$$Fator\ de\ Contração = \frac{Volume\ Compactado}{Volume\ no\ Corte}$$

c) **Fator de Homogeneização** - é a relação entre o volume no corte e o volume compactado.

$$Fator\ de\ Homogeneização = \frac{Volume\ no\ Corte}{Volume\ Compactado} = \frac{1}{Fator\ de\ Contração}$$

Diagrama de Brückner

O diagrama de massas ou de Brückner facilita sobremaneira a análise da melhor distribuição dos materiais escavados. Essa distribuição visa a definir a origem e o destino dos solos e rochas objetos das operações de terraplenagem, e é obtida a partir da tabela dos volumes acumulados (ver figura a seguir), que serve como base para construção do diagrama.

km	Estaca	Elementos Geradores de Serviços	Área da Seção Transversal (m^2)		Soma das Áreas das Seções Transversais (m^2)		Semidistância entre Seções (m)	Escavação dos Cortes (m^3)				Execução de Aterros (m^3)			Compensação Lateral (m^3)			Bota-fora	Ordenadas de Brückner
			Corte	Aterro	Corte	Aterro		Total Geométrico	1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.	Total	Corpo de Aterro	Camada Final	Corte	Aterro	Diferença	Volume (m^3)	

Uma observação importante que deve ser feita nessa planilha, é que os volumes de aterro não se referem ao volume compactado, mas sim, referem-se aos volumes de corte necessário para compactar os respectivos volumes de aterro de cada estaca. Assim, os volumes de aterro já devem considerar o fator de homogeneização como conversor dos volumes de aterro em volumes de corte. Ou seja, vamos supor que em uma determinada estaca, o volume de aterro seja de 400 m³. Para podermos realizar o aterro nessa estaca, necessitaremos de um volume maior de corte, não 400 m³, mas sim, (400 m³ x Fh), que é o volume a ser inserido na coluna dos aterros, onde Fh indica o fator de homogeneização do material a ser compactado.

Feita essa observação, vamos conhecer o Diagrama!

Para a construção do diagrama, calculam-se inicialmente as chamadas ordenadas de Brückner. Essas ordenadas correspondem aos volumes de cortes (convencionalmente positivos) e aterros (convencionalmente negativos) acumulados a cada estaca. A somatória dos volumes é feita a partir de uma ordenada inicial arbitrária.

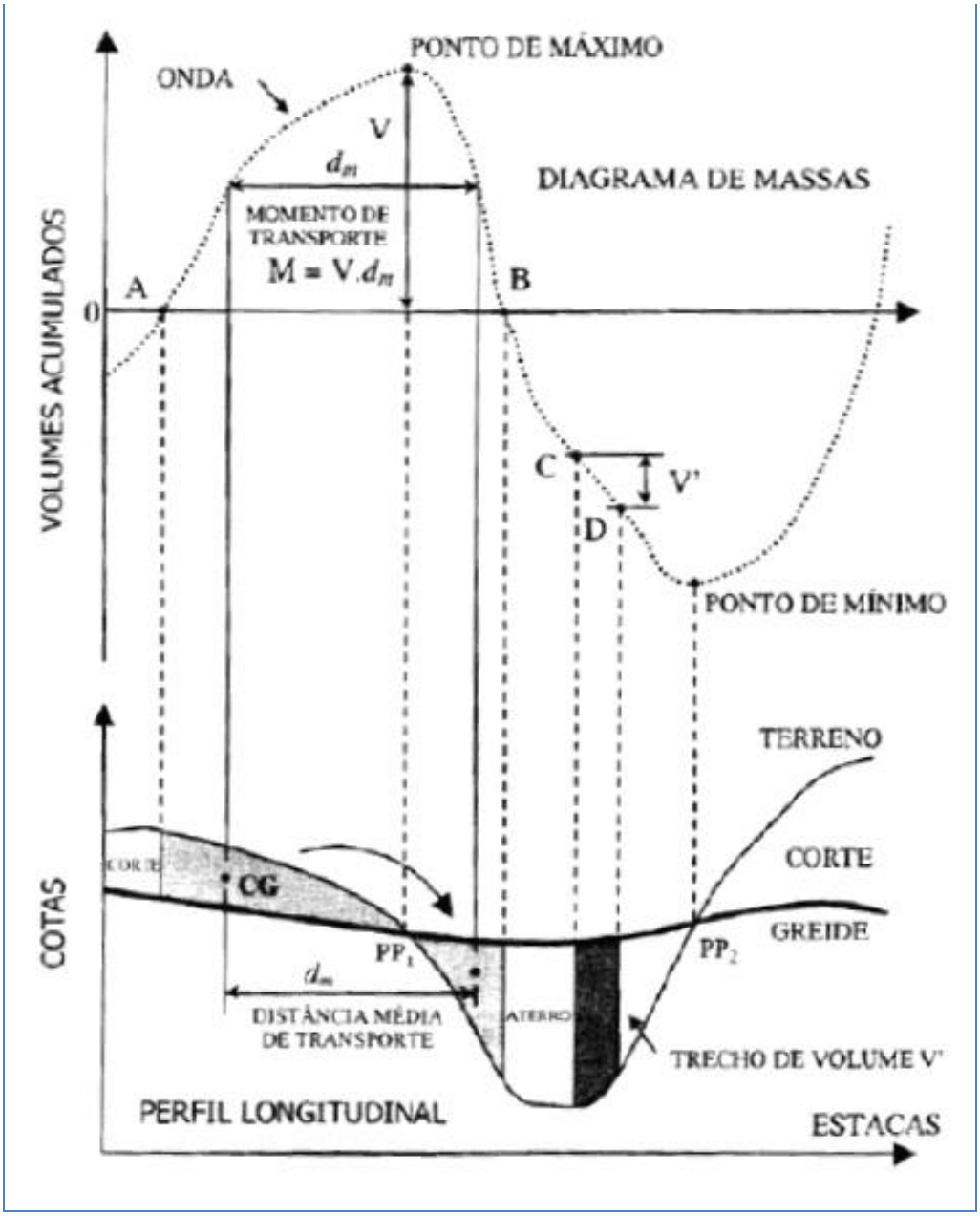
No caso de seções mistas, as ordenadas de Brückner consideram apenas a diferença entre os volumes de corte e aterro, haja vista que essa diferença representa o volume disponível para ser movimentado ao longo da rodovia. O mesmo não acontece com os volumes de compensação lateral, os quais são desconsiderados no cálculo das ordenadas de Brückner.

O exemplo a seguir ilustra a situação:

Estaca	Volume Corte (m³)	Volume Aterro (m³)	Compensação Lateral (m³)	Ordenada de Brückner
1	100	200	100	-100
2	150	0	0	50
3	200	40	40	210
4	0	100	0	110

As ordenadas calculadas são impressas, de preferência sobre uma cópia do perfil longitudinal do projeto. No eixo das abscissas é indicado o estaqueamento da rodovia, e no eixo das ordenadas, numa escala adequada, os valores acumulados para as ordenadas de Brückner, seção a seção. Os pontos assim marcados, unidos por uma linha curva, forma o Diagrama de Brückner.

A figura a seguir apresenta o perfil longitudinal de um trecho de rodovia e o digrama de massas correspondente.



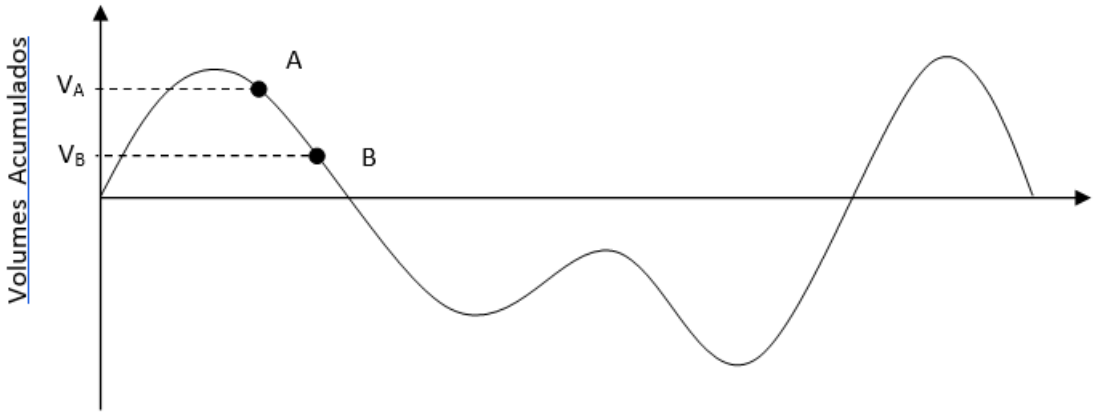
Vale destacar que o diagrama de massas não é um perfil, ou seja, a forma do diagrama de massas não guarda relação direta com a topografia do terreno.

Como mostra a figura anterior, **todo trecho ascendente do diagrama corresponde a um trecho de corte** (ou de seções mistas com predominância de corte). Além disso, todo **o trecho descendente do diagrama corresponde a um trecho de aterro** (ou de seções mistas com predominância de aterros em seções mistas).

Vale observar também que inclinações muito elevadas das linhas do diagrama indicam grandes movimentos de terra, seja em corte (ascendente) ou em aterro (descendente).

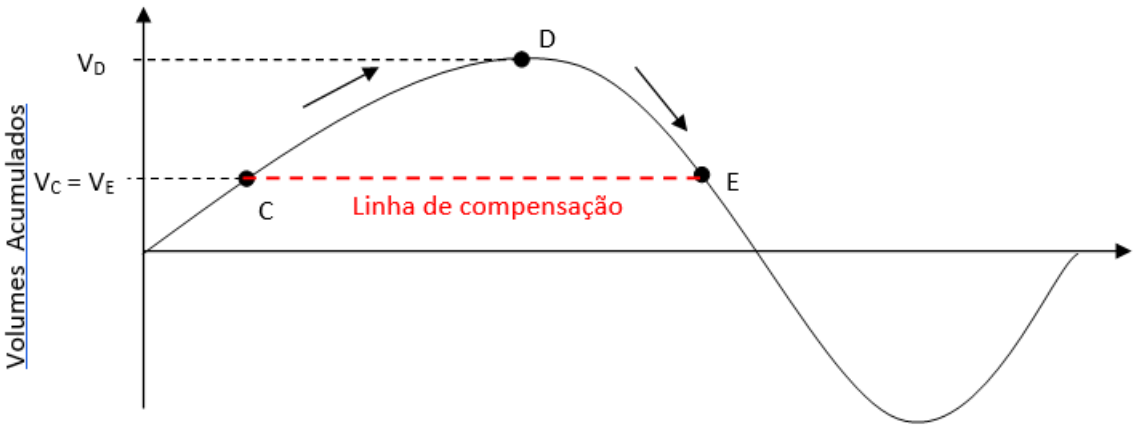
Os pontos notáveis do gráfico são, da mesma forma, muito importantes. Os **pontos de máximo** correspondem à passagem de **corte para aterro**, e os **pontos de mínimo** correspondem à passagem de **aterro para corte**.

A partir do diagrama, pode-se calcular o volume de terra entre duas estacas. Esse **volume** é obtido a partir da **diferença de ordenadas entre dois pontos do diagrama**.



Assim, o volume entre os pontos A e B da figura anterior é representado pela diferença (V_A - V_B), representando um trecho em aterro, já que o gráfico está numa trajetória descendente.

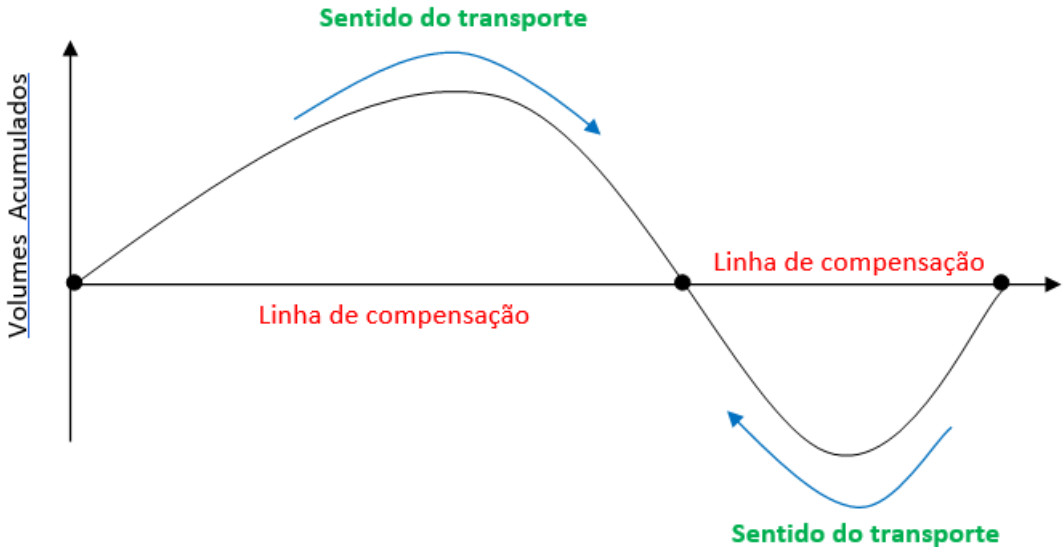
Além disso, qualquer linha horizontal traçada sobre o diagrama determina trechos de volumes compensados (volume de corte = volume de aterro corrigido), conforme veremos a seguir.



Segundo a figura acima, entre o ponto C e o ponto D tem-se um segmento em corte, cujo volume é (V_D – V_C). Entre o ponto D, e o ponto E, tem-se um trecho em aterro, cujo volume é (V_D – V_E), que é igual a (V_D – V_C). Portanto, entre os pontos C e E têm-se volumes compensando-se longitudinalmente.

Esta horizontal, por conseguinte, é chamada de linha de compensação (ou linha de terra). A medida do volume é dada pela diferença de ordenadas entre o ponto máximo ou mínimo do trecho compensado e a linha horizontal de compensação.

Dentro desse conceito, a posição da onda do diagrama em relação à linha de compensação indica a direção do movimento de terra. Ondas positivas (linha do diagrama acima da linha de compensação) indicam o transporte de terra no sentido crescente do estaqueamento da estrada. Ondas negativas indicam transporte no sentido contrário ao estaqueamento.

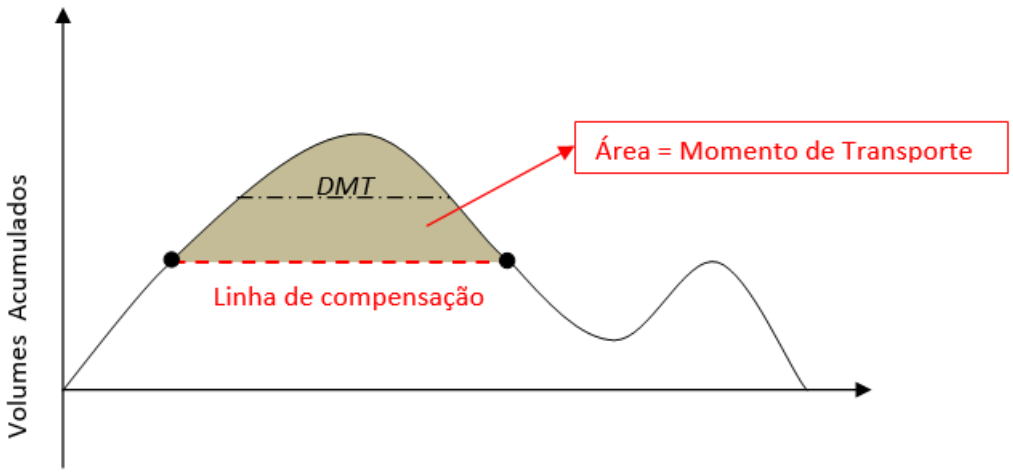


Importante observar ainda, que a área compreendida entre a curva do diagrama e a linha de compensação mede o **momento de transporte** da distribuição considerada.

Define-se Momento de Transporte como o produto dos volumes transportados pelas distâncias médias de transporte:

Momento (m^3 x km) = Volume (m^3) x DMT (km)

A distância média de transporte (DMT) de cada distribuição pode ser considerada como a base de um retângulo de área equivalente à do segmento compensado e de altura igual à máxima ordenada desde segmento. Vejamos a figura a seguir.



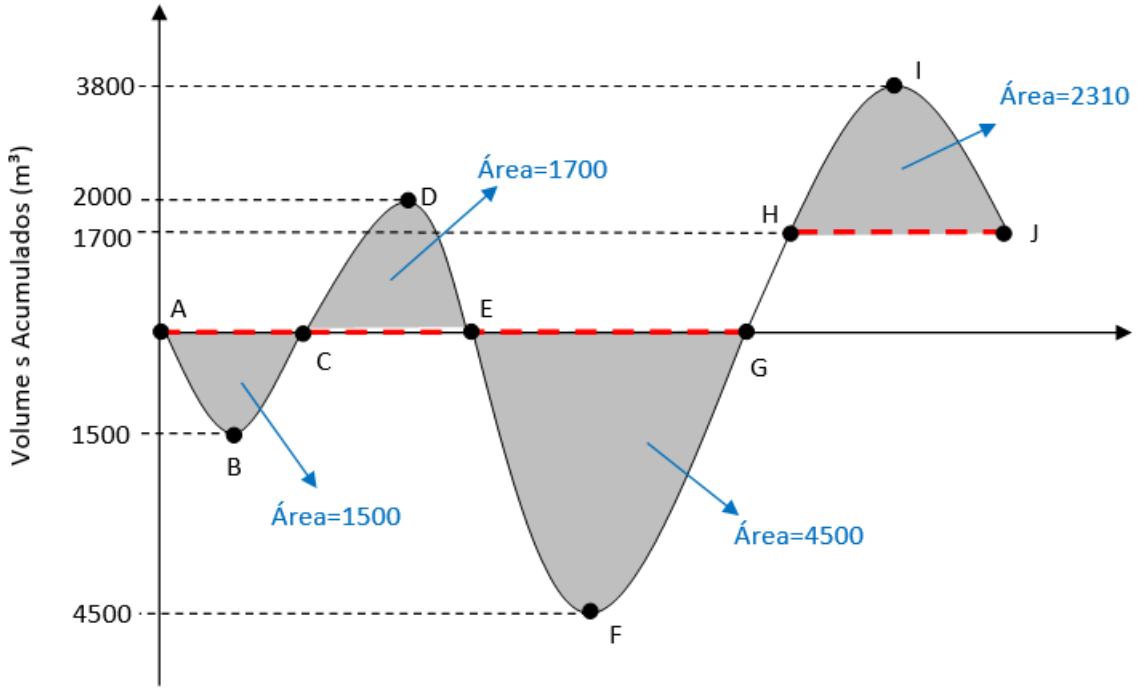
Quando é executado um transporte de solo de um corte para um aterro, as distâncias de transporte se alteram a cada viagem, sendo necessária, portanto, a determinação de uma distância média de transporte, que deverá ser igual à **distância entre os centros de gravidade dos trechos de cortes e aterros compensados**.

Resultados do Diagrama

Existem várias maneiras de se executar uma distribuição de massa em um projeto de terraplenagem. Cada uma das alternativas corresponderá a uma distância média de transporte global e, por conseguinte, um determinado custo de terraplenagem. Logo, um projeto racional de terraplenagem deverá indicar a melhor distribuição de terras, de maneira que a distância média de transporte e o custo das operações de terraplenagem sejam reduzidos a valores mínimos.

Mas, como conseguir isso com o diagrama de Brückner? Resposta: por meio do lançamento racional de diversas linhas de compensação dentro do Diagrama de Brückner!

Vamos mostrar um exemplo para vocês para podermos entender melhor. Vejamos o diagrama a seguir, com uma solução otimizada de distribuição.



Entre os pontos A e C, C e E, E e G, e H e J traçamos linhas de compensação. De forma que:

De A a B temos um segmento em aterro com volume de 1500 m³ ajustados. Entre os pontos B e C temos um corte com volume também de 1500 m³, havendo, pois, uma compensação.

O momento de transporte é igual a 1500 m³ x km, o que implica dizer que a distância de transporte é de 1 km (1500 m³ x km / 1500 m³) para essa compensação.

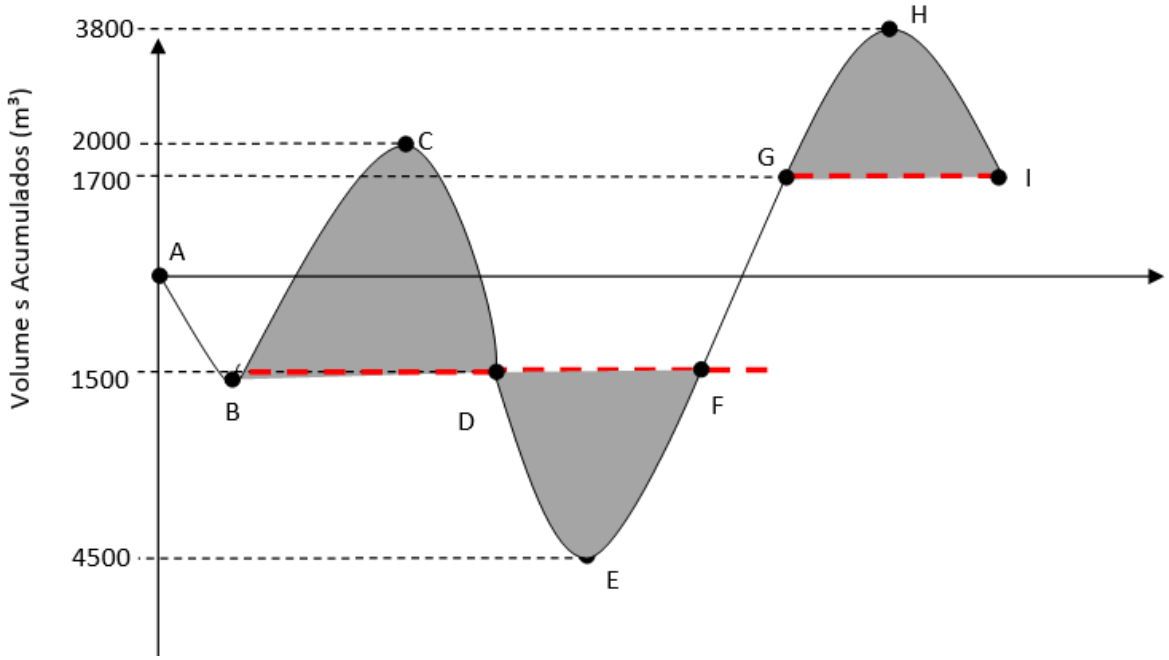
Seguindo esse mesmo raciocínio, a distância de transporte na compensação entre os pontos C e E é igual a 0,85 km, ou 850 m, entre os pontos E e G é igual a 1 km, e, entre os pontos H e J é igual a 1,1 km. *Tentem chegar também a esses resultados!*

Percebam que entre os pontos G e H surgiu um descompasso entre as linhas de compensação. Essa descontinuidade representa um segmento em corte, já que é um segmento ascendente. Só que entre esses dois pontos, não há compensação, ou seja, nenhum aterro irá receber esse solo, pois os demais pontos já sofreram compensação.

Sendo assim, o volume entre os pontos G e H (1700 m³) terá que ser conduzido para um bota-fora.

As linhas de compensação podem ser traçadas de diversas formas em um diagrama de Brückner. A escolha das melhores linhas é que propiciará a distribuição de massas mais eficiente possível.

Vejam pelo diagrama abaixo como a mesma situação pode ser elaborada de forma antieconômica.



Nesse caso, entre os pontos A e B teremos um volume de aterro sem compensação, isso significa a necessidade de obtermos uma caixa de empréstimo para abastecer esse segmento, com volume na ordem de 1.500 m³.

Entre os pontos F e G teremos um volume de corte sem compensação, isso significa a necessidade de obtermos um bota-fora com volume na ordem de 3.200 m³, ou um bota-fora com volume de 1.700m³, e transportar esse solo até o segmento AB, por meio de uma relevante distância média.

Planilha de ORIGEM-DESTINO

O resultado da distribuição de massas é a planilha de origem – destino dos materiais, conforme o exemplo a seguir.

km	PROCEDENCIA DO MATERIAL ESCAVADO					DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO							
			Volume (m³)				Aterro (m³)					Bota-fora	
	Discriminação	Localização	1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.	Localização	Total	Compensação longitudinal	Compensação transversal	Empréstimo	DMT	Volume (m³)	DMT

Em sequência, elabora-se, para todo o trecho, o “Resumo da Movimentação de Terras”, conforme o modelo a seguir.

RESUMO DO MOVIMENTO DE TERRAS								
Classificação	PROCEDÊNCIA			DESTINO				
	Corte	Empréstimo	Total (m^3)	Corpo de Aterro	Camada Final	Fundo de Corte	Bota-fora	Total (m^3)
1ª Cat.								
2ª Cat.								
3ª Cat.								
Total (m^3)								

ESCAVAÇÃO E TRANSPORTE					
Procedência	Distância de Transporte	1ª Cat.	2ª Cat.	3ª Cat.	Total (m^3)
Cortes e Empréstimos	Até 50 m				
	Entre 50 e 100 m Entre 100 e 200 m Entre 200 e 400 m Entre 400 e 600 m Entre 600 e 1000 m Maior que 1000 m				

COMPACTAÇÃO		OBSERVAÇÕES
Corpo de Aterro:	m^3	
Camada Final:	m^3	
Camada de Fundo de Corte:	m^3	
Total:	m^3	

Por essa planilha, cada serviço de escavação, carga e transporte é discriminado por intervalos de DMT, e por categorias de material.

O resultado é a obtenção de todos os quantitativos de serviços de terraplenagem, o que faz cumprir um dos objetivos do projeto de terraplenagem, conforme vimos no início desta aula.

1.2.3 – DEFINIÇÃO DE JAZIDAS

Os estudos geotécnicos possuem, como um de seus objetivos, a avaliação da ocorrência de jazidas de empréstimos para o aproveitamento no projeto de terraplenagem.

Ao final dos estudos, cumpre ao projeto de terraplenagem selecionar as jazidas que serão utilizadas, devendo-se avaliar tanto os critérios técnicos quanto econômicos.

Ao passo que é desejável a utilização de jazidas com ótimos resultados de CBR e expansão, não se pode abrir mão de grandes custos para que essas jazidas sejam aproveitáveis.

As jazidas consideradas aptas pelos estudos geotécnicos serão utilizadas para realizar a compensação de volumes em segmentos onde isso não seja possível, conforme visto no diagrama de Brückner.

Paralelamente a isso, não se pode afastar o atendimento às condicionantes ambientais, as quais impõem também a necessidade de recuperar as áreas degradadas nas jazidas de empréstimos, implicando, também, em custos adicionais.

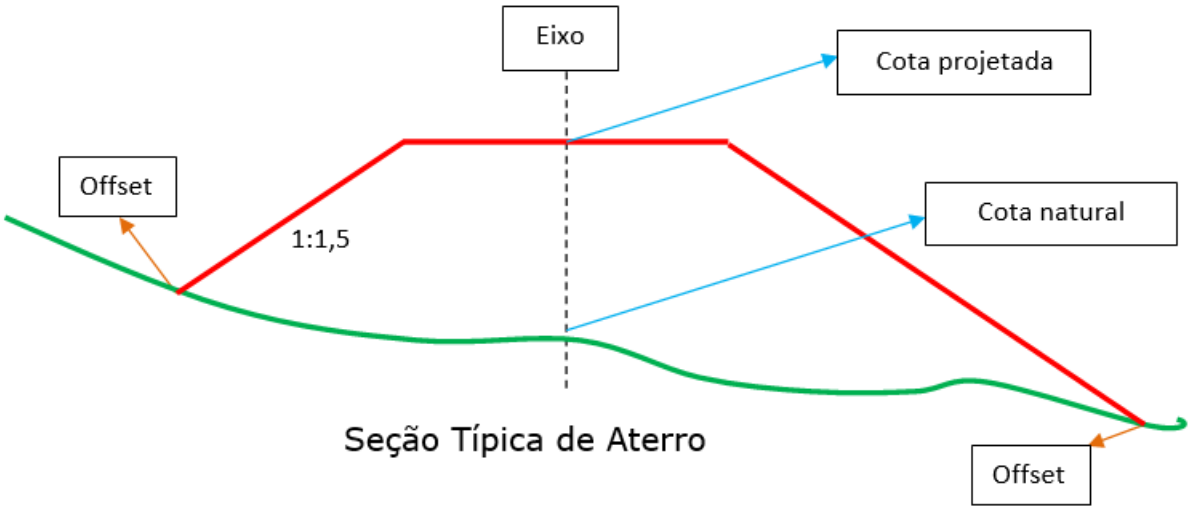
As áreas destinadas a bota-fora também devem ser determinadas pelo projeto de terraplenagem. Elas serão utilizadas para depositar o volume de solo excedente na distribuição de massas.

1.3 – COMPACTAÇÃO DOS ATERROS

Introdução

O aterro é definido como "segmento de rodovia cuja implantação requer depósito de materiais provenientes de cortes e/ou de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto (*offsets*) que definem o corpo estradal".

Em outras palavras, o aterro ocorre quando a cota projetada da rodovia supera a cota do terreno natural em um determinado segmento específico. Assim, para que se atinja a cota de projeto nesse segmento é necessário adicionar camadas de solo compactado, **provenientes de cortes** do próprio eixo estradal, **ou** então, **de jazidas de empréstimo** de solo localizadas nas proximidades da rodovia.



Nesse contexto veremos a partir de agora, aspectos importantes sobre a execução dos aterros, de acordo com as normas existentes no DNIT.

Características dos Solos aplicadas à compactação

No tocante à compactação de aterros, existem dois grandes grupos de solo:

Solos coesivos – São solos muito finos, com predominância de silte[2] e argila[3]. A coesão tem origem na capacidade desses solos em absorver a umidade.

[2] Solo constituído de pequenas partículas de minerais diversos de tamanho de grãos entre 0,05mm e 0,005mm.

[3] Solo que apresenta características marcantes de plasticidade; quando suficientemente úmido, molda-se facilmente em diferentes formas; quando seco, apresenta coesão bastante para formar torrões dificilmente desagregáveis à pressão dos dedos. O tamanho do seu grão é inferior a 0,005mm.

Na compactação dos solos coesivos, a função da água é envolver as partículas mais finas de solo, dotando-as de coesão. Qualquer acréscimo de água superior ao necessário faz com que as partículas se separem; o esforço de compactação, neste caso, é utilizado para expulsar a água, procurando a reaproximação das partículas.

Solos não coesivos (granulares) – São solos com predominância de grãos de rocha de tamanho variável. A parte fina destes solos pode ser arenosa ou siltosa. Exemplo: **areias**.

Nos solos granulares (arenosos), há predominância de partículas sólidas que entram em contato entre si. Durante a compactação, a água funciona como lubrificante, facilitando a movimentação e o entrosamento.

Aspectos Teóricos sobre a Compactação

Teoricamente falando, a compactação é o processo manual ou mecânico de aplicação de forças destinadas a reduzir o volume do solo até atingir sua densidade máxima. Entre outras razões, a diminuição do volume deve-se a:

- Melhor disposição dos grãos do solo, permitindo aos menores ocupar os espaços deixados pelos maiores;
- Diminuição do volume de vazios pela nova arrumação do solo;
- Utilização da água como lubrificante.

Cabe ainda considerar que essa redução de volume pela compactação é possível até determinado ponto, onde a maior parte das partículas entra em contato umas com as outras, ocasionando uma quantidade mínima de vazios.

Mecânica da compactação

Em resumo, para realizar a compactação de um solo, é necessário: (1) equipamento adequado que forneça a energia de compactação (rolos compactadores) e (2) água natural ou adicionada, para servir como lubrificante entre as partículas sólidas.

Porém, cada tipo de solo possui um processo de compactação mais eficiente. Assim, são conhecidos quatro processos fundamentais de compactação:

a) Por compressão – o esforço é proveniente da aplicação de uma força vertical, de maneira constante, o que provoca o deslocamento vertical do solo. Este deslocamento permite uma melhor arrumação das partículas, objetivando sempre a diminuição do volume de vazios.

b) Por amassamento – consiste na aplicação simultânea de forças **verticais** e **horizontais** provenientes do equipamento utilizado. Esta ação simultânea de forças é conseguida pelos rolos compactadores onde os esforços horizontais da tração são somados aos verticais do peso do rolo. Esse processo de compactação é o adequado para os solos **coesivos**. (**ex. rolo pé de carneiro, rolo de pneus etc.**).

c) Por impacto – consiste na aplicação de forças verticais, provocando impacto sobre a superfície em que é aplicada, com repetição até de 500 vezes por minuto (**ex.: compactador manual**).

d) Por vibração – quando a aplicação das forças verticais se dá com uma frequência de repetição acima de 500 golpes por minuto. Esse processo de compactação é o adequado para solos arenosos. (**ex. rolo liso vibratório**).

e) Misto – quando combinadas dois processos num mesmo movimento (ex. rolo pé-de-carneiro vibratório).

Equipamentos de compactação

Os principais tipos de rolos compactadores são: **pé de carneiro**, estático ou vibratório; **de pneus** com pressão fixa ou variável; e **liso**, estático ou vibratório.

É importante destacar que cada tipo de rolo tem suas características específicas, o que os tornam adequados para cada tipo específico de solo, o que não invalida o seu uso em outros solos, desde que se leve em conta a redução do rendimento.

Para os rolos acima citados, as principais características são:

a) Rolos pé de carneiro - Os rolos pé de carneiro **são mais eficientes em solos coesivos** (argilosos e siltosos), nos quais é necessário aplicar altas pressões para vencer a coesão do solo, com as patas penetrando na parte mais profunda.

Devido a esta característica, a compactação é realizada de baixo para cima, possibilitando um grau de compactação uniforme em toda a espessura.

A camada solta pode ter uma espessura até 25% maior do que a altura da pata, que é da ordem de 20 cm. À medida que o solo é compactado, a profundidade em que a pata penetra vai diminuindo, até o ponto em que o rolo praticamente passeia. A eficiência do rolo termina nos últimos 5,0 cm da camada, sendo, daí em diante, improdutiva a sua utilização.

Os rolos pé de carneiro não devem ser utilizados na compactação de solos granulares ou de pouca coesão, pois seu efeito é praticamente nulo.

Nos casos de solos em que haja a mistura de argila e areia, o rolo pé-de-carneiro deve ser aplicado com vibração, havendo, portanto, uma compactação mista nesses casos: por amassamento, e ao mesmo tempo por vibração.



Rolos pé de carneiro realizando a compactação

b) Rolos de pneus - Podem ser classificados em leves, médios e pesados. O número de pneus e a área de contato são de grande importância no valor da pressão efetiva de compactação.

Este tipo de rolo é o mais versátil e pode ser utilizado na maioria dos solos (misturas de areia, silte e argila), pelas vantagens do efeito de amassamento produzido pelos pneus. No entanto, possui boa eficiência em solos de granulação fina arenosa (misturas de areia com silte ou argila).

Devido à ação resultante da distribuição de pressões pelos pneus e o efeito do amassamento, a compactação se dá em toda a espessura da camada, com a particularidade de deixar a superfície totalmente fechada (selada).

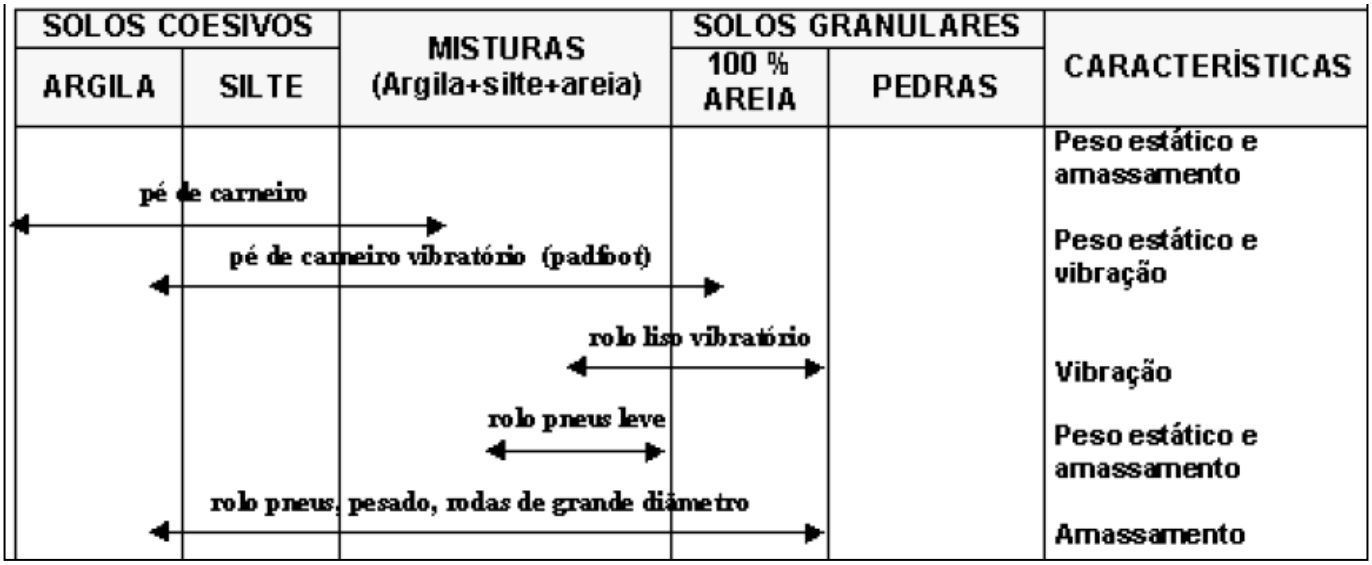
c) Rolos lisos vibratórios - São rolos metálicos dotados de um sistema vibratório, que permite aplicar ao solo determinado número de golpes por minuto (frequência).

Este tipo de rolo é de alta eficiência **principalmente para solos granulares, arenosos**. Sua eficiência se traduz numa rápida arrumação dos grãos, atingindo em pouco tempo a densidade máxima. O seu emprego, porém, está condicionado à correta utilização das vibrações transmitidas ao solo.

Os rolos lisos **estáticos** são de pouca aplicação em terraplenagem. O efeito de compactação destes rolos é dado de cima para baixo, provocando, em certos casos, o aparecimento de uma camada superficial compactada deixando a parte mais profunda parcialmente solta.

Resumo:

A figura a seguir resume a aplicação de cada rolo para cada tipo de solo:



1.3.1 – ATERROS SOBRE SOLOS COM BAIXA CAPACIDADE DE SUPORTE

Em algumas situações peculiares impostas pela geologia regional, o projetista de terraplenagem pode se deparar com problemas nas fundações dos aterros. Esses problemas dizem respeito à ocorrência, nos terrenos de fundação, de solos possuidores de baixa resistência de suporte, incapazes de resistir às pressões exercidas pelos aterros sem apresentar rupturas ou deformações apreciáveis.

Esses solos normalmente são formados pela presença direta da água (banhados), gerando materiais com forte contribuição orgânica e de péssimo comportamento geotécnico.

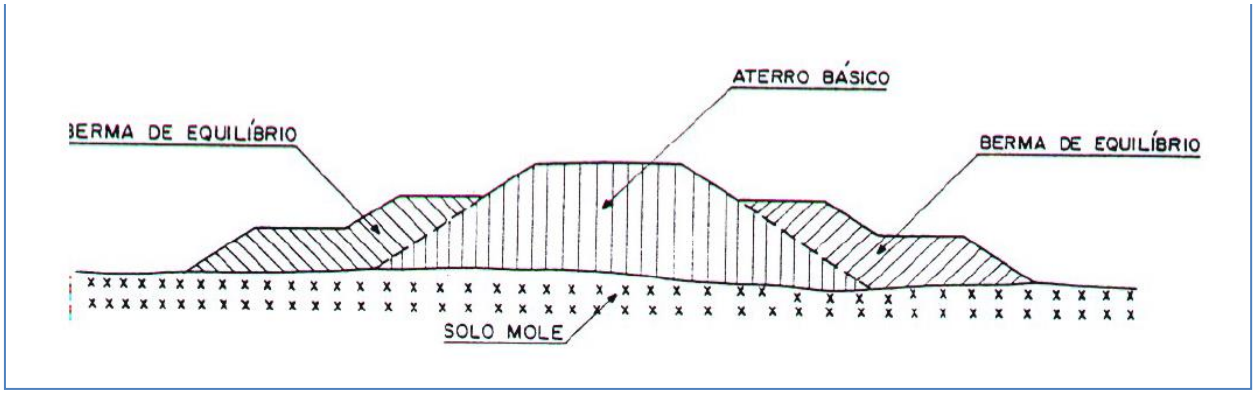
Admitindo-se como premissas básicas que os solos ocorrentes nos terrenos de fundação de um determinado aterro a ser construído são efetivamente “moles” e que qualquer mudança de traçado seria impraticável, podem ser cogitados diversos procedimentos especiais, com vistas à viabilização técnica da construção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

1ª Solução: Remoção da camada de solo mole

Trata-se de procedimento executivo bastante recomendável, principalmente par remoções com altura inferior a 3,0 m. Essa solução consiste, em linhas gerais, na remoção da camada problemática por equipamentos escavadores especiais, substituindo-se o volume resultante desta remoção por material de boa qualidade, normalmente inerte à ação da água. Depois de ultrapassar o nível d’água, executa-se normalmente o aterro projetado.

2ª solução: Execução de bermas de equilíbrio

Esse procedimento consiste na execução de aterro envolto por banquetas laterais, gradualmente decrescentes em altura, de sorte que a distribuição das tensões se faz em área bem mais ampla do que aquela que resultaria da utilização de um aterro convencional.



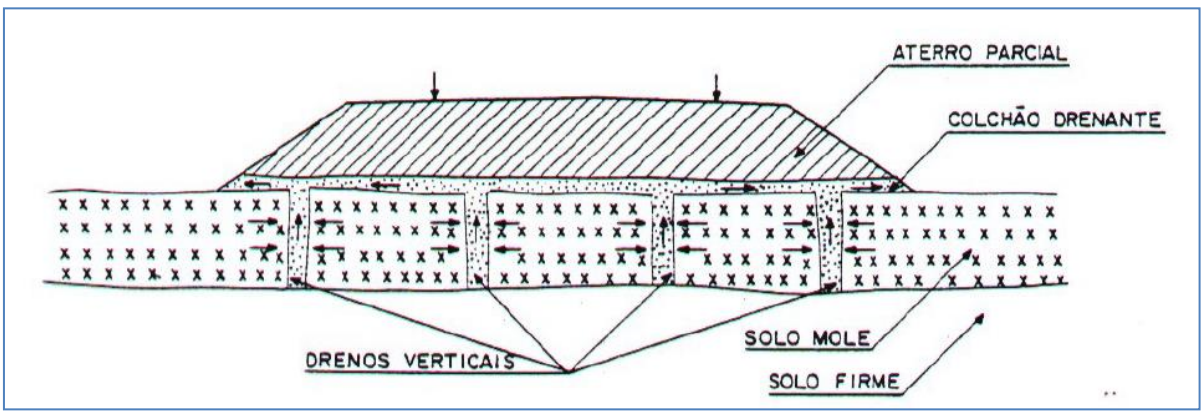
3ª solução: Execução de aterros por etapas

Esse procedimento consiste em sobrepor ao terreno de baixa resistência ao cisalhamento, por sucessivas vezes, frações do aterro projetado. A cada nova deposição de material, o adensamento da camada mole é monitorado, até que a sua estabilidade permita a adição da próxima camada de solo no aterro.

Esse processo é repetido até que haja a estabilidade total do aterro, permitindo, assim, o alcance das cotas de aterro projetadas.

4ª Solução: Execução de drenos verticais

Essa solução é fundamentada no fato de que a remoção da água acelera o processo de adensamento da camada de solo de baixa resistência. Uma prática é a execução de drenos verticais preenchidos com areia, adequadamente dispostos em planta e seção transversal, aos quais se sobrepõe um colchão drenante, composto pelo mesmo material. Posteriormente, segue-se a execução sobre esse colchão de parte do aterro, a qual exercerá pressão sobre o sistema, forçando a água de saturação a atingir os drenos verticais, ascender por estes e ser eliminada pela camada drenante.



Na atualidade, os chamados “geodrenos” apresentam-se como uma opção interessante em comparação aos drenos verticais de areia convencionais.



Instalação dos Geodrenos

5ª Solução: Reforço de Terreno de Fundação com Geossintético

Essa técnica consiste em aplicar sobre a superfície do terreno de fundação um geossintético do tipo geotêxtil, geocélula ou geogrelha. Esse tipo de reforço atua na estabilidade do aterro e na redução dos deslocamentos laterais, mas sem nenhuma influência significativa nos recalques dos aterros.

As características principais desse geossintético são a longa durabilidade, a alta resistência à tração, e flexibilidade, tornando a solução bastante prática e competitiva.



Geossintético aplicado como sobre a superfície do terreno

2 – EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM

Os serviços de terraplenagem, por sua natureza, diversificação e magnitude, requerem um processo executivo mecanizado, envolvendo a utilização de uma variedade de equipamentos pesados.

Podemos classificar os equipamentos de terraplenagem, de acordo com a sua finalidade, da seguinte forma:

a) Unidades de tração (tratores);
b) Unidades escavoempurradoras;
c) Unidades escavotransportadoras;
d) Unidades escavocarregadoras;
e) Unidades de transporte;
f) Unidades aplainadoras;
g) Unidades compactadoras.

As unidades de "a" a "e" são responsáveis pelas quatro operações básicas da terraplenagem: **escavação**, **carga**, **transporte** e **descarga**. Essas operações podem ser realizadas pelo mesmo equipamento, ou por meio de uma equipe de equipamentos, atuando em harmonia em busca da maior produtividade possível dentro de uma obra. As unidades "f" e "g" são responsáveis pelas operações complementares de conformação e compactação do terreno.

Nesse contexto, iremos falar mais detalhadamente sobre cada tipo de equipamento.

2.1 – UNIDADES DE TRAÇÃO (TRATORES)

Os tratores são unidades autônomas, básicas, as quais executam a tração ou empurram outras máquinas, podendo receber diversos implementos destinados a diferentes tarefas.

Assim, o trator pode ser montado sobre esteiras ou sobre pneus, recebendo a denominação genérica de trator de esteiras e trator de pneus, respectivamente.



Trator de esteiras e trator de pneus

Características

Esses equipamentos possuem determinadas características comuns:

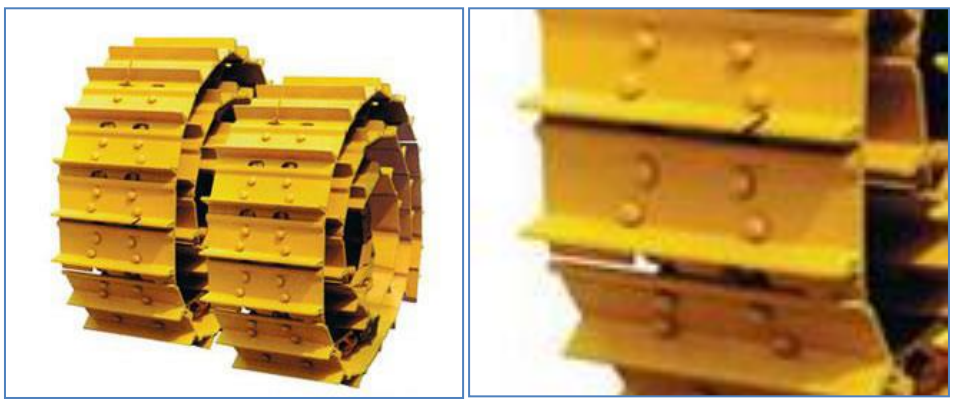
a) Esforço trator: é a força que o trator possui na barra de tração (no caso de esteiras) ou nas rodas motrizes (no caso de tratores de rodas), para executar as funções de rebocar ou de empurrar outros equipamentos ou implementos;
b) Velocidade: é a velocidade de deslocamento da máquina, que depende, sobretudo, do dispositivo de montagem, sobre esteiras ou sobre rodas;
c) Aderência: é a maior ou menor capacidade do trator de deslocar-se sobre diversos terrenos ou superfícies revestidas, sem haver a patinagem da esteira (ou dos pneus) sobre o solo (ou revestimento) que o suporta;
d) Flutuação: é a característica que permite ao trator deslocar-se sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, sem afundamento excessivo da esteira, ou dos pneus, na superfície que o sustenta;
e) 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.

Com base nessas características, podemos estabelecer uma comparação entre os tratores de pneus e os tratores de esteiras.

Os tratores de esteiras apresentam uma melhor aderência em comparação com os tratores de pneus. Essa vantagem é propiciada por saliências contidas nas esteiras. A consequência disso é a possibilidade de o trator de esteiras deterem uma grande capacidade de esforço trator.

Melhor explicando, no caso dos tratores de rodas, em função da aderência limitada, de nada adiantaria o trator de pneus possuir um grande esforço trator, pois a aplicação dessa tração iria implicar na patinação das rodas, impossibilitando o aproveitamento dessa grande potência. Desse modo, a aderência é um fator limitante para a tração dos tratores de pneus.

Portanto, como o trator de esteiras possui uma boa aderência, isso possibilita a esse equipamento dotar de um maior esforço trator.



Esteiras, com detalhe para as saliências que possibilitam uma melhor aderência.

As esteiras também possuem uma qualidade importante que é a baixa pressão exercida no solo. Enquanto que a pressão de contato das esteiras é da ordem de 0,6 kg/cm², a pressão de contato dos pneus é próximo a 4,5 kg/cm². A consequência disso é a melhor flutuação do trator de esteiras em comparação ao trator de pneus.

Uma desvantagem importante dos tratores de esteiras é a baixa velocidade de deslocamento (no máximo 10 km/h) em comparação à capacidade dos tratores de pneus (até 70 km/h). Como consequência, os tratores de pneus são mais utilizados em trabalhos de longas distâncias.

Por fim, quanto ao balanceamento, tanto o trator de esteiras quanto o trator de pneus possuem um bom desempenho, impedindo que haja o tombamento desses equipamentos sob as mais adversas condições de carga e rampa.

Utilização

Como vimos, os tratores de esteiras e os tratores de pneus possuem características diferentes, por isso, seus campos de aplicação são diferenciados.

Os tratores de esteiras são indicados para serviços que requerem elevados esforços de tração, com rampas de grande declividade, ou para serviços em terrenos de baixa capacidade de suporte, não importando o fator velocidade.

Os tratores de pneus são indicados para serviços de terrenos de baixa declividade, com boas condições de suporte e aderência, quando, consequentemente, pode-se aproveitar a boa velocidade empregada por esses equipamentos.

Como dissemos anteriormente, os tratores são unidades autônomas e básicas. Ou seja, sua utilização nos serviços de terraplenagem depende de determinados implementos que transformam os tratores em unidades escavoempurradoras, escavocarregadoras, aplainadoras ou compactadoras.

Sem os implementos, os tratores são limitados a pequenos serviços auxiliares, como o reboque de pequenas carretas, o desatolamento de caminhões ou rebocar a grade de discos.

Sobre essa última aplicação, a função da grade de discos é homogeneizar a umidade do solo, visando obter boa qualidade na compactação, conforme a imagem a seguir:



Trator agrícola rebocando uma grade de discos

Como esse tipo de serviço é executado em aterros, de pequenas declividades, com boa capacidade de suporte e aderência, o trator de pneus é o equipamento mais indicado para esse serviço, quando a velocidade de deslocamento contribui bastante para a boa produtividade do serviço.

Vamos falar agora dos demais equipamentos!

2.2 – UNIDADES ESCAVOEMPURRADORAS

Para os tratores de pneus, e, principalmente para os tratores de esteiras, são convencionalmente implantadas lâminas que fazem desses equipamentos unidades escavoempurradoras.

Sendo assim, com a implantação da lâmina o equipamento passa a se chamar trator de esteiras (ou de pneus) com lâmina ou "*buldozer*", sendo destinados à função de escavação dos solos[4] na terraplenagem. Em alguns desses tratores são também implementados os escarificadores, cujo objetivo é facilitar o trabalho de escavação em solos mais duros[5]. Além disso, os tratores de esteiras com lâmina são utilizados também nas operações de desmatamento e limpeza da camada vegetal existente nas áreas onde se implantará a rodovia.

[4] http://www.youtube.com/watch?v=6LVbK4KP99I

[5] http://www.youtube.com/watch?v=h_HWiPC8_LM



Trator de esteiras com lâmina

Os serviços de escavação realizados por tratores com lâmina são realizados em terrenos com grande dificuldade de suporte e aderência, sendo, portanto, indicada a utilização de tratores de esteiras, e não pneus, para esses serviços.

2.3 – UNIDADES ESCAVOTRANSPORTADORAS

As unidades escavotransportadoras realizam as quatro operações básicas da terraplenagem: escavação, carga, transporte e descarga de solos de consistência média a distâncias médias. São representados por dois tipos básicos: o scraper rebocado, o moto-scraper ou scraper automotriz.

Scraper Rebocado

O scraper rebocado é uma caçamba montada sobre dois eixos com pneumáticos, normalmente tracionado por trator de esteiras. Possui a mesma função dos moto-scrapers, com a diferença de que o moto-scraper é autopropulsado, e o scraper é rebocado por um trator de esteiras ou de pneus.

Como esses equipamentos são recomendados para condições específicas, em relação à distância de transporte, consistência e característica do terreno, não é comum observar a utilização do scraper rebocado nas obras de terraplenagem atualmente.




Scraper rebocado

Princípio de funcionamento

A escavação do solo pelo scraper é feita por uma lâmina de corte, que entra em contato com o terreno pelo abaixamento da caçamba do scraper.

Ao se deslocar, o scraper carrega o solo escavado em sua caçamba. Essas operações de escavação e carga são as que exigem um maior esforço trator.

Feito o carregamento, cumpre ao scraper também o transporte do solo até o local de destino, cuja distância, como vimos deve ser limitada para que se possa ter uma boa produtividade do serviço.

Por fim, a descarga é realizada pelo equipamento com o auxílio de um ejetor, o qual se desloca dentro da caçamba e ajuda a saída do material. Em pequenos equipamentos, essa descarga pode ser efetuada pela basculagem da caçamba[6].

Moto-scraper

O moto-scraper ou scraper automotriz é um scraper, só que unido com um rebocador motorizado, de pneus, unido por meio de um ou dois eixos. Assim como o scraper rebocado, o moto-scraper executa a escavação, a carga, o transporte e a descarga dos solos.

Esse equipamento possui um bom desempenho e produção em distâncias pequenas de transporte, que variam entre 200 e 500 metros. Existem três tipos de moto-scrapers: o *convencional*, o *autocarregável* e o "*push-pull*".

O moto-scraper *convencional*[7], apesar de ter um motor próprio para a tração, não dispensa o auxílio de um trator de esteiras para efetuar a escavação do material, pois, caso contrário, o moto-scraper não consegue realizar a escavação num tempo razoável, além de poder sofrer dificuldade na tração e até mesmo a paralisação do motor por falta de torque.

[6] http://www.youtube.com/watch?v=LroCvExqr2M

[7] http://www.youtube.com/watch?v=cFQAh1p36no



Moto-scraper auxiliado por um trator de esteiras

O moto-scraper autocarregável procura suprir essa necessidade de auxílio do trator de esteiras em algumas condições de trabalho. Esse tipo de moto-scraper possui uma força motriz também no scraper, propiciando uma maior força de escavação ao equipamento com a utilização de dois motores.

Já o moto-scraper *"push-pull"* consiste no encaixe de dois moto-scrapers que se ajudam mutuamente na operação de escavação e carga, sem a necessidade de outro equipamento auxiliar.

2.4 – UNIDADES ESCAVOCARREGADORAS

Essas unidades são representadas por equipamentos que tem a capacidade de escavar e carregar o material até as unidades transportadoras.

Os equipamentos que possuem essa capacidade são as carregadeiras, as escavadeiras, e as retroescavadeiras.

Carregadeiras

As carregadeiras podem ser montadas sobre esteiras, entretanto, a forma mais comum é a montagem sobre pneus. Uma vantagem das carregadeiras sobre pneus é a maior agilidade no carregamento.

A operação da carregadeira (também chamada de pá-carregadeira) é garantida pela caçamba frontal do equipamento, onde é feita a escavação, carga e descarga do material na unidade transportadora.

Importante destacar que as carregadeiras têm a capacidade, apenas, de fazer a escavação de materiais soltos[8] ou a escavação de materiais de pouca resistência. Sendo assim, normalmente, nas operações de terraplenagem em que são empregadas as carregadeiras, a escavação do material é realizada pelo trator de esteiras, e o carregamento, pela carregadeira.

[8] http://www.youtube.com/watch?v=uwZzdnQqStg



Carregadeira de pneus

Escavadeiras

As escavadeiras (ou escavadeiras hidráulicas) são equipamentos destinados a realizar a escavação e carga dos materiais até as unidades transportadoras, assim como as carregadeiras. Entretanto, o poder de escavação da escavadeira é muito superior ao da carregadeira.

Observação: alguns autores denominam a escavadeira hidráulica como retroescavadeira, haja vista que o processo de escavação é feito para trás, daí o nome retro. Entretanto, utilizamos nesta aula a denominação adotada pelo DNIT em suas referências.

As escavadeiras podem ser montadas sobre esteiras (mais comum) ou sobre pneus.

Uma das vantagens das escavadeiras hidráulicas é a capacidade de trabalhar sobre qualquer terreno, pois é um equipamento que trabalha praticamente parado, utilizando-se de seu eixo giratório, que possibilita ao equipamento um giro de 360° sobre seu eixo.

Além disso, podem ser equipadas com diferentes lanças:

a) "*shovel*" (concha) - possuem a capacidade de fazer a escavação em taludes de cortes altos, sendo esse seu emprego específico em terraplenagem[9].

[9] http://www.youtube.com/watch?v=fmC2bvznvkw&feature=related



Escavadeira hidráulica com concha

b) "*drag-line*" (draga de arrasto) – possui uma lança diferente, em forma de treliça, e uma caçamba que possibilita ao equipamento, a dragagem de cursos d'água, lagos, atoleiros, e a raspagem em terras pouco consistentes e escavação de solos em nível bastante inferior ao do equipamento[10]. Porém, a escavadeira do tipo "*drag-line*" não é um equipamento comum de ser usado em rodovias.



Escadeira hidráulica do tipo "drag-line"

c) "*clamshell*" (mandíbulas) – as escavadeiras com a lança do tipo treliça podem também possuir uma concha na forma de mandíbula, cuja função é efetuar a escavação e o carregamento de materiais soltos. A escavação se faz pela queda da caçamba e posteriormente pelo fechamento das mandíbulas, de modo que a remoção do material avança verticalmente em profundidade.

[10] http://www.youtube.com/watch?v=MnpIGzUSnYk

Por ser um implemento fechado nos quatro lados, o "*clamshell*" é apropriado para a escavação dentro d'água[11], sendo, também, pouco utilizado em rodovias.

Retroescavadeiras

Já as retroescavadeiras são equipamentos bastante versáteis, montados sobre rodas, e que possuem dois implementos: (1) uma lança com concha do tipo "*shovel*", e (2) uma concha carregadeira.



Em obras rodoviárias, esse equipamento é bastante utilizado na escavação de valas para a implantação de drenos profundos, sendo pouco utilizado nas operações de terraplenagem propriamente ditas.

2.5 – UNIDADES DE TRANSPORTE

As unidades transportadoras são utilizadas na terraplenagem quando as distâncias de transporte são de tal grandeza que o emprego de moto-scraper ou scraper rebocado se torna antieconômico para transportar o material.

Assim, para grandes distâncias, deve-se optar pelo uso de equipamentos mais rápidos, de baixo custo e com maior produção. Para esses casos, são utilizados, basicamente, os caminhões basculantes comuns e os caminhões basculantes "fora-de-estrada".

Além disso, são utilizados caminhões do tipo tanque, para o transporte de água, conforme veremos a seguir.

[11] http://www.youtube.com/watch?v=cOClO-zYWV0

Caminhões Basculantes

Os caminhões basculantes são equipamentos destinados ao transporte de solos e até de pedras. Esses equipamentos são usados com maior eficiência quando as distâncias de transporte são grandes, isto é, quando são superiores a 1.000m, preferencialmente superiores a 5 km. O solo transportado pelo caminhão pode ser carregado por carregadeiras, por escavadeiras ou até por retroescavadeiras em alguns casos.



Caminhões basculantes

Caminhões Basculantes "Fora-de-estrada"

Os caminhões basculantes "fora-de-estrada" são caminhões de estrutura reforçada, que se destinam a trabalhos muito pesados e em condições muito severas. São utilizados, principalmente, para o transporte de pedras.



Caminhão basculante "fora-de-estrada"

Caminhões Tanque

Os caminhões tanque (pipas) são caminhões utilizados no umedecimento dos solos durante o processo de compactação.



Caminhão taneque

2.6 – UNIDADES APLAINADORAS

Os equipamentos estudados até agora são utilizados nas operações básicas de terraplenagem: escavação, carga, transporte e descarga. Porém, os serviços de terraplenagem não se limitam a essas operações.

São importantes, também, as operações de conformação e compactação.

As unidades aplainadoras atuam na operação de conformação, ou seja, essas unidades são especialmente empregadas no acabamento da terraplenagem (etapa final), isto é, as operações de conformação do terreno ao greide final de projeto, que representam o ajuste fino da geometria da via conforme o estabelecido pelo projeto.

O equipamento que possui essa função é denominado motoniveladora, e, ao final das operações de terraplenagem, efetua a operação de regularização do subleito, necessária para a execução do pavimento da rodovia.

Como principais características, esses equipamentos apresentam grande mobilidade da lâmina de corte e precisão de movimentos, o que possibilita seu posicionamento nas situações mais diversas.

Sua lâmina, que na maioria das operações trabalha em posição horizontal12, possui uma facilidade de movimentação que permite o posicionamento da lâmina inclusive para fora do equipamento,

[12] http://www.youtube.com/watch?v=XTScm0bkLIY

possibilitando, assim, a regularização de taludes[13]. Além disso, são equipados com escarificadores que podem facilitar o trabalho em solos mais duros.



Motoniveladora

2.7 – UNIDADES COMPACTADORAS

Essas unidades destinam-se a efetuar a operação denominada compactação, isto é, o processo mecânico de adensamento dos solos.

Melhor explicando, os solos devem preencher certos requisitos para que possam servir como suporte da rodovia, ou seja, devem possuir certas propriedades que melhoram o seu comportamento técnico. Esse objetivo é atingido de maneira rápida e econômica por meio das operações de compactação.

Como as características dos solos são variáveis, as unidades compactadoras apresentam diferenças entre si para melhor atender às exigências de compactação de cada tipo de solo.

Sendo assim, os diferentes equipamentos utilizados são os rolos pé de carneiro e os rolos lisos, que podem ser estáticos ou vibratórios. Além disso, existem os rolos de pneus, que podem ser de pressão constante ou de pressão variável.

Rolo pé de carneiro

É um dos mais antigos equipamentos empregados na compactação dos aterros. Com ele obtém-se uma boa compactação em grande parte dos solos onde é empregado. Sua utilização ideal é para solos coesivos (argila, por exemplo).

O rolo pé de carneiro é formado por um tambor oco, no qual existem saliências de comprimentos variando entre 20 e 25 cm (ou mais), denominadas “patas”, e que se posicionam em fileiras desencontradas.

[13] http://www.youtube.com/watch?v=Kwgqf_X01dQ&feature=related



Rolo pé de carneiro

Rolo Liso

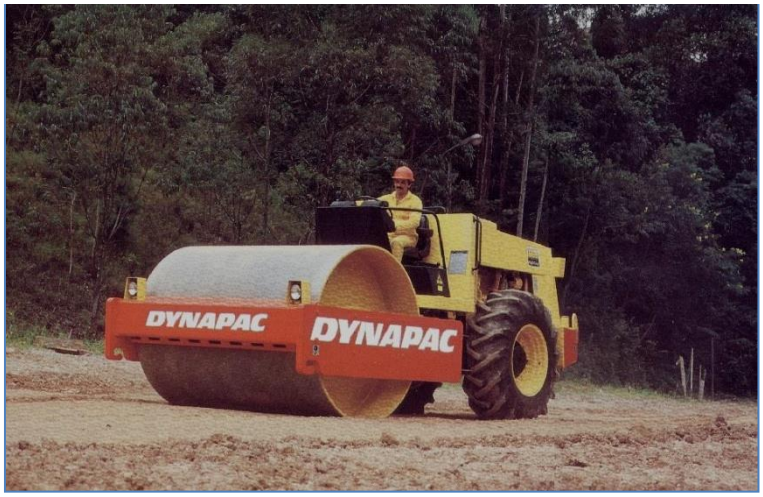
Nos solos não coesivos, isto é, que dispõem de baixas porcentagens de argila (solos arenosos), os rolos pé-de-carneiro mostram-se totalmente inadequados para efetuar a compactação, pois apenas conseguem revolver o terreno, sem nenhum adensamento.

Assim, o rolo liso realiza a compactação dos solos não coesivos a partir da passagem do rolo com certa vibração que se propaga pelo tambor até o terreno.

As frequências empregadas oscilam entre 1000 a 4800 ciclos por minuto, sendo mais utilizadas, em geral, as mais baixas.

Verificou-se, também, experimentalmente, que os rolos lisos vibratórios têm maior rendimento a baixas velocidades de deslocamento, pois a compactação depende do tempo total em que as oscilações são aplicadas sobre a superfície.

Pela inexistência das patas, o rolo liso possui uma menor superfície de contato com o solo, e assim, a compactação não se torna possível em camadas muito espessas.



Rolo liso

Rolo de Pneus

Os rolos de pneus (ou pneumáticos) 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.

Para melhor cobertura do terreno a ser compactado, as rodas dos eixos são desencontradas em seu alinhamento, de maneira que as do eixo traseiro correm nos espaços deixados pelas rodas do eixo dianteiro.

O adensamento dos solos, no caso dos rolos pneumáticos, depende da pressão de contato entre os pneus e o terreno. De modo geral, quanto maior for a pressão, maior facilidade há na obtenção de densidades elevadas. Todavia, há uma limitação imposta pela própria resistência oferecida pela camada.



Rolo de pneus

Esses rolos, em terraplenagem, são indicados para a compactação de solos de granulação fina arenosa.

Compactador Manual

São equipamentos munidos de motores de combustão interna ou ar comprimido e dotados de uma placa vibratória ou um soquete, através dos quais se realiza a compactação. Também são conhecidos como “sapo mecânicos”.

São empregados em áreas restritas, onde não é possível o uso do equipamento convencional de maior porte, como é o caso de reaterro de valas e compactação de material nas vizinhanças de dispositivos facilmente danificáveis pelo equipamento (poços de visita, caixas, bueiros, etc.).



Compactador Manual

3 – Especificações de Serviços

Pessoal, neste item da aula vamos fazer um resumo dos principais aspectos trazidos pelas normas do DNIT que regulamentam a execução dos principais serviços de terraplenagem. Vamos lá?!

3.1 – Serviços Preliminares

Os serviços preliminares de terraplenagem, segundo a norma DNIT 104/2009 – ES, consistem em todas as operações de preparação das áreas destinadas à implantação do corpo estradal e das áreas de ocorrências de material, pela remoção **de material vegetal** e outros, tais como: árvores, arbustos, tocos, raízes, entulhos, matacões, além de qualquer outro considerado como elemento de obstrução, como linhas de transmissão de energia, de telefone, bem como cercas, construções e outras benfeitorias.

Desmatamento

A norma estabelece diversos condicionantes para execução do desmatamento, são eles:

- ✓ O desmatamento deve ser realizado dentro dos limites de *offset* da plataforma da rodovia, acrescidos de uma faixa adicional mínima de operação, na largura em que seja indispensável a sua utilização.

- ✓ Nas áreas destinadas a cortes, a camada de 60cm abaixo do greide de projeto deve ficar totalmente isenta de tocos os 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 2,00m, o desmatamento deve ser executado de modo que o corte das árvores fique, no máximo, nivelado ao terreno natural, não havendo necessidade de destocamento[14].
- ✓ 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 de 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. Posteriormente, deve ser procedido o destocamento, que consiste em remover os tocos remanescentes. A medição desses serviços é realizada por unidade de árvore efetivamente destocada, considerando dois grupos distintos: (1) árvores com diâmetro entre 15 cm e 30 cm, e (2) árvores com diâmetro superior a 30 cm.
- ✓ Podem ser assinaladas ainda pela fiscalização, árvores de grande porte a serem preservadas. Nesse caso, as árvores são transportadas para local determinado, visando posterior aproveitamento.
- ✓ Na operação de limpeza, **quando o terreno for inclinado**, o trator deve trabalhar sempre de **cima** para **baixo**.
- ✓ A apropriação dos custos do serviço deve englobar, **além dos custos de desmatamento e destocamento**, as operações referentes à remoção/transporte/deposição e respectivo preparo e distribuição, no local de bota-fora, do material proveniente do desmatamento, do destocamento e limpeza, incluindo-se, também, as operações referentes à preservação ambiental.

Outros elementos a serem removidos

Quanto à remoção de outros elementos, a norma DNIT 104/2009 – ES estabelece o seguinte:

- ✓ Com relação às linhas de transmissão, o serviço normalmente é executado pelas próprias empresas concessionárias, e nenhuma ação deve ser tomada sem a autorização dessas empresas.
- ✓ A **remoção de construções ou outras benfeitorias** dependerá do estágio do processo de **desapropriação**.
- ✓ No caso de remoção de cercas, **deve-se sempre construir primeiro a nova cerca**, antes de remover a antiga, visando evitar estragos em plantações ou pastagens, ou ainda, saída de animais para a faixa de domínio, trazendo perigo ao trânsito de equipamentos.
- ✓ Todos os serviços preliminares executados devem guardar consonância com as normas ambientais, com o projeto de engenharia, com o Plano Básico Ambiental, além das recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

[14] Operação de remoção total dos tocos e raízes das árvores.

3.2 – CORTES

Os serviços de escavação, carga, transporte e classificação dos materiais escavados, são regulamentados pela norma DNIT 106/2009-ES.

A norma define como corte o segmento de rodovia, em que a implantação requer a escavação do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto (offsets) que definem o corpo estradal, o qual corresponde à faixa terraplenada.

Preparo dos Serviços

Como condicionante ao início dos trabalhos de corte, é estabelecido o seguinte:

- ✓ O segmento em **corte** deve se apresentar convenientemente **desmatado e destocado** e estando o respectivo entulho removido.
- ✓ Os segmentos em **aterro** ou bota-fora que serão o **destino** dos solos escavados **deverão estar devidamente desmatados, destocados**, entre outras operações que os tornem aptos a receber o solo escavado dos cortes.
- ✓ As **obras de arte correntes** previstas nos segmentos em aterro que receberão o material do corte **devem estar** devidamente **construídas**.
- ✓ As marcações topográficas para o corte devem, após as operações de desmatamento, ser devidamente checadas.
- ✓ As correspondentes fontes ou tomadas d'água devem estar preparadas e equipadas, e, em condições de abastecerem regularmente as operações de compactação.
- ✓ Os caminhos de serviço deverão estar devidamente concluídos.

Execução dos Serviços

A escavação dos cortes deve subordinar-se aos elementos técnicos determinados pelo projeto de engenharia, inclusive no que tange ao transporte e deposição adequada dos materiais escavados para aterros, bota-foras ou "praças de depósito provisório".

Nos **cortes de altura elevada**, deve ser procedida a implantação de banquetas, **de largura mínima de 3 m**, além de valetas revestidas e proteção vegetal.

Quando alcançado o nível da plataforma dos cortes:

- ✓ Se for verificada a **ocorrência de rocha sã ou em decomposição**, deve-se promover o **rebaixamento do greide**, da ordem de **0,40 m**, e o preenchimento desse rebaixo com material inerte;
- ✓ Se for verificada a ocorrência de solos de expansão maior que 2% e **baixa capacidade de suporte**, deve-se promover sua remoção, com **rebaixamento de 0,60m**. Em se tratando de solos orgânicos, o projeto ou sua revisão fixarão a espessura a ser removida;
- ✓ Devem ser verificadas as condições do solo *in natura* nas camadas superficiais (últimos 60 cm). Tais condições devem atender às especificações para essas camadas finais, no tocante às condições mínimas de compactação;

- ✓ Os taludes de corte devem apresentar, após as operações de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto de engenharia.

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 integradas aos aterros, constituindo alargamentos da plataforma.**

Cortes em material de 3ª categoria

Quanto à execução de cortes em material de 3ª categoria devem ser tomados os seguintes cuidados, objetivando a segurança do pessoal e dos equipamentos:

- ✓ Estabelecer um horário rígido de detonação, e cumpri-lo a risca;
- ✓ Não trabalhar com explosivos à noite;
- ✓ Abrigar bem o equipamento e possibilitar a proteção do pessoal;
- ✓ Avisar a comunidade local e ao tráfego sobre o período de detonação;
- ✓ Evitar a aproximação de pessoal estranho nas vizinhanças do corte na hora da explosão.

Controle

Controle dos Insumos

O controle tecnológico dos materiais utilizados para eventual substituição e/ou tratamento das camadas superficiais dos cortes deve ser feito aos mesmos moldes do controle tecnológico das camadas de aterro. (*veremos adiante*)

Controle da Execução

O controle geométrico da execução dos serviços deve ser feito por levantamento topográfico, 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**.

Medição

A medição dos serviços deve levar em consideração o volume de material extraído e a respectiva dificuldade de extração, medido e avaliado no corte (volume *in natura*) e a distância de transporte percorrida, entre o corte e o local de deposição.

Ao final dos serviços, as seções transversais devem ser levantadas topograficamente, de modo que para o cálculo de volumes deve ser aplicado o método da média das áreas.

Os materiais deverão, também, ser devidamente classificados conforme as classificações de 1ª, 2ª e 3ª categoria.

No que respeita ao transporte do material escavado, a distância correspondente deve ser determinada em termos de extensão axial entre o centro de gravidade de cada corte e o centro de gravidade do segmento de aterro em construção, onde deve ser depositado o material. No caso de deposição provisória ou bota-fora, deve ser devidamente considerada a distância adicional decorrente do afastamento lateral.

3.3 – EMPRÉSTIMOS

A norma DNIT 107/2009 – ES estabelece as condições mínimas exigíveis para os empréstimos, que são escavações de material destinadas a prover, ou complementar, o volume necessário à construção dos aterros, por insuficiência de volumes de cortes, por motivos de ordem tecnológica de seleção dos materiais ou por razões de ordem econômica.

Condições Gerais

Importante destacar que a seleção e/ou utilização dos empréstimos deve não só atender às necessidades do projeto de terraplenagem, mas também beneficiar as condições da estrada, seja melhorando as condições topográficas ou de visibilidade, seja garantindo uma melhor drenagem.

Condições Específicas

Os materiais de empréstimos devem ser constituídos, preferencialmente, de materiais de 1ª e 2ª categoria e atender aos seguintes requisitos:

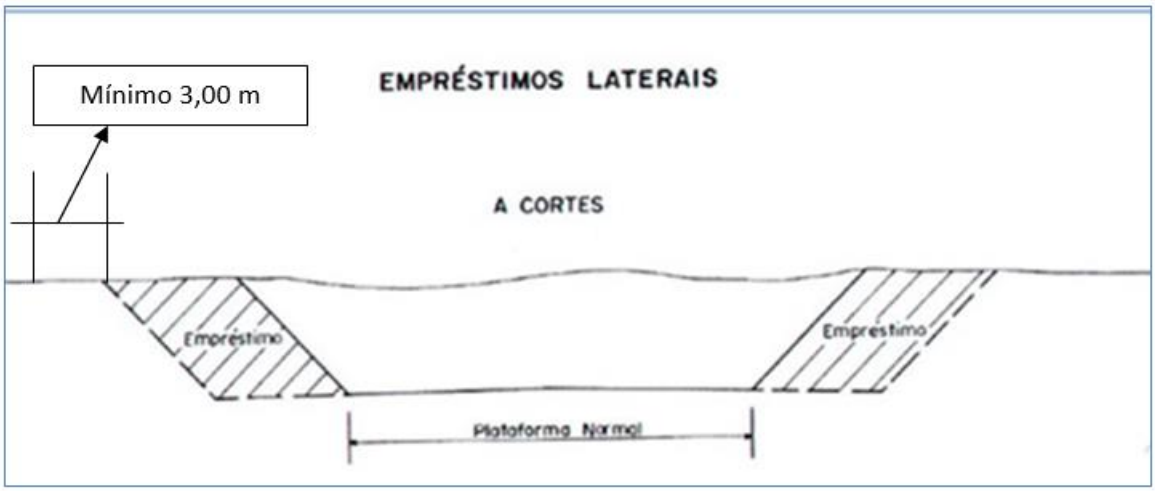
- ✓ Para os cortes em tangente, deve ser observado o seguinte:
  - Para os de pequena altura, deve ser alargado em toda a altura, para melhorar as condições de drenagem e de visibilidade;
  - Para os de grande altura, o corte deve ser alargado criando-se banquetas e melhorando a estabilidade dos taludes.
- ✓ Para os segmentos em curva, o corte deve ser feito no lado interno, em toda a altura ou não, melhorando as condições de visibilidade.

- ✓ Ser preferencialmente utilizados, atendendo à qualidade e à destinação prévia indicadas no projeto de engenharia;
- ✓ Ser isentos de matérias orgânicas, não devendo ser constituídos de turfas ou argilas orgânicas.
- ✓ Para execução do corpo do aterro, apresentar CBR ≥ 2% (Energia Proctor Normal), e expansão menor ou igual a 4%.
- ✓ Para a camada final, devem possuir o melhor CBR possível (no mínimo uma alternativa com CBR ≥ 6% - Energia Proctor Intermediário), além de expansão menor ou igual a 2%.

Execução

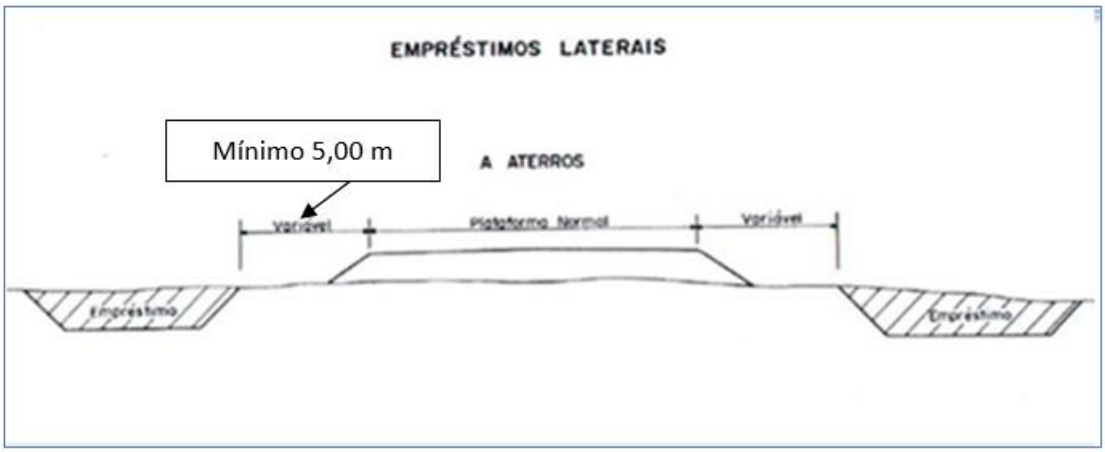
A escavação deve ser precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza da área de empréstimo.

Os empréstimos em alargamento de corte devem, preferencialmente, atingir a cota do greide, não sendo permitida, em qualquer fase da execução, a condução de águas pluviais para a plataforma da rodovia.



Para esses empréstimos, a faixa entre a borda externa das caixas de empréstimos e o limite da faixa de domínio, deve ser mantida sem exploração uma largura de 3,00m, com a finalidade de permitir, também, a implantação da valeta de proteção e da cerca delimitadora.

No caso das caixas de empréstimos laterais, destinados a 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.



Ainda em referência aos empréstimos laterais, entre a borda externa das caixas de empréstimos e o limite da faixa de domínio, deve ser mantida **sem exploração uma faixa de 2,00 m de largura**, a fim de permitir a implantação da **vedação delimitadora**.

Controle e Medição

O controle e a medição deverão observar os mesmos aspectos citados para as áreas de corte.

3.4 – ATERROS

A Norma DNIT 108/2009 – ES define as condições mínimas exigíveis para a execução dos segmentos da plataforma em aterros, mediante o depósito de materiais sobre o terreno natural.

Condições Gerais

O início dos serviços de execução de plataformas de aterros deve estar condicionado ao que se segue:

- ✓ As áreas a ser objeto de aterro devem se apresentar devidamente desmatadas;
- ✓ As obras de arte correntes previstas devem estar devidamente construídas;
- ✓ As marcações do eixo e dos offsets, bem como as referências de nível, devem, após as operações de desmatamento, ser devidamente checadas;
- ✓ As correspondentes fontes ou tomadas d'água devem estar em condições de abastecer as operações de compactação;
- ✓ Os caminhos de serviço devem estar devidamente concluídos.

Condições Específicas

Materiais

Ordinariamente, os materiais de aterro devem se enquadrar nas classificações de 1ª e 2ª categoria, e atender aos seguintes requisitos:

- ✓ Ser preferencialmente utilizados, de conformidade com sua qualificação e destinação prévia fixada no projeto;
- ✓ Ser **isentos de matérias orgânicas**, micáceas e diatomáceas. Não devem ser constituídos de turfas ou argilas orgânicas.
- ✓ Para efeito de execução do **corpo do aterro**, deve apresentar **CBR ≥ 2%** (Energia **Proctor Normal**) e **expansão menor ou igual a 4%**.
- ✓ Para efeito de execução da **camada final dos aterros**, apresentar a **melhor capacidade de suporte possível** (no mínimo uma alternativa com CBR ≥ 6% - Energia **Proctor Intermediário**), além de **expansão menor ou igual a 2%**.
- ✓ Em regiões onde houver 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;

Execução

O início e o desenvolvimento dos serviços de execução dos aterros devem obedecer às determinações do projeto executivo, e seguir a seguinte sequência: **descarga**, **espalhamento em camadas**, **homogeneização**, **conveniente umedecimento ou aeração**, **compactação** dos materiais selecionados, procedentes de cortes ou empréstimos, para a construção do corpo do aterro e camadas finais, e até a substituição de eventuais materiais com qualidade inferior no aterro. Devem ser atendidos ainda os seguintes procedimentos:

- ✓ O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em **camadas sucessivas**, em toda a largura da seção transversal, e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação, de acordo com o previsto no projeto de engenharia.
- ✓ Para o **corpo dos aterros**, **a espessura de cada camada compactada não deve ultrapassar 30cm**. Para as **camadas finais**, essa espessura **não deve ultrapassar 20 cm**.
- ✓ **Todas as camadas devem ser compactadas**, em conformidade com o definido no projeto de engenharia, atendendo o seguinte:
- ✓ Para o **corpo dos aterros**, na **umidade ótima, mais ou menos 3%** até se obter a massa específica aparente seca correspondente a **100%** da massa específica aparente máxima aparente seca, pela **Energia Proctor Normal**;
- ✓ Para as **camadas finais**, aquela massa específica aparente seca deve corresponder a **100%** da massa específica aparente máxima seca, pela **Energia Proctor Intermediário**.
- ✓ Os trechos que não atingirem às condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com o estabelecido no projeto de engenharia.

No caso de **alargamento de aterros**, sua execução obrigatoriamente deve ser procedida de **baixo para cima**, acompanhada de degraus nos seus taludes. Desde que justificado em projeto, o alargamento **poderá também ser executado por meio do arrasamento parcial do aterro existente**.

Sempre que possível, nos **locais de travessia de cursos d'água ou passagens superiores**, **a construção dos aterros deve preceder a das obras de arte projetadas**. Em caso contrário, todas as medidas de precaução devem ser tomadas, a fim de que o método construtivo empregado para a construção dos aterros de acesso não origine movimentos ou tensões indevidas em qualquer obra de arte.

Os aterros de acesso **próximos dos encontros de pontes**, o enchimento de cavas de fundações e das trincheiras de bueiros, bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, devem ser compactadas mediante o uso de equipamento adequado, como **soquetes manuais, sapos mecânicos**, etc. A execução deve ser em camadas, com as mesmas condições de massa específica aparente seca e umidade descritas para o corpo do aterro, e atendendo ao preconizado no projeto de engenharia.

Aterros sobre terrenos com baixa capacidade de suporte

No caso da construção de aterros assentes sobre terreno de fundação com baixa capacidade de carga, **deve ser exigido o controle por medição de recalques** e, quando prevista, a observação da variação das pressões neutras.

Quando o previsto em projeto for a **remoção desses solos** de baixa capacidade:

- ✓ A escavação deve ser feita em **nichos** de, no máximo, **10 m** ao longo do eixo, e **5 m** perpendiculares ao eixo da rodovia.
- ✓ Deve ser realizado o reaterro dos nichos logo depois de concluída a escavação.
- ✓ A escavação deve ser feita de forma lenta o suficiente para evitar que o equipamento de escavação remova água, mas, deve ser o mais rápido possível para **minimizar o tempo de escavação aberta**.
- ✓ **Não se deve admitir que a escavação seja deixada aberta durante paralisações de construção**, ou mesmo interrupções não previstas;
- ✓ Os taludes **devem ser o mais íngreme possível**, desde que mantenham a estabilidade.
- ✓ O material de enchimento das cavas de remoção, como em geral estas compreendem áreas com nível d'água elevado, **deve ser constituído por material inerte granular até o nível em que seja possível**, inclusive com previsão de uso de bombeamento de vala, e prosseguimento do reaterro com solo compactado seco.
- ✓ Tão logo o material de preenchimento **esteja acima do nível d'água na escavação**, o material deve ser compactado com rolo liso, a critério da fiscalização.
    - **Atenção, a compactação somente é realizada nas camadas acima do nível d'água!**
- ✓ O material removido deve ser depositado convenientemente ao lado da rodovia, ou outro local definido pela fiscalização.

Aterros em materiais Rochosos

Em regiões onde houver ocorrência predominante de materiais rochosos, deve ser admitida a execução do corpo do aterro com o emprego dos mesmos materiais, conforme definido no projeto de engenharia, ou desde que haja conveniência, e a critério da fiscalização.

- ✓ A rocha deve se depositada em camadas, **cuja espessura não deve ultrapassar 0,75m**.
- ✓ Os **últimos 2,00 m** do corpo do aterro devem ser executados em **camadas de, no máximo, 30 cm** de espessura.
- ✓ A conformação das camadas deve ser executada mecanicamente, devendo o material ser espalhado com equipamento apropriado e devidamente compactado por meio de rolos vibratórios. O **diâmetro admitido** para maior dimensão da pedra deve ser de **2/3 da espessura da camada compactada.**

Aterros em materiais arenosos

Em regiões onde houver ocorrência predominante de areia, deve ser admitido seu uso na execução de aterros. O projeto de engenharia deve definir a espessura e demais características das camadas de areia e de material terroso subsequente. Ambas as camadas devem ser convenientemente compactadas. **A camada de material terroso deve receber leivas de gramíneas, para sua proteção**.

Os taludes devem ser protegidos contra os efeitos da erosão, deve ser procedida a sua conveniente drenagem e obras de proteção, mediante a plantação de gramíneas ou a execução de patamares, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo da água, tudo em conformidade com o estabelecido no projeto de engenharia.

Controle (IMPORTANTE!)

Insumos

Objetivando verificar o atendimento às características físicas e mecânicas, em conformidade com o projeto, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- ✓ **1 ensaio de compactação** (Energia Proctor **Normal**) para o ***corpo de aterro*** a cada **1.000 m³** de material compactado;
- ✓ **1 ensaio de compactação** (Energia Proctor **Intermediário**) para as ***camadas finais*** (últimos 60 cm) a cada **200 m³** de material compactado;
- ✓ **1 ensaio de granulometria**, limite de liquidez, e limite de plasticidade para o ***corpo do aterro***, para todo grupo de **dez** amostras submetidas ao ensaio de **compactação**;
- ✓ **1 ensaio de granulometria**, limite de liquidez, e limite de plasticidade para as ***camadas finais***, para todo grupo de **quatro** amostras submetidas ao ensaio de **compactação**;
- ✓ **1 ensaio de CBR** para as ***camadas finais***, para cada grupo de **quatro** amostras submetidas ao ensaio de **compactação**;

- ✓ Ao menos **cinco ensaios de massa específica aparente seca *in situ*** em locais escolhidos aleatoriamente, a cada **1200 m³** no ***corpo do aterro***, ou **800 m³** para as ***camadas finais***, a fim de ser determinado o grau de compactação;
  - As determinações do grau de compactação devem ser realizadas utilizando-se os valores da massa específica aparente seca de laboratório e da massa específica aparente *in situ* obtida no campo.
  - O grau de compactação deve ser de, no mínimo, 100% tanto para o corpo do aterro quanto para as camadas finais.

Geométrico

O controle geométrico da execução dos serviços deve ser feito por levantamento topográfico, admitindo-se as seguintes tolerâncias:

- ✓ **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**.

Medição

A medição é realizada com base no volume compactado, medido no aterro, desde que atendidos os critérios de controle expostos acima.

3.5 – CAMINHOS DE SERVIÇO

A norma DNIT 105/2009 – ES estabelece o procedimento necessário para assegurar o acesso e o tráfego de equipamentos e veículos aos diversos locais onde se desenvolvem os trabalhos, tais como: o canteiro de obras, caixas de empréstimos, ocorrências de materiais, obras-de-arte, fontes de abastecimento de água, instalações industriais e outros.

Condições Gerais

A implantação e/ou utilização de caminhões de serviço se condiciona à prévia e formal autorização da fiscalização e deve atender o seguinte:

- ✓ A abertura de vias situadas **fora da faixa de domínio** devem apresentar **características operacionais estritamente indispensáveis às suas finalidades** e ante uma expectativa de prazo atrelada ao cronograma de execução da obra. Ao término da execução, o caminho de serviço deve ser recuperado, restituindo-lhe as condições primitivas.
- ✓ A abertura de vias situadas **dentro da faixa de domínio** deve ser considerada como a execução de uma etapa de implantação da rodovia, **podendo, assim, assumir características melhores e de conformidade** com o definido no projeto de engenharia.

- ✓ As vias devem estar submetidas a serviço de manutenção atento e permanente, em função da magnitude do tráfego.

Condições Específicas

Materiais

Como se tratam de vias provisórias, os requisitos geotécnicos exigidos para os solos são relativamente brandos. Na medida em que ocorram **deficiências de cunho geotécnico** ou de **altimetria**, em especial quando associada a **volumes mais significativos de tráfego**, tornar-se-á necessária a **incorporação ao leito natural de materiais um pouco mais nobres**. A exigência pode evoluir, a critério da fiscalização, para a execução de revestimento primário. **Todavia, trata-se de uma medida de exceção e deve ser expressamente autorizada pela fiscalização.**

Execução

Tais vias se constituem em obras de baixo custo, com movimentos de terra mínimos, **abrangendo plataforma com largura de 4 a 5 metros**.

Curvas horizontais de pequeno raio com visibilidade reduzida devem ser evitadas.

Os serviços de manutenção devem ser realizados por meio de motoniveladoras, e, com o umedecimento das pistas com caminhões pipa a fim de combater a formação de poeira.

Controle

O controle geométrico deve ser feito por meio de levantamento topográfico ou de forma visual, estabelecendo-se para a largura da pista uma tolerância de $\pm$ 20 cm, em relação à definida pela fiscalização.

Medição

Nos segmentos de caminho de serviço situados **dentro da faixa de domínio**, a respectiva implantação **não deve ser objeto de medição específica**, porquanto os serviços são considerados nas medições referentes à implantação da plataforma (medições de cortes, empréstimos e aterros).

Nos segmentos de caminho de serviço situados **fora da faixa de domínio**, as modalidades de serviços serão medidas **conforme cada serviço executado** (desmatamento, escavação, compactação, etc.).

4 – QUESTÕES COMENTADAS

Pessoal, apresento nesta aula demonstrativa as questões abaixo comentadas para que vocês saibam como será o nosso curso. As demais questões apresentadas serão comentadas no início da próxima aula.

(49 – TRE/BA – 2003 – FCC)

A compactação do solo é um processo mecânico que tem o objetivo de

(A) diminuir a resistência ao cisalhamento.

(B) reduzir o volume de vazios.

(C) aumentar a compressibilidade.

(D) aumentar a permeabilidade.

(E) atingir o teor de umidade desejado.

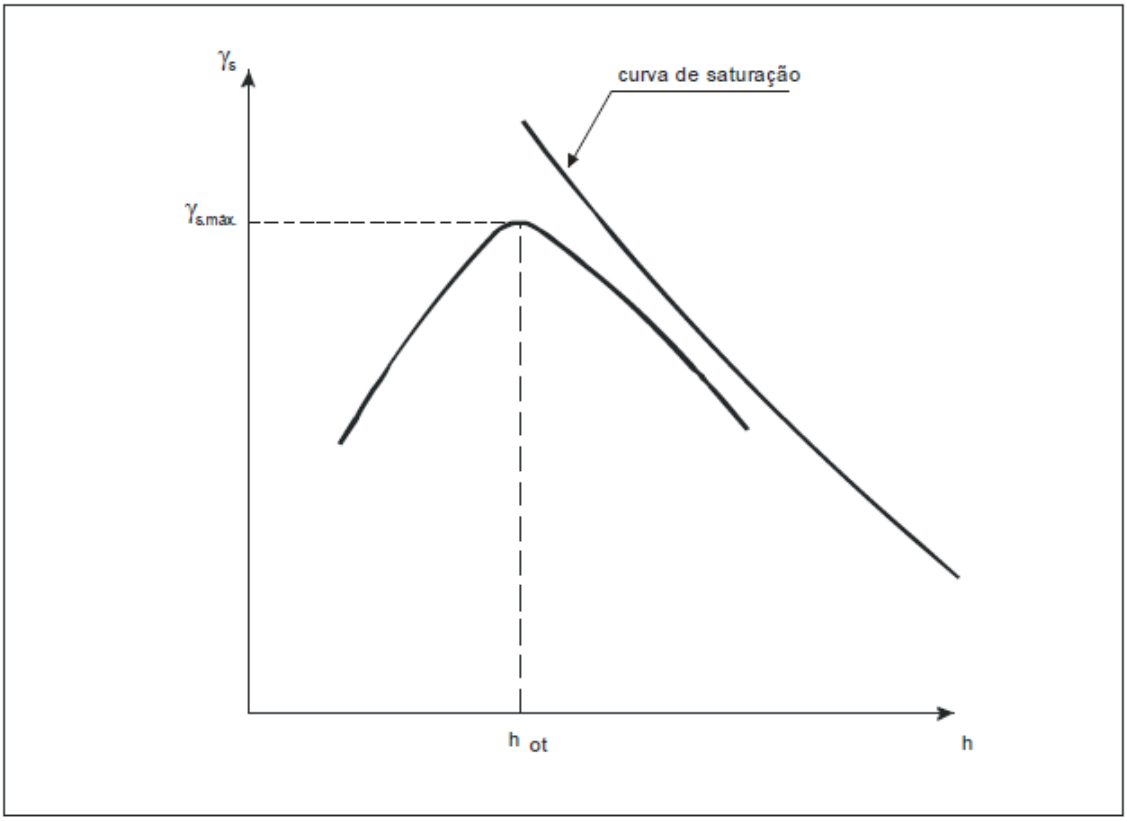
Comentários

A compactação é realizada visando obter a máxima estabilidade dos solos, na qual são avaliados os valores de massa específica seca máxima e do teor de umidade ótimo.

Para tanto, busca-se obter o menor volume de vazios no solo, por meio da aplicação da energia de compactação adequada (peso do rolo compactador x número de passadas) no solo com a umidade ótima, obtendo-se a massa específica máxima seca.

O ensaio de compactação consiste na compactação de camadas de um solo dentro de um cilindro padronizado por meio de soquete padronizado, cujo número de camadas, altura e peso do soquete dependem da energia de compactação utilizada. Esse processo é repetido para diferentes teores de umidades, em que se calculam as respectivas massas específicas aparentes secas.

A massa específica aparente seca máxima corresponde à umidade ótima, conforme a figura abaixo:



A partir deste ensaio, obtém-se a umidade ótima. Aplicando-se à camada de solo energia de compactação compatível com a aplicada no ensaio, com a umidade ótima, obtém-se o peso específico aparente seco máximo para esta energia.

O solo compactado com a máxima massa específica aparente seca apresenta o mínimo de vazios fornecendo ao solo a máxima estabilidade diante das cargas previstas e ulteriores variações de umidade.

Gabarito: B

(62 – TCE/AM – 2012 – FCC)

Nas obras de uma nova rodovia, o projeto de terraplenagem de uma plataforma prevê um plano horizontal sem cota final definida. Entretanto, será necessária a sobra de 10.800 m^3 de solo para utilização em um aterro nas obras da mesma rodovia. Na tabela a seguir estão apresentadas as cotas, em metros, obtidas por nivelamento após quadriculação do terreno de 20 em 20 metros.

Cotas em metros obtidas por quadriculação do terreno

Seções	Estacas			
	1	2	3	4
A	61	50	50	51
B	42	48	44	44
C	42	43	43	38
D	38	45	47	42

Para que haja sobra de 10.800 m^3 de solo, a cota final, em metros, é

(A) 50 (B) 45 (C) 42 (D) 40 (E) 38

Verifica-se que ela se enquadra no processo da rede de malhas cotadas previsto no Manual de Implantação Básica do DNIT, de 2010.

Houve confusão no esquema do terreno quadriculado, pois as cotas referem-se aos vértices das áreas de 20 x 20 m, e não às cotas médias das áreas.

Assim, teremos em amarelo as cotas dos vértices das áreas A1 a A9:

Estacas	1		2		3		4
A	61		50		50		51
		A1		A2		A3	
B	42		48		44		44
		A4		A5		A6	
C	42		43		43		38
		A7		A8		A9	
D	38		45		47		42

Calculamos então a cota média de cada área:

Estacas	1		2		3		4
A	61		50		50		51
		50,25		48		47,25	
B	42		48		44		44
		43,75		44,5		42,25	
C	42		43		43		38
		42		44,5		42,5	
D	38		45		47		42

A partir das cotas médias das áreas, tiramos a cota média, que corresponde à cota de compensação dos cortes e aterros:

Cota média = $\frac{\sum_1^9 A_i}{9}$ = 45 m

A partir dessa cota, para se obter 10.800 m^3, teremos que cortar:

Área total = 60 x 60 = 3.600 m^2

Δh = 10.800/3.600 = 3 m

Com isso, teremos a cota final = 45 – 3 = 42 m.

Gabarito: C

(TCE/SE – 2011 – FCC)

Instruções: Considere as informações a seguir para responder às questões de números 43 e 44.

O projeto de terraplenagem de uma plataforma prevê um plano horizontal, porém não impõe sua cota final. Na tabela a seguir estão apresentadas as cotas, em metros, obtidas por nivelamento após quadriculação do terreno de 10 m em 10 m.

Cotas em metros obtidas por quadriculação do terreno

Seções/Estacas	1	2	3	4
A	22	21	22	20
B	20	20	24	24
C	22	21	22	28

(43 – TCE/SE – 2011 – FCC)

O valor da cota final para a solução mais econômica é, em metros,

(A) 10.

(B) 12.

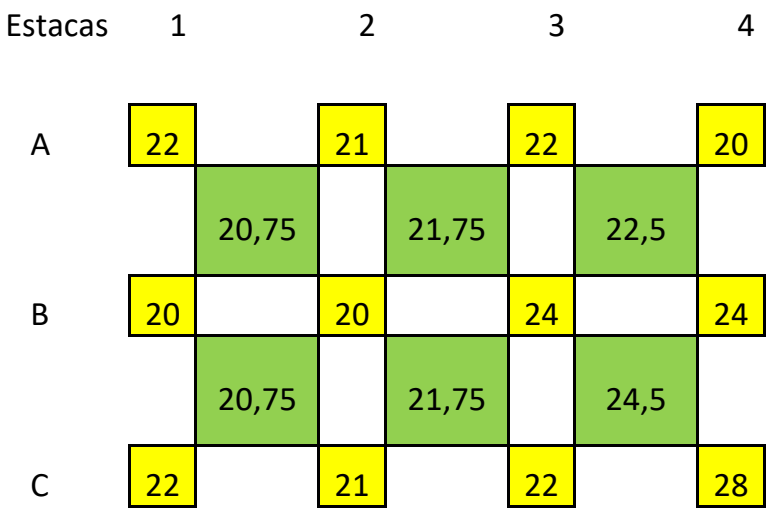
(C) 15.

(D) 20.

(E) 22.

Comentários

Procedemos da mesma forma da questão anterior:



A partir das cotas médias das áreas, tiramos a cota média, que corresponde à cota de compensação dos cortes e aterros:

Cota média = $\frac{\sum_1^6 A_i}{6}$ = 22 m

Gabarito: E

(44 – TCE/SE – 2011 – FCC)

Para que haja sobra de 7.200 m3 de solo no processo de terraplenagem, a cota final deve ser, em metros,

(A) 22.

(B) 20.

(C) 15.

(D) 12.

(E) 10.

Comentários

Agora basta calcular a área e o Δh:

A partir dessa cota, para se obter 10.800 m^3, teremos que cortar:

Área total = 20 x 30 = 600 m^2

Δh = 7.200/600 = 12 m

Com isso, teremos a cota final = 22 – 12 = 10 m.

Gabarito: E

---

5 – LISTA DE QUESTÕES APRESENTADAS NESSA AULA

1. (36 – CGU/2008 – ESAF)

Segundo as especificações do DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, "o corte é um segmento natural da rodovia cuja implantação requer escavação do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto, que definem o corpo estradal". Com relação a esse serviço, é correto afirmar que:

a) o sistema de medição considera o volume medido após a extração e a distância de transporte entre este e o local do depósito.

b) quando houver excesso de materiais de cortes e não for possível incorporá-los ao corpo de aterros, deverão ser constituídas áreas de empréstimos.

c) quando, ao nível da plataforma dos cortes, for verificada a ocorrência de rocha, sã ou em decomposição, promove-se um rebaixamento da ordem de 0,40m e a execução de novas camadas com materiais selecionados.

d) nos cortes de altura elevada é prevista a implantação de patamares, com banquetas de largura mínima de 1m, valetas revestidas e proteção vegetal.

e) para a escavação dos materiais classificados como de 1ª e 2ª categorias, poderão ser utilizados tratores de lâmina, "motoscrapers", escavadeiras e carregadeiras.

2. (35 – CGU/2012 – ESAF)

A compactação é realizada visando obter a máxima estabilidade dos solos, na qual são avaliados os valores de densidade seca máxima e do teor de umidade ótimo. Com relação a este processo de estabilização de solos, é correto afirmar que

a) o teor de umidade ótimo aumenta com o aumento da energia de compactação.

b) o grau de compactação é obtido a partir da relação entre o peso específico máximo obtido em laboratório em relação ao peso específico máximo obtido em campo.

c) a umidade ótima representa o valor de umidade em que o solo encontra-se completamente saturado.

d) o ramo úmido coincide com teores de umidade em que o atrito entre as partículas encontra-se totalmente mobilizado.

e) o coeficiente de permeabilidade tende a decrescer com o aumento da energia de compactação.

3. (49 – TRE/BA – 2003 – FCC)

A compactação do solo é um processo mecânico que tem o objetivo de

(A) diminuir a resistência ao cisalhamento.

(B) reduzir o volume de vazios.

(C) aumentar a compressibilidade.

(D) aumentar a permeabilidade.

(E) atingir o teor de umidade desejado.

4. (38 – Copergás/2011 – FCC)

A compactação é um método de estabilização de solos que se dá por aplicação de alguma forma de energia. Seu efeito confere ao solo aumento de seu peso específico e resistência ao cisalhamento, diminuição do índice de vazios, permeabilidade e compressibilidade. NÃO se configura como uma forma de aplicação de energia

(A) a vibração.

(B) o impacto.

(C) a tração estática.

(D) a compressão estática.

(E) a compressão dinâmica.

5. (12 – DNIT/2013 – ESAF)

A compactação pode ser entendida como ação mecânica por meio da qual se impõe ao solo uma redução do seu índice de vazios. Julgue os itens subsequentes, referentes a compactação de solos.

I. A compactação confere maior densidade aos solos, diminuindo sua compressibilidade e aumentando a sua resistência ao cisalhamento.

II. Os parâmetros de compactação dos solos, ou seja, teor de umidade ótima e massa específica seca máxima, dependem da energia de compactação adotada. Quanto maior a energia adotada, maiores valores para a massa específica seca máxima e menores valores para os teores de umidade ótima são encontrados.

III. Para que um solo atinja as condições ideais de compactação, ou seja, teor de umidade ótimo e massa específica seca máxima, ele deve se encontrar na condição saturada.

IV. O fenômeno do solo borrachudo pode ocorrer quando se tenta compactar um solo com umidade acima da ótima.

É incorreto o que se afirma em

a) I. b) II. c) III. d) IV. e) I, II, III e IV.

6. (6 – TCE-RS/2014 – FCC)

Em uma gleba de 5000 m^2, a cota final para um plano horizontal, com volumes iguais de corte e aterro, é 32,5 m. Entretanto, o projeto solicita uma cota final de 30 m para o terrapleno. Desta forma, a diferença entre os volumes de corte e aterro, em m^3, é

(A) 7500.

(B) 4615.

(C) 15000.

(D) 12500.

(E) 10000.

7. (62 – TCE-GO/2014 – FCC)

Em uma área de 60 m × 80 m, projeta-se um plano em declive das estacas 1 para as estacas 5, com rampa de 3%, porém que resulte em volumes de corte e aterro iguais. A cota final para compensação de terra é 22,40 m.

Dados:

Cotas em metros obtidas por quadriculação do terreno.

Seções/Estacas	1	2	3	4	5
A	22,4	21,7	20,7	20,2	20,6
B	22,8	22,2	21,4	21,2	21,8
C	23,8	23,1	22,7	22,5	22,9
D	24,8	24,2	23,8	23,6	24,0

As estacas A-1; A-2; A-3; A-4 e A-5 terão cotas, em metros, respectivamente, de

(A) 21,20; 20,00; 18,80; 17,60 e 16,40.

(B) 22,40; 23,60; 24,80; 26,00 e 27,20.

(C) 22,47; 22,54; 22,62; 22,69 e 22,76.

(D) 23,60; 23,00; 22,40; 21,80 e 21,20.

(E) 27,20; 26,00; 24,80; 23,60 e 22,40.

8. (7 – TCE-RS/2014 – FCC)

Nos trabalhos de terraplenagem, sabendo-se que a relação entre o volume de material no corte e o volume de material solto de terra comum seca é 0,80, a porcentagem de empolamento é

(A) 55. (B) 25. (C) 80. (D) 35. (E) 40.

9. (47 – Metrô/2009 – FCC)

Em uma escavação, foram retirados 2.500 m3 de solo argiloso e 3.500 m3 de solo siltoso, ambos medidos no corte do solo, com índices de empolamento, respectivamente, iguais a 0,77 e 0,88. Durante o transporte, os valores em m³ transportados, respectivamente, de argila e silte serão

(A) 2.345 e 3.143.

(B) 1.925 e 3.080.

(C) 4.950 e 4.950.

(D) 3.000 e 3.000.

(E) 3.247 e 3.977.

10. (52 – Fundação Casa/2013 – VUNESP)

Ao se efetuar um movimento de terra, admite-se um empolamento de 20% para terra comum seca, que no estado natural tem um peso específico de 2.400 kgf/m^3. No estado solto, o peso específico é de

(A) 1.200 kgf/m^3.

(B) 1.500 kgf/m^3.

(C) 1.840 kgf/m^3.

(D) 2.000 kgf/m^3.

(E) 160 kgf/m^3.

11. (28 – SAEP/2014 – VUNESP)

Para executar um reaterro, escavou-se um material que tem empolamento igual a 20%, carregando-se 3 caminhões de 5 m^3 com material solto em uma hora de trabalho. Em 8 horas de trabalho, o volume de material medido no corte é de

(A) 90 m^3.

(B) 200 m^3.

(C) 150 m^3.

(D) 120 m^3.

(E) 100 m^3

12. (62 – TCE/AM – 2012 – FCC)

Nas obras de uma nova rodovia, o projeto de terraplenagem de uma plataforma prevê um plano horizontal sem cota final definida. Entretanto, será necessária a sobra de 10.800 m3 de solo para utilização em um aterro nas obras da mesma rodovia. Na tabela a seguir estão apresentadas as cotas, em metros, obtidas por nivelamento após quadriculação do terreno de 20 em 20 metros.

Cotas em metros obtidas por quadriculação do terreno

Seções	Estacas			
	1	2	3	4
A	61	50	50	51
B	42	48	44	44
C	42	43	43	38
D	38	45	47	42

Para que haja sobra de 10.800 m3 de solo, a cota final, em

metros, é

(A) 50 (B) 45 (C) 42 (D) 40 (E) 38

(TCE/SE – 2011 – FCC)

Instruções: Considere as informações a seguir para responder às questões de números 43 e 44.

O projeto de terraplenagem de uma plataforma prevê um plano horizontal, porém não impõe sua cota final. Na tabela a seguir estão apresentadas as cotas, em metros, obtidas por nivelamento após quadriculação do terreno de 10 m em 10 m.

Cotas em metros obtidas por quadriculação do terreno

Seções/Estacas	1	2	3	4
A	22	21	22	20
B	20	20	24	24
C	22	21	22	28

13. (43 – TCE/SE – 2011 – FCC)

O valor da cota final para a solução mais econômica é, em metros,

(A) 10.

(B) 12.

(C) 15.

(D) 20.

(E) 22.

14. (44 – TCE/SE – 2011 – FCC)

Para que haja sobra de 7.200 m3 de solo no processo de terraplenagem, a cota final deve ser, em metros,

(A) 22.

(B) 20.

(C) 15.

(D) 12.

(E) 10.

15. (85 – TCE/PR – 2011 – FCC)

A terraplenagem é composta por algumas etapas preliminares genéricas que, obviamente, podem ser desnecessárias conforme as características específicas do terreno encontrado. Sobre esses serviços preliminares considere:

I. O desmatamento é a retirada da vegetação de grande porte. Feito com moto-serra ou, eventualmente, com processos mecânicos no caso de existência de poucas árvores.

II. O destocamento é a retirada dos restos das árvores (tocos). É executado com utilização de fogo ou manualmente.

III. A limpeza é o processo de retirada da vegetação rasteira. É executado somente com utilização de queimada do local.

IV. A remoção da camada vegetal consiste na retirada da camada de solo que pode ser considerada um banco genético para utilização em aterros.

Está correto o que se afirma em

(A) I, II, III e IV.

(B) I, II e III, apenas.

(C) II e III, apenas.

(D) III e IV, apenas.

(E) I e II, apenas.

16. (54 – TCE/SE – 2011 – FCC)

Nas obras rodoviárias, o procedimento de retaludamento, visando à estabilização de taludes ou encostas, consiste na

(A) retirada apenas de material da base do talude ou encosta,

através de serviços de terraplenagem, reduzindo a ação dos esforços solicitantes.

(B) retirada de material, por meio de serviços de terraplenagem, reduzindo a altura e o ângulo de inclinação

da encosta ou talude de corte.

(C) colocação apenas de material no topo do talude, através de serviços de terraplenagem, reduzindo a ação dos esforços solicitantes.

(D) colocação de gramínea na superfície do talude de corte ou encosta natural.

(E) colocação de um sistema de drenagem superficial na encosta ou talude de corte, reduzindo a ação dos esforços solicitantes.

17. (78 – TCE/GO – 2009 – FCC)

O coeficiente de empolamento refere-se à variação volumétrica do solo de corte para o aterro. Sabendo-se que o solo é, genericamente, um sistema trifásico (sólidos, água e ar), portanto, o espaço ocupado por uma certa quantidade de solo depende dos vazios em seu interior. Em processos de terraplenagem a taxa de empolamento é a relação

(A) percentual entre os volumes de corte e aterro antes da compactação.

(B) percentual entre os volumes de corte e aterro, depois de compactado.

(C) entre o volume de corte calculado e o volume de corte executado no campo.

(D) percentual entre a massa de solo retirada da área de empréstimo e a transportada para a área de aterro.

(E) volumétrica entre o solo transportado e o nivelado no campo para receber a compactação.

Para responder às questões de números 54 e 55 considere as seguintes informações:

A terraplenagem, em geral, é paga pelo volume medido no corte, em seu estado natural.

$\varphi 1$ = fator de empolamento = 0,80

$\varphi 2$= fator de redução volumétrica = 0,875

capacidade de carga de um caminhão = 5 m^3

18. (54 – TCE/PI – 2005)

Para o transporte de terra escavada, cujo volume natural (no corte) é avaliado em 12.000 m^3, o número de viagens de caminhão necessárias é

(A) 1.920

(B) 2.400

(C) 2.700

(D) 3.000

(E) 3.333

19. (55 – TCE/PI – 2005)

Para executar um aterro compactado de 14.000 m^3, o número de viagens de caminhão necessárias é

(A) 1.960

(B) 2.450

(C) 3.200

(D) 3.500

(E) 4.000

20. (43 – Infraero/2011 – FCC)

Na execução da terraplenagem em um terreno para a implantação de um aeroporto, foi necessária, na movimentação de terra, o empréstimo de solo. Depois de compactado mediu-se o volume de 1.200 m^3 de solo. Por meio do controle tecnológico conduzido, verificou-se que a densidade do solo compactado é de 2.030 kg/m^3, a densidade natural é de 1.624 kg/m^3 e a densidade solta é de 1.160 kg/m^3. Considerando que este solo foi transportado por caminhão basculante com capacidade de 6 m^3, o número de viagens necessárias foi de

(A) 400.

(B) 200.

(C) 250.

(D) 300.

(E) 350.

21. (42 – TCE/SE – 2011 – FCC)

Sobre os cálculos dos volumes acumulados nos processos de terraplenagem, é correto afirmar:

(A) Para que os volumes geométricos dos aterros possam ser compensados pelos volumes geométricos de corte, é necessário corrigir os volumes de aterro com o fator de redução de forma.

(B) Para que os volumes geométricos dos aterros possam ser compensados pelos volumes geométricos de corte, é necessário corrigir os volumes de corte com o fator de redução de forma.

(C) Para que os volumes geométricos dos cortes possam ser compensados pelos volumes geométricos de aterro, é necessário corrigir os volumes de aterro com o fator de empolação.

(D) Considerando o fator de redução de forma, volumes geométricos dos aterros correspondem sempre à metade da quantidade de terra dos volumes geométricos de corte.

(E) Considerando o fator de empolação, volumes geométricos dos aterros correspondem sempre à metade da quantidade de terra dos volumes geométricos de corte.

22. (37 – COMPESA/2014 – FGV)

A tabela a seguir mostra um transporte de brita para uma determinada obra.

Jazida	Quantidade de material (m^3)	Distância média (km)
J1	x	1
J2	2.500	4
J3	3.500	3
J4	5.000	2

Sabendo que a distância média de transportes é de 2,5 km, assinale a opção que indica o valor de x.

(A) O valor de x está entre 100 m^3 e 1.000 m^3.

(B) O valor de x é maior do que 3.000 m^3.

(C) O valor de x está entre 1.000 m^3 e 1.700 m^3.

(D) O valor de x é zero.

(E) O valor de x está entre 1.700 m^3 e 3.000 m^3.

23. (39 – COMPESA/2014 – FGV)

Um engenheiro quer estimar o número de viagens que caminhões de 20 m^3 devem realizar para executar a base de uma rodovia. Sabe-se que o volume total da base é de 18.000 m^3, o percentual de empolamento é de 25% e o Grau de Compactabilidade é de 0,90.

Com base nas informações acima, assinale a opção que indica o número de viagens utilizado para executar a base de uma rodovia.

(A) 900

(B) 1.000

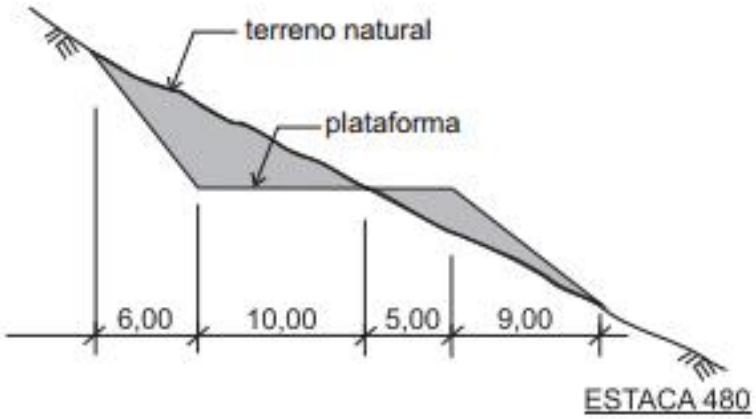
(C) 800

(D) 1.300

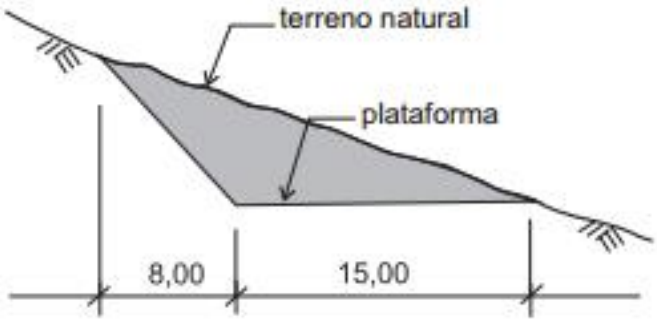
(E) 1.250

(CEF/2012 – Cesgranrio)

Considere os dados e croquis das seções transversais de duas estacas sequenciais de uma estrada, apresentados abaixo, para responder às questões 37 e 38.



ESTACA 480



ESTACA 481

Dados:
- cotas em metros
- distância entre estacas = 20 m
- declividade dos taludes:
  corte: i_c = 3/2
  aterro: i_a = 2/3

24. 37 –

Sendo o material de qualidade inferior à necessária, será feito um bota-fora de todo o corte entre as duas seções. Logo, o volume geométrico do bota-fora, em m3, vale

(A) 135

(B) 900

(C) 1.350

(D) 1.800

(E) 2.700

25. 38 –

Para o aterro entre as estacas 480 e 481, será adotado o fator (coeficiente) de redução fr = 1,20, e 100% do material será oriundo de uma jazida de empréstimo. Dessa forma, o volume (natural) geométrico do corte a ser realizado para atender ao empréstimo, em m3, é

(A) 90

(B) 125

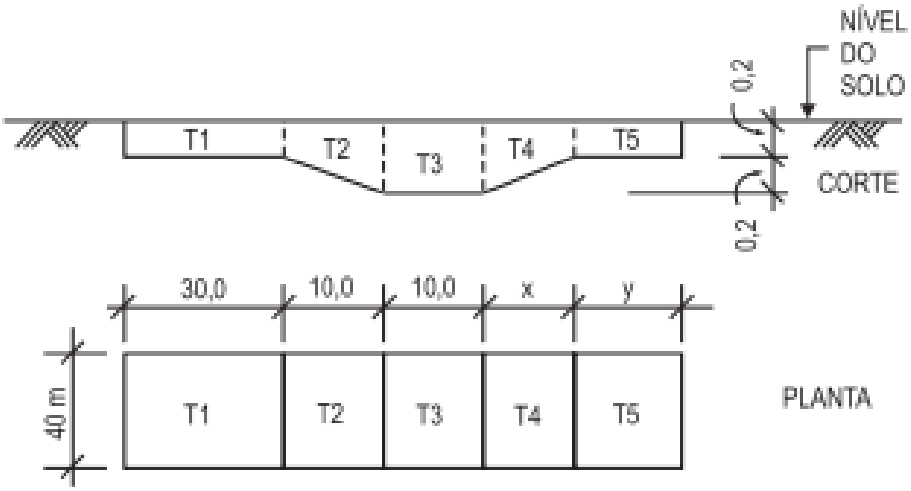
(C) 150

(D) 180

(E) 360

26. (30 – Liquigas/2013 – Cesgranrio)

Observe os croquis e os dados a seguir, que representam as escavações a serem realizadas na terraplanagem de uma obra.



Dados
- cotas em metros
- T1, T2, ...,T5 → trechos
- Considerar os volumes geométricos sem empolamento
- Volumes escavados em cada trecho Ti (Ve_{Ti}): $Ve_{T1} = Ve_{T4}$, $Ve_{T5} = 0,5\ Ve_{T4}$
- Croquis sem escala

A área total de escavação (em planta), em m^2, vale

(A) 2.000

(B) 2.120

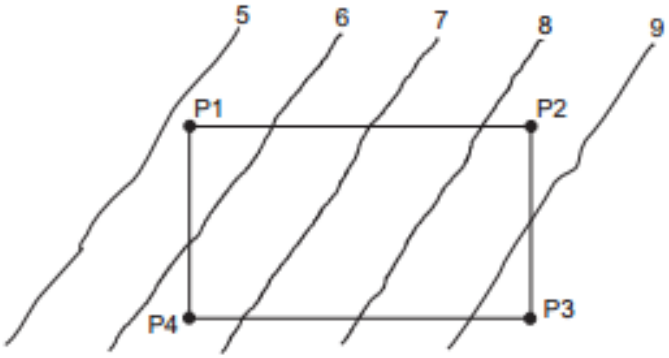
(C) 2.360

(D) 2.800

(E) 3.400

(Chesf/2012 – Cesgranrio)

Considere os dados e o croqui a seguir para responder às questões 27 e 28. No croqui, estão representadas a área a ser escavada e as curvas de nível do local.



Dados:

- Cotas em metros
  - P1: 5,2 m
  - P2: 8,5 m
  - P3: 9,5 m
  - P4: 6,3 m

A cota de fundo da escavação do polígono retangular P1P2P3P4 é 0,00 m.

- As paredes do perímetro da escavação são verticais.
- As curvas de nível são equidistantes.
- O perfil do terreno apresenta solo argiloso acima da cota 3,00 m e rocha abaixo de 3,00 m.
- Comprimentos:
  - P1-P2: 40 m
  - P3-P4: 40 m
  - P1-P4: 30 m
  - P2-P3: 30 m
- Taxa de empolamento da rocha: 80%
- O bota-fora da rocha encontra-se a 12 km do local da obra.

27. 27 –

O volume geométrico de escavação do solo argiloso, em m^3, é

(A) 4.620

(B) 5.250

(C) 5.880

(D) 6.160

(E) 7.840

28. 28 –

Para a retirada da rocha, serão utilizados caminhões de 8 m3, que, em cada viagem transportarão a capacidade máxima. Sabendo-se que na viagem de volta os caminhões percorrem a mesma distância que na ida, a quilometragem total (ida e volta) a ser percorrida para a retirada da rocha oriunda da escavação, em km, é

(A) 5.400

(B) 9.720

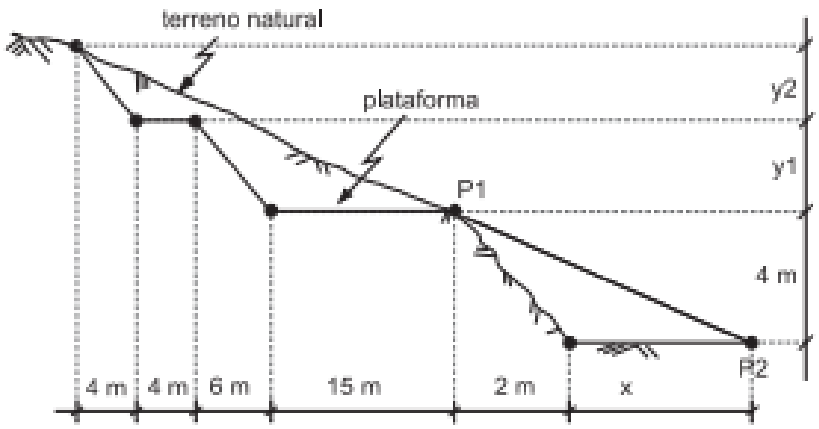
(C) 10.800

(D) 19.440

(E) 38.880

(Chesf/2012 – Cesgranrio)

Considere a seção transversal da estaca E322 de uma rodovia e os dados a seguir para responder às questões 29 a 31.



Seção transversal E322
Desenho sem escala

Dados:

• Na estaca E323, a área de aterro da seção transversal é 50% maior que a área de aterro da seção transversal da estaca E322

• Talude de corte: tg α = 3/2, onde α é o ângulo do talude de corte com a horizontal

• Talude de aterro tg β = 2/3, onde β é o ângulo do talude de aterro com a horizontal

29. 29 –

A área de corte da seção transversal da estaca E322, em m^2, é

(A) 20,00

(B) 70,00

(C) 106,50

(D) 108,75

(E) 217,50

30. 30 –

O volume geométrico de aterro a ser realizado entre as estacas E322 e E323, em m^3, é

(A) 80

(B) 160

(C) 200

(D) 240

(E) 300

31. 31 –

A altura, em metros, do aterro no meio de P1-P2, em relação ao terreno natural, é

(A) 0,80

(B) 1,60

(C) 2,00

(D) 2,50

(E) 3,00

32. (62 – DPE-RJ/2014 – FGV)

Para um serviço de movimentação de terra X em uma obra de terraplenagem de uma rodovia, foram observadas as seguintes informações

Jazida	Quantidade de material (m^3)	Distância média (km)
J1	1.000,00	10,00
J2	2.000,00	8,00
J3	4.000,00	9,00
J4	3.000,00	5,00

De acordo com essas informações, é correto afirmar que

(A) o momento de transporte para o serviço X é maior do que 80.000,00 m^3.km.

(B) a distância média de transporte é de 8,00 km.

(C) a distância média de transporte é menor do que 7,9 km.

(D) o momento de transporte para o serviço X é igual a 80.000,00 m^3 km.

(E) não é possível determinar a distância média de transportes

33. (63 – DPE-RJ/2014 – FGV)

Para realizar um serviço de 100 m^3 de base em uma rodovia, foi necessário escavar 110 m^3 de material de jazida. Foram transportados 120 m^3 pelos caminhões caçambas. Assim, conclui-se que

(A) o fator de empolamento é de 1,2.

(B) o fator de contração é menor do que 0,9.

(C) o empolamento é maior do que 10%.

(D) o fator de homogeneização é maior do que 1,2.

(E) o produto do fator de empolamento pelo fator de homogeneização é maior do que 1

34. (13 – DNIT/2013 – ESAF)

As máquinas de terraplenagem estão em contínuo processo de aprimoramento tecnológico e com elevado valor de mercado, exigindo operadores bem treinados.



O equipamento apresentado na figura acima é:

a) Escavadeira de lâmina frontal.

b) Retroescavadeira.

c) Moto scraper.

d) Motoniveladora.

e) Bobcat.

35. (45 – Petrobras/2012 – Cesgranrio)

Em uma obra de terraplenagem, será realizado um movimento de terra mecanizado. A decisão pelo uso de um trator de esteira ou de pneus será definida, levando em consideração a tabela, elaborada pelos engenheiros da obra. Será utilizado o trator que somar a maior pontuação.

Característica	Pontuação (sempre integral)	
	Sim	Não
Esforço trator elevado	1,0	0,0
Boa aderência	1,0	0,0
Boa flutuação	3,0	0,0
Alta velocidade de deslocamento	2,0	0,0

Considerando-se exclusivamente a pontuação integral da tabela e pontuando-se cada tipo de trator conforme suas características, deduz-se que, nessa obra, será utilizado o trator de

(A) esteira, pois sua pontuação chegou a 4,0.

(B) esteira, pois sua pontuação chegou a 5,0.

(C) pneus, pois sua pontuação chegou a 3,0.

(D) pneus, pois sua pontuação chegou a 4,0.

(E) pneus, pois sua pontuação chegou a 5,0.

36. (51 – Petrobras/2012 – Cesgranrio)

A figura representa um equipamento usado nos serviços de terraplanagem.



Disponível em: <http://www.cat.com/cda/layout?m=308916&x=7>.
Acesso em: 02 mar.12. Adaptado.

Tais serviços de terraplanagem são do tipo

(A) clam-shell

(B) scrêiper (scraper)

(C) motoniveladora

(D) retroescavadeira

(E) escavadeira hidráulica

37. (40 - CEF/2012 – Cesgranrio)

Considere as seguintes características de um equipamento utilizado em serviços de terraplanagem: equipamento autopropulsor de rodas, que possui uma lâmina regulável localizada entre os eixos dianteiro e traseiro, a qual pode ser equipada com uma lâmina

montada na dianteira ou com um escarificador, que também pode estar localizado entre os eixos dianteiro e traseiro. De acordo com a descrição, trata-se de um(a)

(A) compactador para aterro

(B) escavadeira

(C) motoniveladora

(D) retroescavadeira

(E) valetadeira

(Liquigas/2013 – Cesgranrio)

Considere os dados a seguir para responder às questões 54 e 55.

Para a execução da obra de uma barragem de terra, fez-se necessário realizar uma escavação de 12 m x 2 m x 2 m. Para tanto, foi utilizada uma retroescavadeira com comando hidráulico, cuja caçamba corta e transporta 0,78 m^3 por ciclo de trabalho (corta-carrega). Esse ciclo refere-se ao posicionamento da máquina no local a ser escavado, ao procedimento de corte, ao giro, à carga no caminhão que vai transportar o material e ao novo posicionamento para outro ciclo. O tempo de cada ciclo é de 1 minuto. O solo tem uma taxa de empolamento de 30%. Considere que o volume cortado e transportado pela caçamba já está empolado.

38. 54 –

De acordo com as condições apresentadas, o tempo, exclusivamente de trabalho, para realizar a escavação, desconsiderando qualquer outro fator, é

(A) 01 h 20 min

(B) 01 h 10 min

(C) 01 h 00 min

(D) 00 h 45 min

(E) 00 h 30 min

39. 55 –

Sendo a capacidade de carga do caminhão de 88 kN, e a massa específica do material empolado de 1,4 kg/dm^3, a quantidade de caçambas cheias (0,78 m^3) da retroescavadeira que deverá ser colocada no caminhão sem exceder a capacidade de carga do mesmo, é

(A) 8

(B) 10

(C) 11

(D) 12

(E) 15

40. (69 – TCE/PI – 2005)

Os solos, para que possam ser utilizados nos aterros das obras de terraplanagem, devem ter certas propriedades que melhoram o seu comportamento técnico. Para atingir este objetivo NÃO é recomendável

(A) reduzir as possíveis variações volumétricas causadas por ações externas.

(B) aumentar sua resistência de ruptura.

(C) aumentar seu coeficiente de permeabilidade.

(D) aumentar sua coesão e seu atrito interno.

(E) reduzir seu coeficiente de permeabilidade.

41. (76 – TJ/SE – 2009 – FCC)

Sobre o controle tecnológico em aterros de obras de terraplanagem, considere:

I. É obrigatório em aterros com responsabilidade de fundação, pavimentos ou estruturas de contenção.

II. Acima de 1,0 m de altura, passa a ser obrigatório o controle tecnológico de qualquer aterro.

III. Qualquer aterro cujo volume total exceda os 1000 m3 deve passar por controle tecnológico.

Está correto o que se afirma em

(A) I, apenas.

(B) I e II, apenas.

(C) II e III, apenas.

(D) III, apenas.

(E) I, II e III.

42. (49 – Infraero/2009 – FCC)

Com relação ao controle tecnológico da execução de aterros, além da realização de ensaios geotécnicos, devem ser controlados no local os seguintes aspectos:

I. preparação adequada do terreno para receber o aterro, especialmente retirada da vegetação ou restos de demolições eventualmente existentes.

II. emprego de materiais selecionados para os aterros, não podendo ser utilizadas turfas, argilas orgânicas, nem solos com matéria orgânica micácea ou ditomácea, devendo ainda ser evitado o emprego de solos expansivos.

III. as operações de lançamento, homogeneização, umedecimento ou aeração e compactação do material de forma que a espessura da camada compactada seja de no máximo 0,20 m.

Está correto o que se afirma em

(A) I e II, apenas.

(B) I, II e III.

(C) I, apenas.

(D) II, apenas.

(E) III, apenas.

43. (41 – COMPESA/2014 – FGV)

Em uma obra rodoviária, um engenheiro deseja avaliar a massa específica aparente do solo "*in situ*" da base que está sendo executada por sua equipe, com a finalidade de avaliar o grau de compactação obtido em campo.

Assinale a opção que indica o ensaio que a equipe técnica deve realizar.

(A) Ensaio de CBR

(B) Ensaio de densidade real dos grãos

(C) Ensaio de abrasão Los Angeles

(D) Ensaio de SPT

(E) Ensaio do método de frasco de areia

44. (65 – TRE/PI – 2009 – FCC)

Considere as seguintes afirmações sobre a compactação dos solos:

I. Um mesmo solo, quando compactado com energias diferentes, apresentará valores de massa específica seca máxima menores e teor de umidade ótima maiores, para valores crescentes dessa energia.

II. A granulometria do solo possui influência nos valores da massa específica seca e do teor de umidade. Desta forma, quando compactados com uma mesma energia, solos mais grossos apresentarão massa específica seca maior e o teor de umidade ótima menor do que um solo mais fino.

III. Tanto a secagem quanto o reúso da amostra de solo utilizada na realização do ensaio de compactação (Ensaio de Proctor) podem alterar suas propriedades e consequentemente os resultados de ensaio.

IV. A insistência da passagem de equipamento compactador quando o solo se encontra muito úmido faz com que ocorra o fenômeno que os engenheiros chamam de borrachudo: o solo se comprime na passagem do equipamento e, em seguida, se dilata, como se fosse uma borracha. Conclui-se que, são as bolhas de ar ocluso que se comprimem.

Está correto o que se afirma em

(A) I, apenas.

(B) II, apenas.

(C) III, apenas.

(D) II, III e IV, apenas.

(E) I, II e III.

45. (60 – DPE/SP – 2009 – FCC)

Na comparação de duas areias distintas utilizadas em fases diferentes da obra, a areia A apresentou índice de vazio de 0,72, enquanto a areia B apresentou índice de vazio de 0,64. Da análise dos dados, é possível afirmar:

(A) A areia B é mais compacta que a areia A.

(B) A areia A é menos densa que a areia B.

(C) A areia A é mais densa que a areia B.

(D) A areia A é mais compacta que a areia B.

(E) A compacidade, tanto da areia A quanto da areia B, é resultado da classificação isolada de seus índices de vazios.

46. (63 – DPE/SP – 2009 – FCC)

Quanto à natureza dos solos e à sua forma de escavação, assinale a alternativa correta:

(A) solo arenoso: material coeso, constituído de argila rija, com ou sem ocorrência de matéria orgânica, pedregulhos, grãos minerais, saibros. Escavado com ferramentas manuais, pás, enxadas, enxadões.

(B) solo de terra compacta: agregação natural, constituído de material solto sem coesão, pedregulhos, areias, siltes, argilas,

turfas ou quaisquer de suas combinações, com ou sem componentes orgânicos. Escavado com picaretas, pás, enxadões, alavancas, cortadeiras.

(C) solo de rocha branda: material com agregação natural de grãos minerais, ligados mediante forças coesivas permanentes, apresentando grande resistência à escavação manual, constituído de rocha alterada, "pedras-bola" com diâmetro acima de 25 cm, matacões, folhelhos com ocorrência contínua. Escavado com rompedores, picaretas, alavancas, ponteiras, talhadeiras e, eventualmente, com uso de explosivos.

(D) solo de rocha dura: material que apresenta alguma resistência ao desagregamento, constituído de arenitos compactos, rocha em adiantado estado de decomposição, seixo rolado ou irregular, matacões, "pedras-bola" até 25 cm. Escavado normalmente com uso de explosivos.

(E) solo de moledo ou cascalho: material altamente coesivo, constituído de todos os tipos de rocha viva como granito, basalto, gnaisse, entre outros. Escavado com picaretas, cunhas, alavancas.

47. (47 – Infraero/2011 – FCC)

Ao se deparar com regiões de solos compressíveis (moles), o engenheiro deve estudar a melhor solução para obter o melhor desempenho do pavimento a ser implantado. Dependendo da espessura de ocorrência deste material, procede-se com a remoção. Caso contrário, deve-se intervir nesta região anteriormente à implantação do pavimento. Uma

solução possível é a implantação de bermas de equilíbrio, que podem ser simplificadamente definidas como

(A) aterros drenantes para equilibrar a umidade do maciço do aterro principal.

(B) aterros executados para equilibrar o peso exercido pelo solo mole.

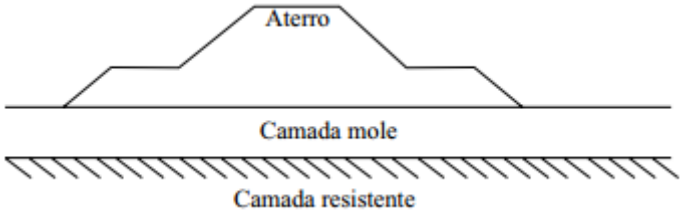
(C) cortes laterais para drenar os solos moles saturados.

(D) aterros laterais para equilibrar o peso exercido pelo maciço do aterro principal.

(E) cortes combinados com drenos verticais na região de solo mole.

48. (26 – ITESP/2013 – VUNESP)

Banquetas laterais de equilíbrio como, por exemplo, na figura apresentada, têm por objetivo ajudar a resistência ao cisalhamento da camada mole de fundação do aterro. Essas plataformas laterais de contrapeso, construídas junto ao aterro, criam um momento resistente que, se opondo ao de ruptura provocado pela carga de aterro, auxilia a resistência ao cisalhamento próprio da argila. O texto se refere a



(A) inclinações do talude.

(B) materiais estabilizantes.

(C) muros de arrimo e ancoragens.

(D) drenagens superficiais e profundas.

(E) bermas

49. (55 – Infraero/2011 – FCC)

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Por meio dos resultados obtidos nesse ensaio, é possível a construção da curva de distribuição granulométrica, tão importante para a classificação dos solos, bem como a estimativa de parâmetros para filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade etc. A determinação da granulometria de um solo pode ser feita apenas por peneiramento ou por peneiramento e sedimentação, se necessário. A fração de partículas que possuem diâmetro médio inferior a 0,42 mm e superior a 0,075 mm é denominada de

(A) silte.

(B) areia média.

(C) areia grossa.

(D) argila.

(E) areia fina.

50. (53 – Infraero/2011 – FCC)

Durante as investigações geotécnicas para a elaboração do projeto, foi identificado o solo A, com 100% de material passado na peneira de abertura 0,42 mm e 12% passada na peneira 0,075 mm. Sabendo que este material apresentou índices de Atterberg, LL e LP, ambos "Não Plásticos", este solo poderia ser classificado como areia

(A) média.

(B) fina.

(C) argilosa.

(D) grossa.

(E) siltosa.

51. (44 – Sabesp/2012 – FCC)

Um solo argiloso, dependendo do seu teor de umidade, poderá experimentar diferentes estados de consistência. Desta forma, sabendo que a plasticidade de um solo é um estado de consistência circunstancial, considere as seguintes afirmações:

I. Os valores dos limites de liquidez e de plasticidade, para cada argilomineral, podem variar dentro de um grande intervalo.

II. Para cada argilomineral, o intervalo de variação do limite de liquidez é maior do que o do limite de plasticidade.

III. Quanto mais plástico é um solo, menor será seu limite de contração.

Está correto o que se afirma em

(A) I, apenas.

(B) II, apenas.

(C) III, apenas.

(D) I e II apenas.

(E) I, II e III.

52. (35 – TRF2/2007 – FCC)

Os Limites de Atterberg, ou Limites de Consistência, são um método de avaliação da natureza de solos criado por Albert Atterberg. Em laboratório, é possível definir o Limite de Liquidez e o Limite de Plasticidade de um solo. Apesar de sua natureza fundamentalmente empírica, estes valores são de grande importância em aplicações de Mecânica dos Solos, como a determinação do Índice de Plasticidade (IP). A determinação do IP é realizada por meio da equação:

(A) $IP = LP - LL$

(B) $IP = \frac{LL}{LP}$

(C) $IP = LL - LP$

(D) $IP = \frac{LP}{LL}$

(E) $IP = LL + LP$

53. (45 – Infraero/2011 – FCC)

Um solo tropical é aquele que apresenta diferenciação em suas propriedades e em seu comportamento em comparação aos solos não tropicais, em decorrência da atuação de processos geológicos e/ou pedológicos típicos das regiões tropicais úmidas. Estes solos formados em regiões tropicais úmidas e com grande serventia para pavimentação são os

(A) siltosos.

(B) saprolíticos.

(C) arenosos.

(D) compressíveis.

(E) lateríticos.

54. (31 – TRF2/2007 – FCC)

Solos são materiais que resultam do intemperismo ou meteorização das rochas, por desintegração mecânica ou decomposição química e biológica. Dentre estes agentes do intemperismo, destacam-se: temperatura, pressão, agentes químicos, e outros. Quanto à formação, eles podem ser: residuais e transportados. Os solos transportados pela ação dos ventos e da gravidade são denominados, respectivamente, de

(A) eólicos e coluvionares.

(B) lateríticos e aluvionares.

(C) eólicos e lateríticos.

(D) glaciares e aluvionares.

(E) eólicos e lateríticos.

55. (42 – Sabesp/2012 – FCC)

Existem inúmeras maneiras de classificar os solos, destacando-se os sistemas classificatórios baseados no tipo e no comportamento de suas partículas. Desta forma, a expressão bem graduado significa solos com

(A) coeficiente de não uniformidade igual a 1, em geral, com melhor comportamento sob o ponto de vista da engenharia, do

qual resulta maior resistência.

(B) partículas de maior diâmetro, conferindo, em geral, melhor comportamento sob o ponto de vista da engenharia, do qual resulta menor permeabilidade e maior resistência.

(C) a existência de partículas de diversos diâmetros, conferindo, em geral, melhor comportamento sob o ponto de vista da engenharia, do qual resulta menor compressibilidade e maior resistência.

(D) coeficiente de curvatura menor que 1, em geral, com pior comportamento sob o ponto de vista da engenharia, do qual resulta menor resistência.

(E) predominância de partículas de um mesmo diâmetro, conferindo, em geral, melhor comportamento sob o ponto de vista da engenharia, do qual resulta menor permeabilidade e maior resistência.

56. (43 – Sabesp/2012 – FCC)

Para a construção de um aterro com volume de 170.000 m^3, pretende-se usar o solo de uma área de empréstimo com as seguintes características:

− Porosidade: 60%

− Peso específico das partículas sólidas: 25,5 kN/m^3

O volume de solo, em m^3, a ser escavado na área de empréstimo para que o aterro seja construído com peso específico natural de 18,0 kN/m^3 e teor de umidade igual a 20% é de:

(A) 100.000

(B) 250.000

(C) 270.000

(D) 300.000

(E) 350.000

57. (67 – TCE/AM – 2012 – FCC)

O ensaio denominado Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR − California Bearing Ratio) consiste na determinação

(A) da relação entre a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão em um corpo de prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em uma brita padronizada.

(B) da diferença entre a penetração de um pistão em um corpo de prova de brita e a penetração do mesmo pistão em um corpo de prova de areia lavada padronizada.

(C) do valor numérico, variando de 0 a 20, que retrata características de plasticidade e graduação das partículas do solo.

(D) da expansão de corpos de prova de solo compactados próximos do teor de umidade ótima quando imersos em água por 24 horas.

(E) do valor numérico, variando de 0 a 100%, que retrata características índices do solo, como o teor de umidade e a massa específica seca do solo.

58. (53 – TCE/PR – 2011 – FCC)

As energias de compactação usualmente utilizadas no Brasil geralmente seguem as especificações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para obras de pavimentação rodoviária. A norma técnica DNER-ME 129/94 estabelece as energias de compactação normal, intermediária e modificada para se determinar a correlação entre o teor de umidade e a massa específica aparente do solo seco. Segundo esse método, para se obter a energia normal, em laboratório, é necessária a aplicação com soquete de 4,536 ± 0,01kg de

(A) 10 golpes.

(B) 12 golpes.

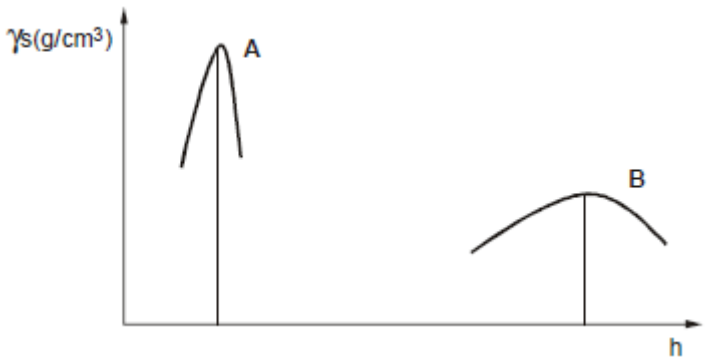
(C) 26 golpes.

(D) 55 golpes.

(E) 72 golpes.

59. (33 – TRF2/2007 – FCC)

Os solos, para que possam ser utilizados nos aterros das obras de terraplenagem, devem possuir certas propriedades de resistência que os capacitem para a utilização como material de construção. Tais propriedades podem ser melhoradas de maneira rápida e econômica por meio das operações de compactação. Proctor desenvolveu um ensaio dinâmico para a determinação experimental da curva de compactação, representando a relação entre a massa específica aparente seca do solo (γ_s) e sua umidade (h). As curvas de compactação dos solos A e B, abaixo ilustradas esquematicamente, podem representar, respectivamente:



(A) A - solo siltoso e B - solo arenoso.

(B) A - solo argiloso e B - solo arenoso.

(C) A - solo argiloso e B - solo siltoso.

(D) A - solo arenoso e B - solo argiloso.

(E) A - solo arenoso e B - pedregulho.

60. (63 – TCE/PR – 2011 – FCC)

A classificação HRB (Highway Research Board) possui como premissa estabelecer uma hierarquização para os solos do subleito a partir da realização de ensaios simples, realizados de forma corriqueira: a análise granulométrica por peneiramento e a determinação dos limites de liquidez e de plasticidade. Nesta classificação, os solos são divididos, de forma geral, em dois grandes grupos: os materiais granulares e os materiais silto-argilosos. A fração passante na peneira nº 200 que separa estas duas frações é igual a

(A) 15%.

(B) 30%.

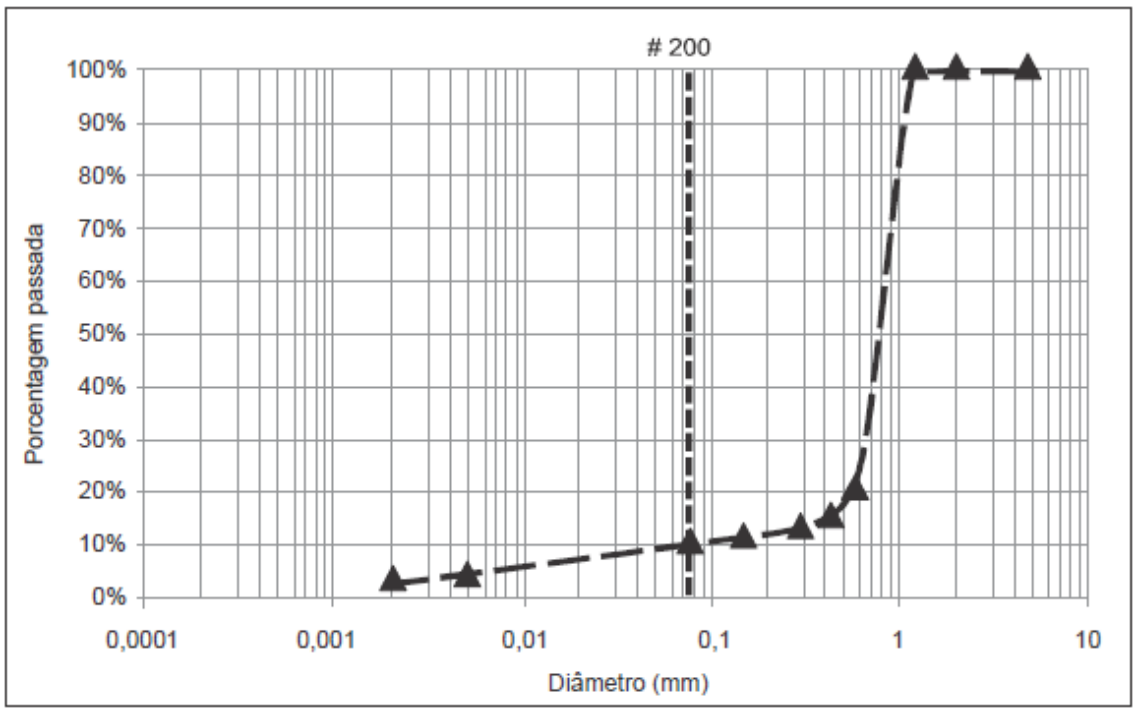
(C) 35%.

(D) 50%.

(E) 55%.

61. (32 – TRF2/2007 – FCC)

Os solos são classificados segundo sua granulometria, ou seja, o tamanho dos grãos que compõem a mistura determina o tipo de solo. Segundo a ABNT, é correto afirmar que o solo com a distribuição granulométrica indicada no desenho abaixo é:



(A) argiloso com mais de 50% de material passado na peneira 200.

(B) arenoso com menos de 50% de material passado na peneira 200.

(C) arenoso com mais de 50% de material passado na peneira 200.

(D) siltoso com menos de 50% de material passado na peneira 200.

(E) siltoso com mais de 50% de material passado na peneira 200.

62. (28 – ENAP/2006 – ESAF)

A terraplenagem, no caso de edificações, tem por objetivos regularizar e uniformizar o terreno, envolvendo três operações distintas: escavação, transporte e aterro. Com relação aos serviços de terraplenagem é incorreto afirmar que

a) o aterro deve ser executado em camadas sucessivas, com espessura máxima compactada de 0,30 m para o corpo do aterro, e de 0,20 m para as camadas finais.

b) as camadas finais do aterro deverão apresentar um grau de compactação mínimo de 95%.

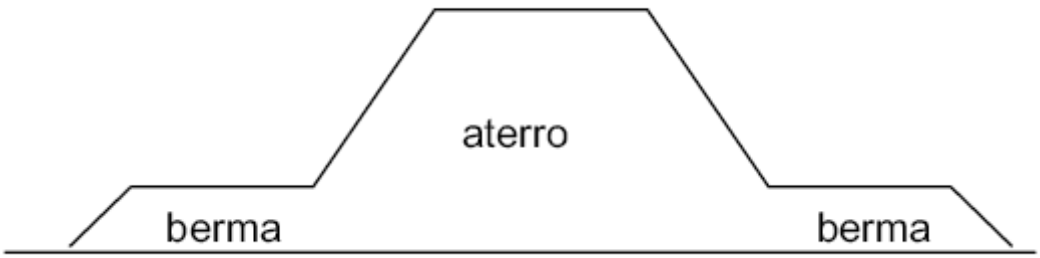
c) cumpre à fiscalização controlar a execução dos aterros, verificando, por exemplo, a espessura das camadas, e programar a realização dos ensaios necessários ao controle de qualidade dos aterros (determinação do grau de compactação, ensaios de CBR, etc).

d) quando houver possibilidade de solapamento na época chuvosa deve ser providenciado um enrocamento no pé do aterro.

e) no movimento de terra é importante considerar o empolamento, pois quando se move o solo de seu lugar original, há variações de seu volume que influenciam principalmente a operação de transporte.

63. (11 – TCE-RN/2000 – ESAF)

No dimensionamento de aterros sobre solos argilosos saturados ($\phi_u = 0$), usualmente se usa bermas para garantir a estabilidade do aterro. A maior contribuição delas decorre de



a) ângulo de atrito do solo utilizado na berma

b) ângulo de atrito e coesão do solo da berma

c) peso próprio do aterro

d) peso próprio da berma

e) ângulo de atrito e coesão do solo do aterro

6 – GABARITO

1) C	17) B	33) E	49) E
2) E	18) D	34) C	50) B
3) B	19) E	35) B	51) E
4) C	20) E	36) B	52) C
5) C	21) A	37) C	53) E
6) D	22) E	38) A	54) A
7) D	23) E	39) A	55) C
8) B	24) C	40) C	56) B
9) E	25) D	41) E	57) A
10) D	26) E	42) A	58) B
11) E	27) B	43) E	59) D
12) C	28) D	44) D	60) C
13) E	29) C	45) B	61) B
14) E	30) C	46) C	62) B
15) E	31) C	47) D	63) D
16) B	32) C	48) E	

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, Maria da Penha Nogueira de. **Barragens de Terra – Sistemas de Drenagem Interna.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: 2005.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Rio de Janeiro: 1997.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Implantação Básica de Rodovia**. Rio de Janeiro: 2010.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: 2006.

- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Drenagem**. Rio de Janeiro: 2006.

- CAPUTO, Homero P.. **Mecânica dos Solos e suas aplicações.** Rio de Janeiro. LTC: 1979.

- CATALANI, Guilherme e RICARDO, Hélio de Souza. **Manual Prático de Escavação, Terraplenagem e Escavação de Rocha.** São Paulo. Pini: 2007.

- General Real. **Apostila de Tecnologia das Construções**. IME. Curso de Fortificação e Construção. Rio de Janeiro: 1999.

- Lima, Maria José C. Porto de. **Apostila de Mecânica dos Solos.** IME. Curso de Fortificação e Construção. Rio de Janeiro: 1998.

- PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos.** São Paulo: Oficina de textos. 2000.

- VARGAS, Milton. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo. USP: 1977.

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.