

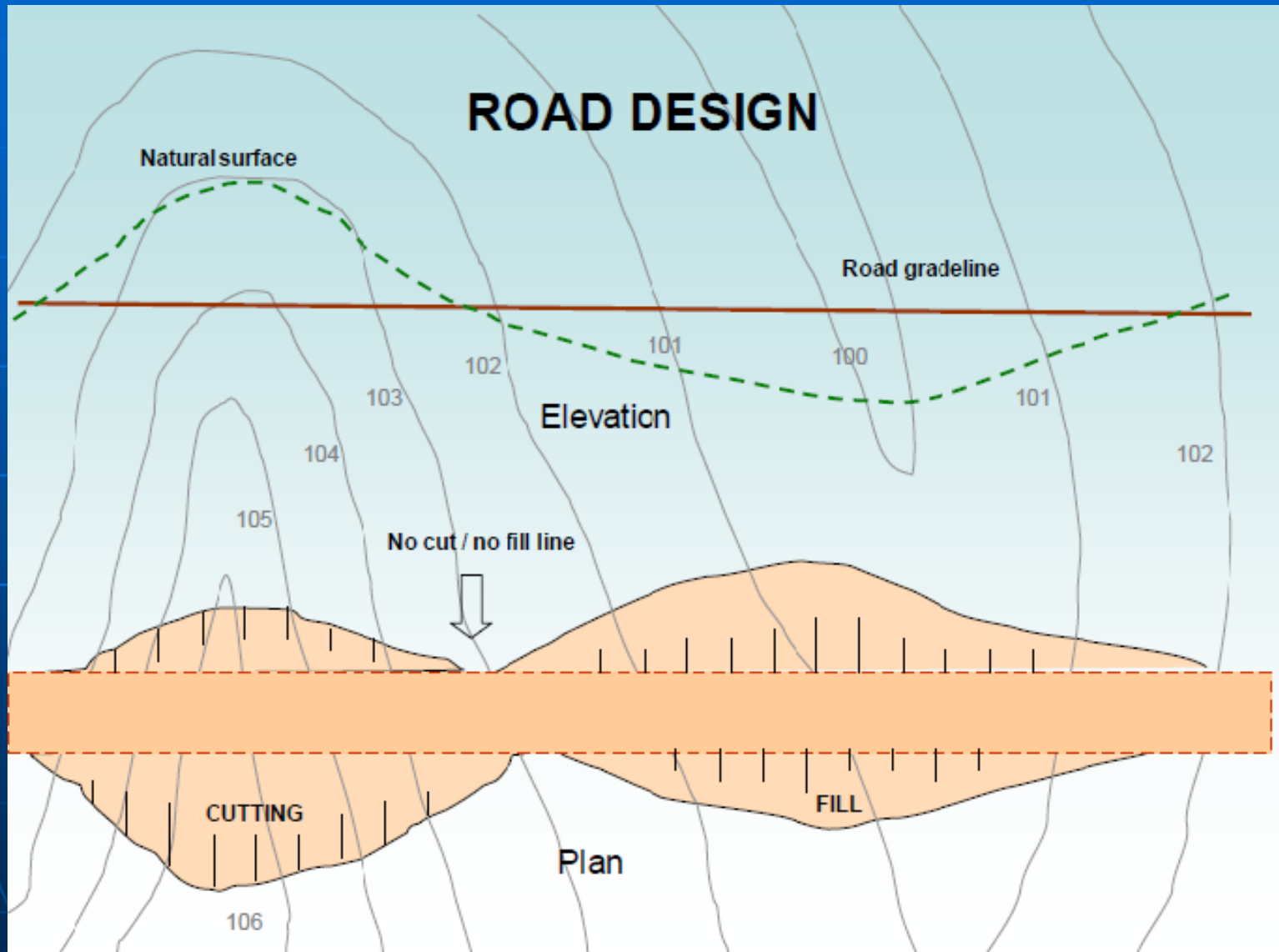


PCC USP

PCC 3332 - Tecnologia e Gestão
da Produção de Obras Civis:Obras
de Infraestrutura

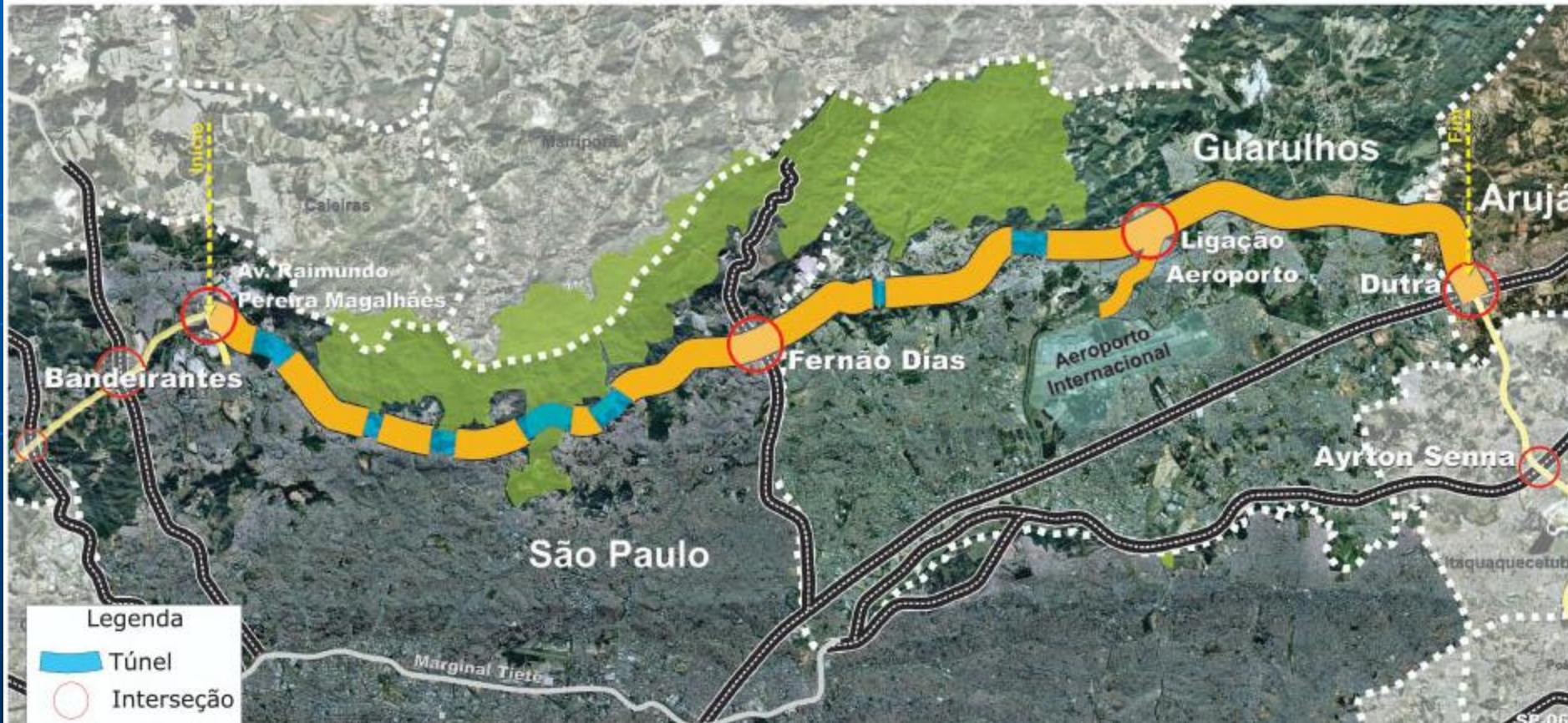
Tecnologia de produção de estradas e pavimentação

Projeto da Estrada





RODOANEL Norte



RODOANEL NORTE - LOTE 1

ESCALA 1:5000



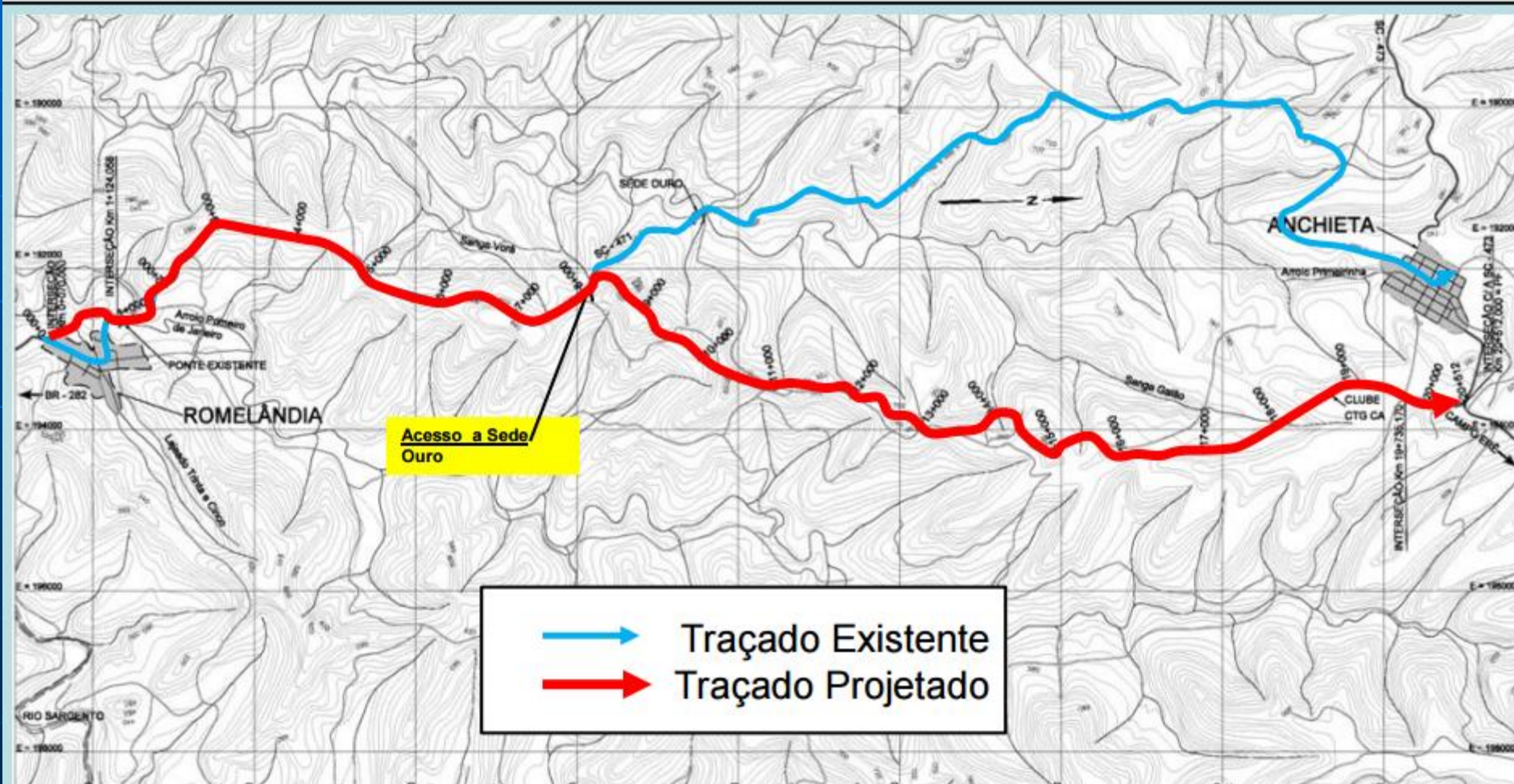
OUTUBRO/2014



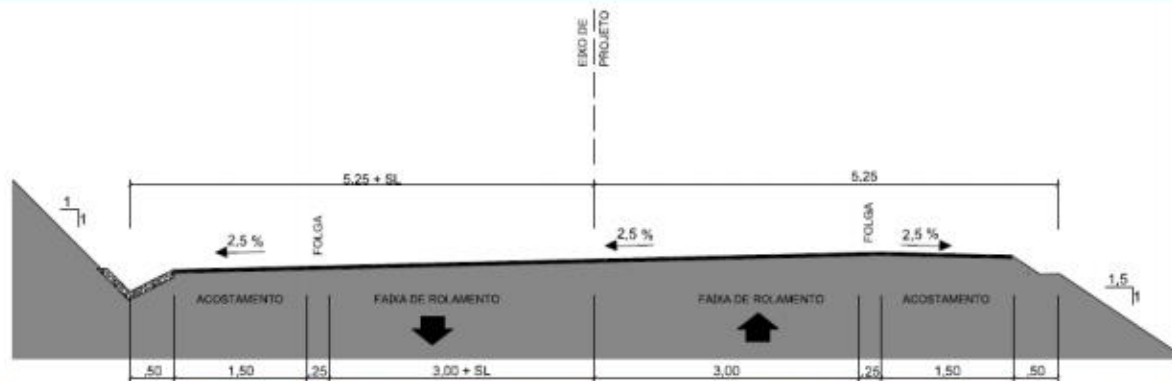
Rodovia Romelandia – Anchieta – Santa Catarina

ENGEVIX

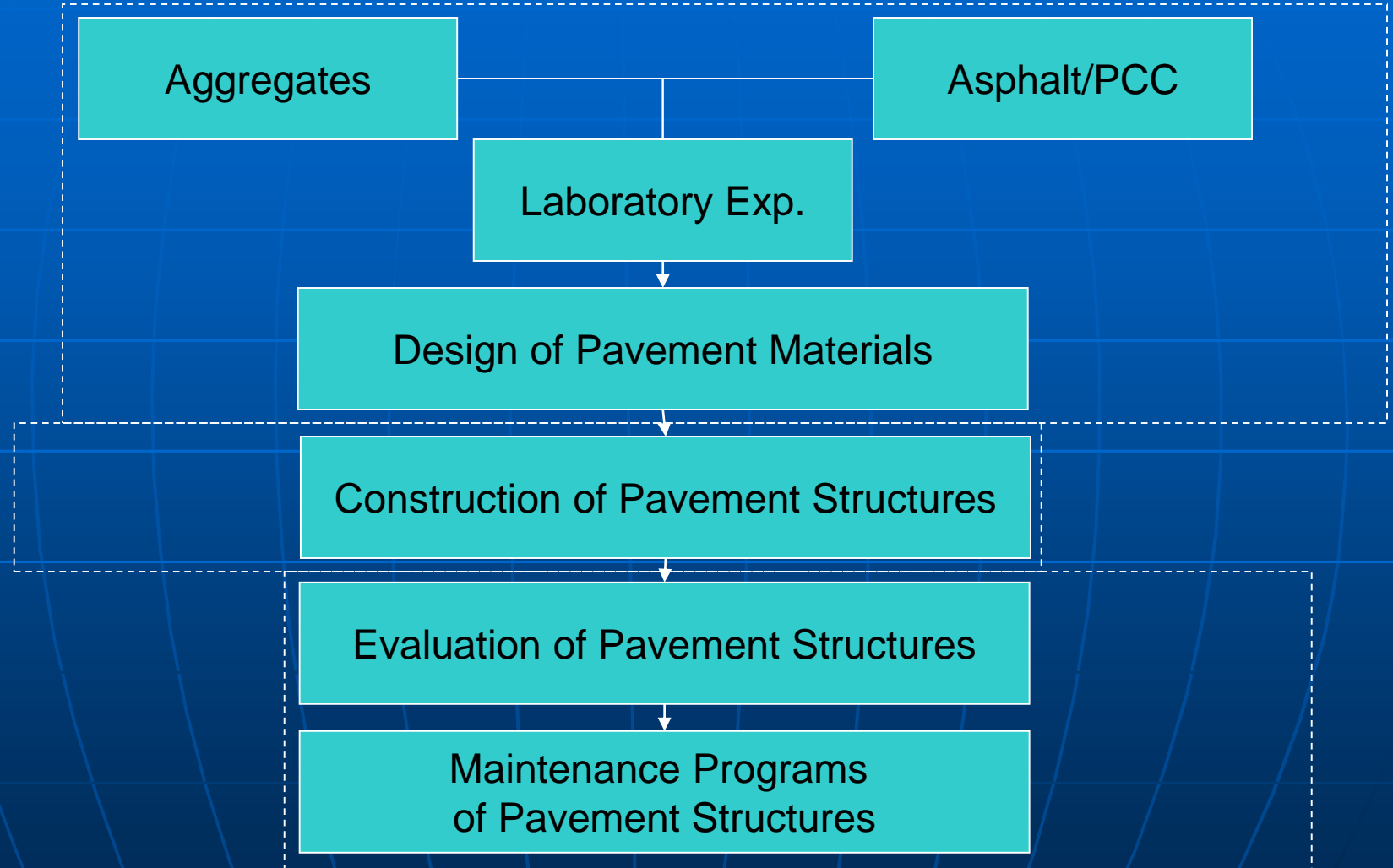
Implantação da Rodovia Existente x Projetada



a. NORMAL
 Km 0+000 ao 1+280
 Km 4+320 ao 19+200



ROAD CONSTRUCTION



Projeto da Estrada

ROAD DESIGN

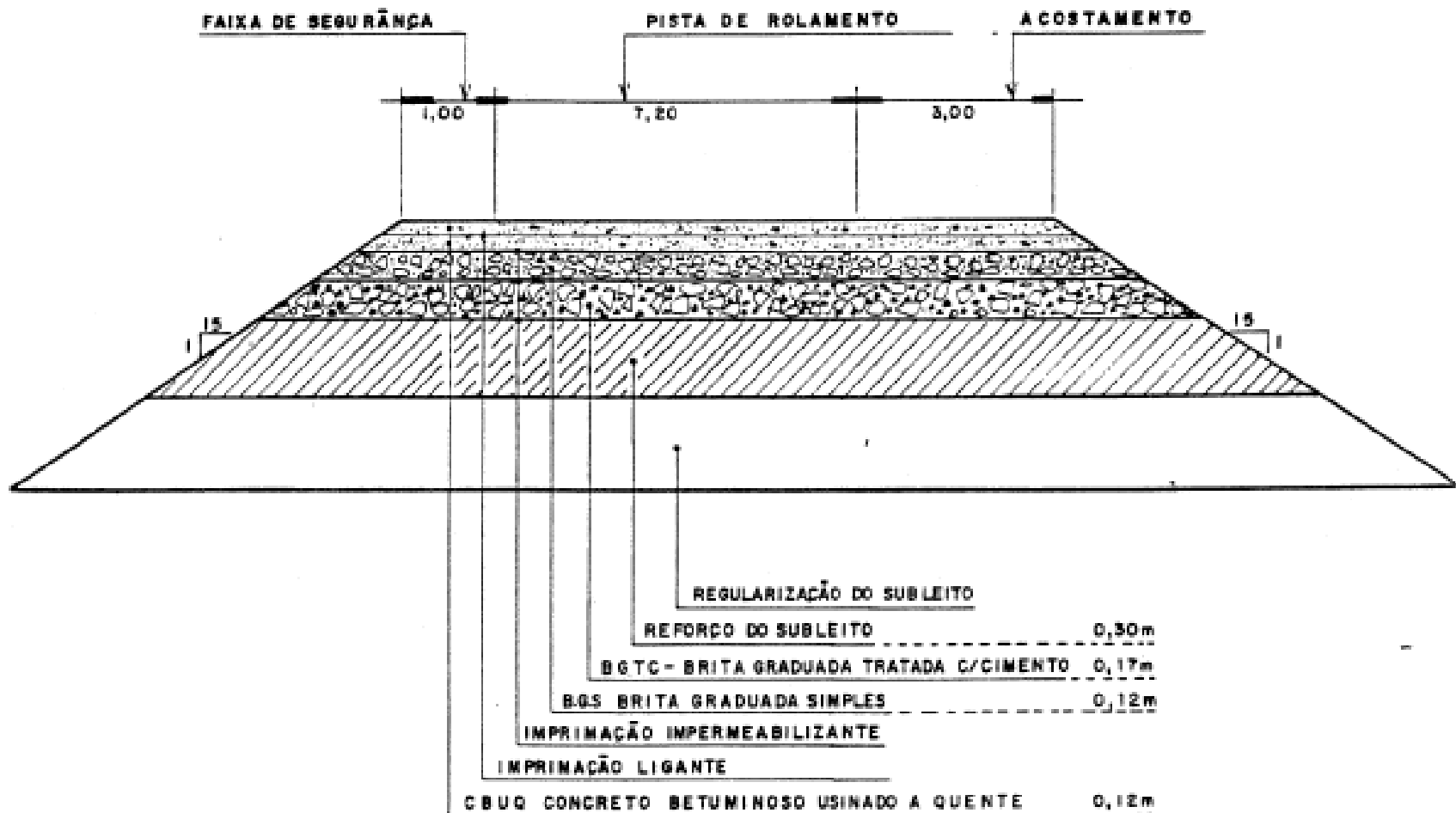


Cross Section
Excavation (Cut)



Cross Section
Embankment (Fill)

Projeto da Estrada



SEÇÃO TÍPICA DO PAVIMENTO

Projeto da Estrada

Rígidos



Base e revestimento

Sub-base



Subleito

Flexíveis



Revestimento

Base

Sub-base

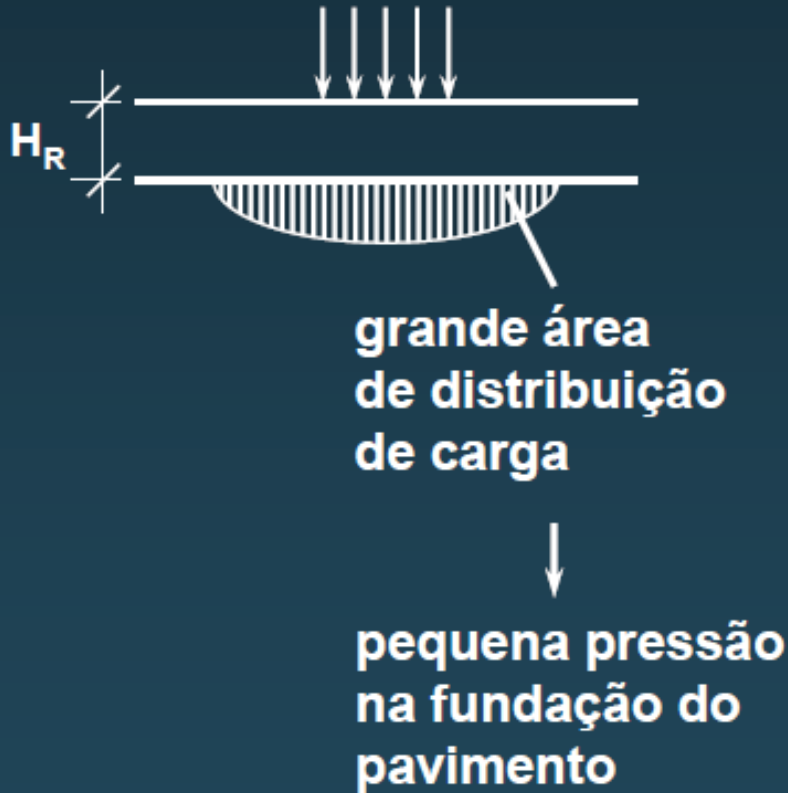
Reforço do subleito



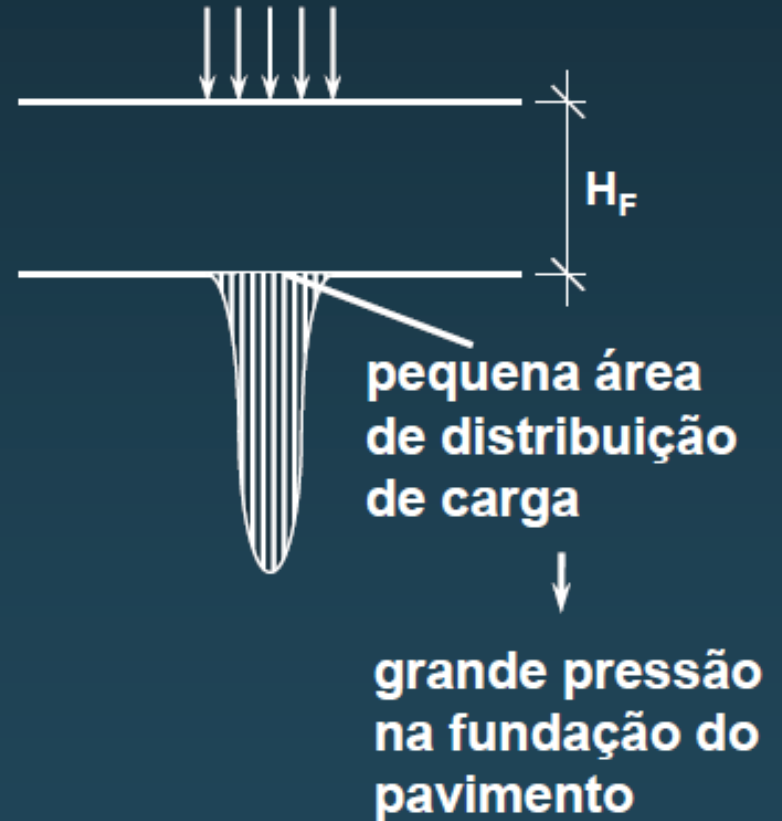
Subleito

Projeto da Estrada

Rígidos

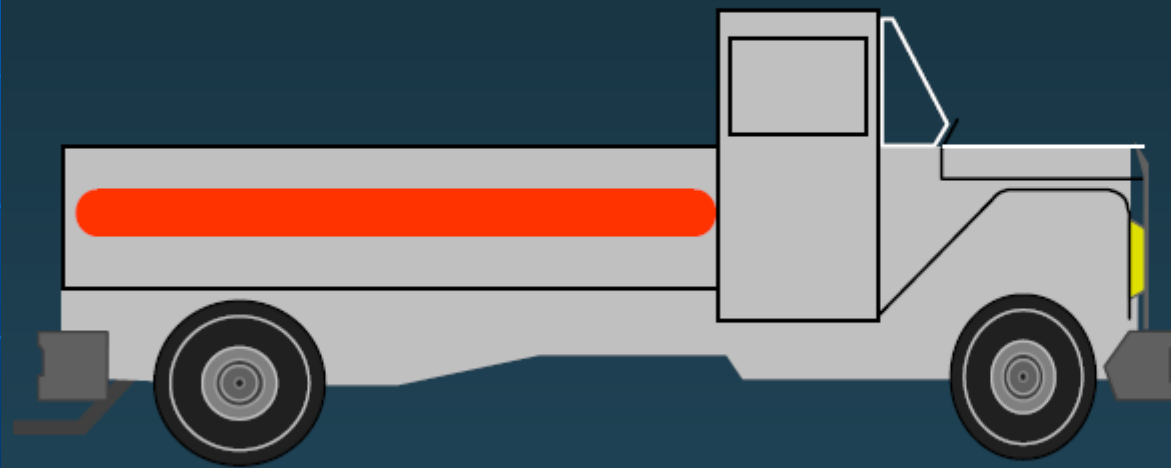


Flexíveis



Rodovia Carvalho Pinto

■ Caminhões Médios



10 tf

6 tf

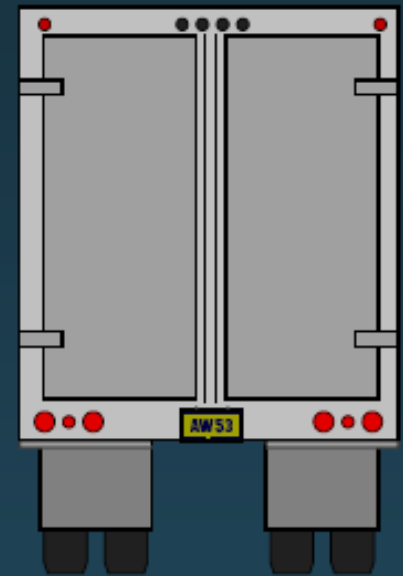
Rodovia Carvalho Pinto

■ Caminhões Pesados



17 tf

6 tf



Rodovia Carvalho Pinto

- Reboques e Semi-reboques

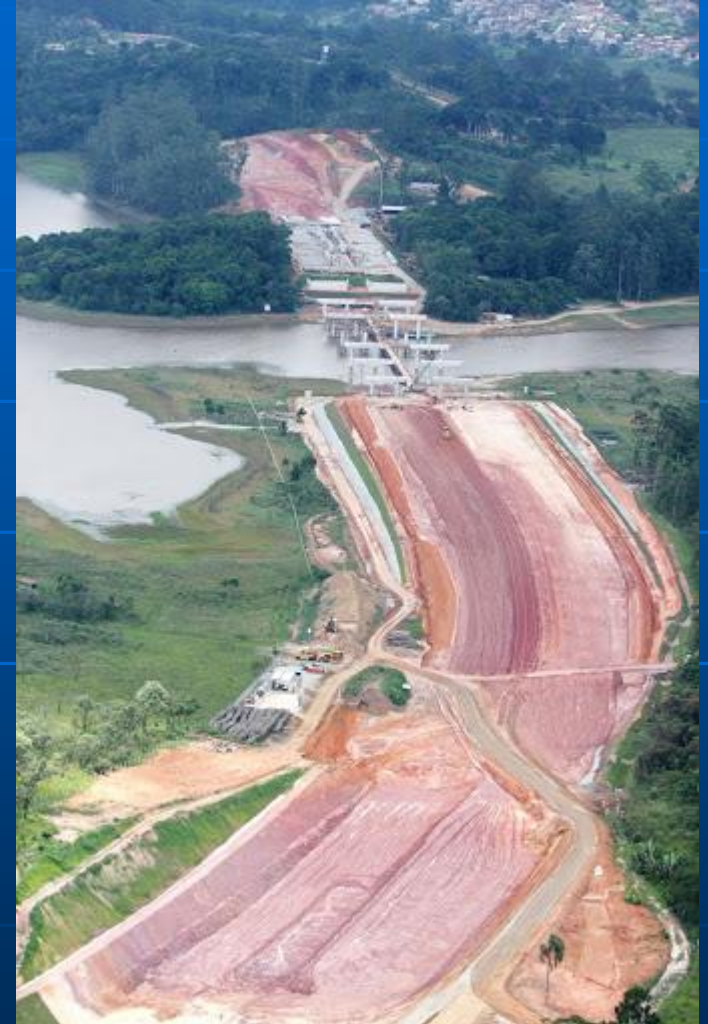


6 tf

17 tf

25,5 tf

Rodoanel Mario Covas – Trecho Norte



Rodovia Carvalho Pinto

PRINCIPAIS QUANTIDADES			
ITEM	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES
I	TERRAPLENAGEM		
	ESCAVAÇÃO MAT. 1ª e 2ª CAT.	m³	8.800.000,00
	ESCAVAÇÃO MAT. 3ª CAT.	m³	200.000,00
	COMPACTAÇÃO DE ATERRO	m³	4.250.000,00
II	OBRAS DE ARTE ESPECIAIS		
	PONTE SOBRE O RIO PARAIBA DO SUL (2 x 560,00m)	m	1.120,00
		m²	15.344,00
	P. I. PASSAGEM INFERIOR 2651	m	40,00
	VIADUTO SP 77	m	112,00
	P. I. PASSAGEM INFERIOR 2397	m	40,00
	P. I. PASSAGEM INFERIOR 2497	m	70,00
	P. I. PASSAGEM INFERIOR 2080	m	40,00
	PONTE SOBRE A SP 66	m	920,00
	III	TÚNEIS	
TÚNEL 1 (2 x 510,00m)		m	1.020,00
TÚNEL 2 (2 x 370,00m)		m	740,00
TÚNEL 3 (2 x 670,00m)		m	1.340,00
	TOTAL	m	3.100,00
IV	PAVIMENTAÇÃO		
	BRITA GRADUADA SIMPLES (B. G. S.)	Ton.	154.083,00
	BRITA GRADUADA SIMPLES (B. G. S.)	m²	565.650,00
	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (B. G. T. C.)	Ton.	149.943,00
	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (B. G. T. C.)	m²	424.047,00
	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (C. B. U. Q.)	Ton.	143.662,00
	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (C. B. U. Q.)	m²	500.917,00
	PAVIMENTO RIGIDO	m³	14.000,00
PAVIMENTO RIGIDO	m²	70.000,00	

Planejamento Detalhado

- Serviços preliminares
 - Sondagens adicionais
 - Dragagem da ensecadeira
 - Tratamento do solo em áreas ruins
- Controles de campo
 - Altura do maciço: teodolito/estação total
 - Compactação: laboratório de solos

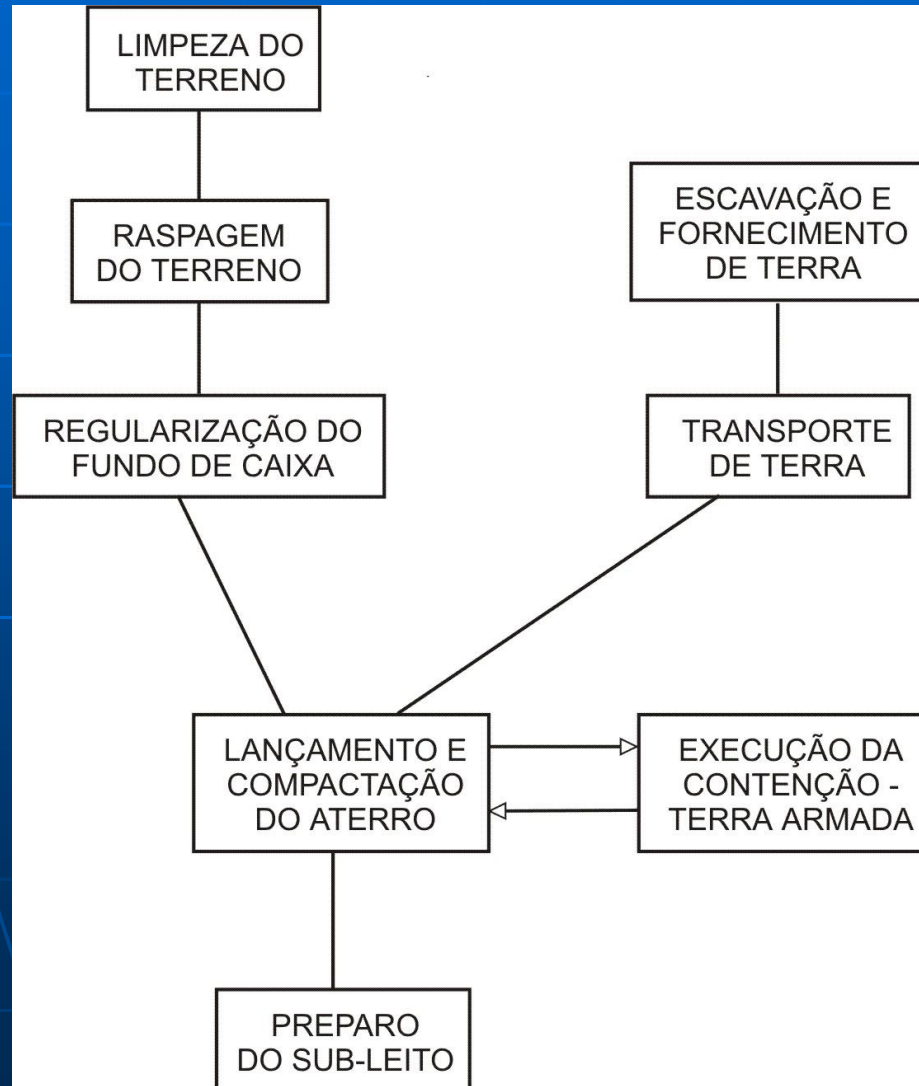
Planejamento Detalhado

- Jazidas e bota fora
 - Jazida de solo
- Intempéries
 - Chuva impossibilita obtenção da umidade ótima de compactação
 - Necessários tempo de espera com sol para reiniciar o trabalho no maciço

TERRAPLENAGEM

- FUNÇÕES:
 - REGULARIZAÇÃO DO TERRENO EXISTENTE; ou,
 - CONSTRUÇÃO DAS RAMPAS DE ACESSO AO VIADUTO, ATRAVÉS DA EXECUÇÃO DE ATERROS;

TERRAPLENAGEM



Método executivo: aterro

■ Limpeza da área:

- remoção da vegetação e do solo superficial (pá-carregadeira e escavadeira);



TERRAPLENAGEM

- FATORES DETERMINANTES PARA A DEFINIÇÃO DA JAZIDA DE IMPORTAÇÃO:
 - ❑ UNIFORMIDADE, HOMOGENEIDADE DO MATERIAL E QUANTIDADE;
 - ❑ ÍNDICES FÍSICOS (UMIDADE, RESISTÊNCIA, DENSIDADE, ETC.);
 - ❑ DISTÂNCIA DA OBRA.

Equipamento para corte e transporte e lançamento



CAMINHÃO BASCULANTES
(Tip Truck)



TRATORES (Dozers)



Escavadeira
(Excavators)



Pá Carregadeira
(Wheel Loaders)



RASPADORES (Scrapers)

Transporte

- *moto-scrapper* (12 m^3) até 900m de transporte ou caminhão basculante (20m^3);
- Aproveitamento das jazidas condicionado à $d_{\text{média}}$ de transporte;
- Tempo de ciclo depende de:
 - tipo de equipamento utilizado;
 - tipo e estado do solo;
 - declividade das vias de acesso.

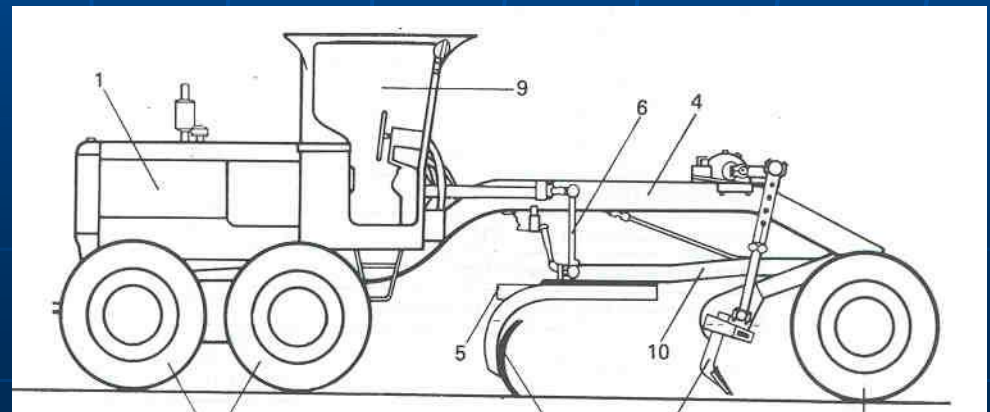
Aterro: espalhamento e compactação do solo

- Lançamento e espalhamento inicial por *moto-scrapper* ou caminhão basculante;
- **Espalhamento final e nivelamento por moto niveladora: camadas de 20 cm (argila camadas de 15 cm);**
- Compactação por rolo liso e/ou rolo pé-de-carneiro;
- **Umidade de compactação: $U_{\text{ótima}} \pm 2\%$;**
- Número de passadas: 8 em média (ensaios de campo).

Equipamento para espalhamento e nivelamento



Moto-niveladora



Aterro: espalhamento e compactação do solo

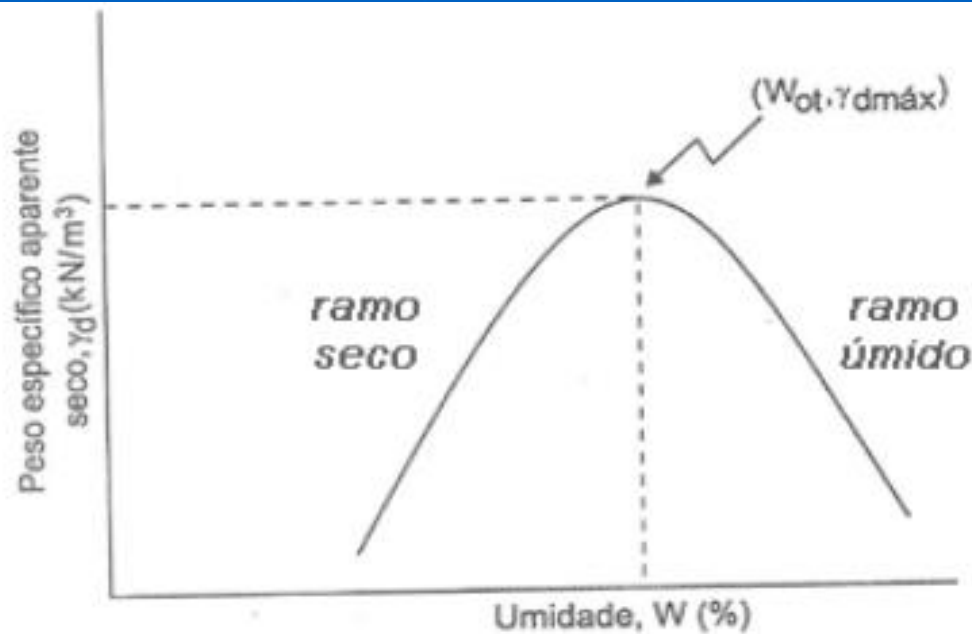


Figura 1 - Gráfico de peso específico aparente (kN/m³) x Umidade(%) (MATTOS, 2001)

$$GC(\%) = \frac{\gamma_{\text{campo}}}{\gamma_{d\text{max}}} \times 100$$

Grau de compactação

Proctor: A densidade com que um solo é compactado sob uma determinada energia de compactação depende da umidade do solo no momento da compactação

Aterro: espalhamento e compactação do solo

Tabela 1 - Energias de compactação Proctor (NBR 7182:1986)

TABELA – Energias de compactação

Cilindro	Características inerentes a cada energia de compactação	Energia		
		Normal	Intermediária	Modificada
Pequeno	Soquete	Pequeno	Grande	Grande
	Número de camadas	3	3	5
	Número de golpes por camada	26	21	27
Grande	Soquete	Grande	Grande	Grande
	Número de camadas	5	5	5
	Número de golpes por camada	12	26	55
	Altura do disco espaçador (mm)	63,5	63,5	63,5

Proctor: A densidade com que um solo é compactado sob uma determinada energia de compactação depende da umidade do solo no momento da compactação

Controles de compactação

■ Campo:

- Proctor ($h_{ótima}$, γ_s);
- Speedy ou frigideira (umidade).

■ Ensaio posteriores de laboratório:

- $h_{ótima}$ e γ_s ;

■ Periodicidade dos ensaios: a cada camada;

■ Proteção do aterro à noite: passagem do rolo de pneu para selar poros (orvalho).

Controles de compactação

- Como aumentar a umidade do solo em um estrada?
- E se chover durante o processo de compactação?

Umidade do Solo compactação



Controle geométrico e locação

- Marcação com piquetes;
- Marcação das linhas de *off-set*;
- Locação dos filtros por piquetes;
- Equipamentos utilizados:
 - Teodolito;
 - Estação total.
- Periodicidade: antes de iniciar cada etapa e a cada bateria de camadas compactadas;

Equipamentos de Compactação

ROLOS DE
CARNEIRO
(Sheepsfoot rollers)



ROLO COMPACTADORES DE SOLO VIBRATÓRIO
(Smooth-Drum Vibratory Soil Compactor)



Indicados para solos argilosos ou com baixos teores de areia, visto que apresnetam baixo rendimento em solos granulares

Equipamentos de Compactação

ROLO COM MESA VIBRATÓRIA
(Pad-drum Vibratory Soil Compactors)



ROLOS PNEUMÁTICOS
(Pneumatic Tired Rollers)



CAMINHÃO ESPARGIDOR



Equipamentos de Compactação

Dimensionamento de equipamentos:

- Espessura das camadas soltas antes da compactação (E_{solta})
- Espessura das camadas após a compactação ($E_{compactada}$)
- Densidade do solo solto (γ_{solto})
- Densidade do material compactado ($\gamma_{compactado}$)
- Largura média útil de cada faixa compactada (L_f)
- Velocidade média no ciclo de cada passada (km/h)
- Fator de eficiência operacional dos equipamentos (E_o)
- Número de passadas para atingir a compactação

Exemplo de exercício:

- Qual a espessura da camada de solo que deve ser lançada sabendo que a espessura compactada é de 30cm com as densidade apresentadas abaixo? Qual o volume de solo que será demandado por dia para cada de material solto?

- $\gamma_{\text{solto}} = 1,40 \text{ ton/m}^3$

- $\gamma_{\text{compactado}} = 1,80 \text{ ton/m}^3$

- Espessura da camada compactada = 30cm

- largura do tambor de 2,13m (sobreposição de 20%)

- Jornada de trabalho (horas / dia) = 11

Exemplo de exercício:

- $E_s = (\gamma_{\text{compactado}} / \gamma_{\text{solto}}) * E_c$
- $E_s = (1,8 / 1,4) * 0,30 = 0,386\text{m}$
- $L_f = 2,5 * (1 - 0,2) = 2,0\text{m}$
- Volume de material = $0,386 * 2,0 * 4000 * 11 * 0,80 / 4 = 6790\text{m}^3$

Exercício 2: Qual a frota necessária (trator de esteira, rolo pé de carneiro e caminhões basculantes) necessários para a execução de 2Km de aterros em 2 meses e com uma Distância Média de Transporte (DMT) de 10Km

$\gamma_{\text{solto}} = 1,20 \text{ ton/m}^3$

$\gamma_{\text{compactado}} = 1,80 \text{ ton/m}^3$

Espessura da camada compactada = 25cm

largura do tambor de 2,50m (sobreposição de 20%)

Velocidade média compactador = 4,0Km/h

Eficiência operacional = 0,80

Número de passadas para compactação = 4

Lâmina da motoniveladora = 2,50m

Velocidade média da motoniveladora = 6,0Km/h

Numero de passadas = 4

Velocidade do caminhão basculante = 20 km/h

Caminhão = 30m³



Exemplo de exercício:

■ $E_s = (\gamma_{\text{solto}} / \gamma_{\text{compactado}}) * E_c$

■ $E_s = (1,8 / 1,2) * 1,50 = 2,25\text{m}$

■ Volume de solo = $(12+9)*2,25/2 =$
 47.250m^3

■ Ciclo do caminhão = 1,5 horas

■ Caminhões = $47950 / (8*24*6) = 41$

■ $L_f = 2,5 * (1 - 0,2) = 2,0\text{m}$

■ Volume de material =

$0,386 * 2,0 * 4000 * 11 * 0,80 / 4 =$
 6790m^3



TERRA ARMADA

O PROJETO E EXECUÇÃO DA TERRA ARMADA FICA A CARGO DA EMPRESA ESPECIALIZADA, QUE É SUBCONTRATADA PARA ESTE SERVIÇO.

DE QUALQUER MANEIRA, CABE AO RESPONSÁVEL DA OBRA A SUA INSERÇÃO NO CONTEXTO GERAL.

TERRA ARMADA

CONFORME DEFINIDO NO FLUXOGRAMA DA OBRA, A TERRA ARMADA TERÁ SEU INÍCIO AO MESMO TEMPO DA TERRAPLENAGEM, OBSERVANDO QUE OS PILARES JUNTO AOS ENCONTROS JÁ DEVERÃO ESTAR CONCLUÍDOS, UMA VEZ QUE ESTES SERÃO ENVOLVIDOS POR ELA.

TERRA ARMADA

O SISTEMA É DOTADO DAS SEGUINTE PARTES CONSTITUINTES:

- ✓ PLACAS POLIGONAIS DE CONCRETO ARMADO



TERRA ARMADA

✓ TIRAS METÁLICAS DE FIXAÇÃO



AS TIRAS METÁLICAS SÃO PRESAS ÀS
PLACAS DE CONCRETO

TERRA ARMADA

QUE SÃO POSICIONADAS E “ENCAIXADAS”
ATRAVÉS DE GUINDASTES ADAPTADOS
SOBRE CAMINHÕES



TERRA ARMADA

AS TIRAS PRENDEM AS PLACAS AO MACIÇO
PELO EFEITO DO ATRITO QUE SE FORMA
PELO CONTATO COM O SOLO DE ATERRO



TERRA ARMADA

ESTE EFEITO É
AMPLIFICADO
PELO EFEITO DA
COMPACTAÇÃO DO
ATERRO SOBRE AS
TIRAS METÁLICAS



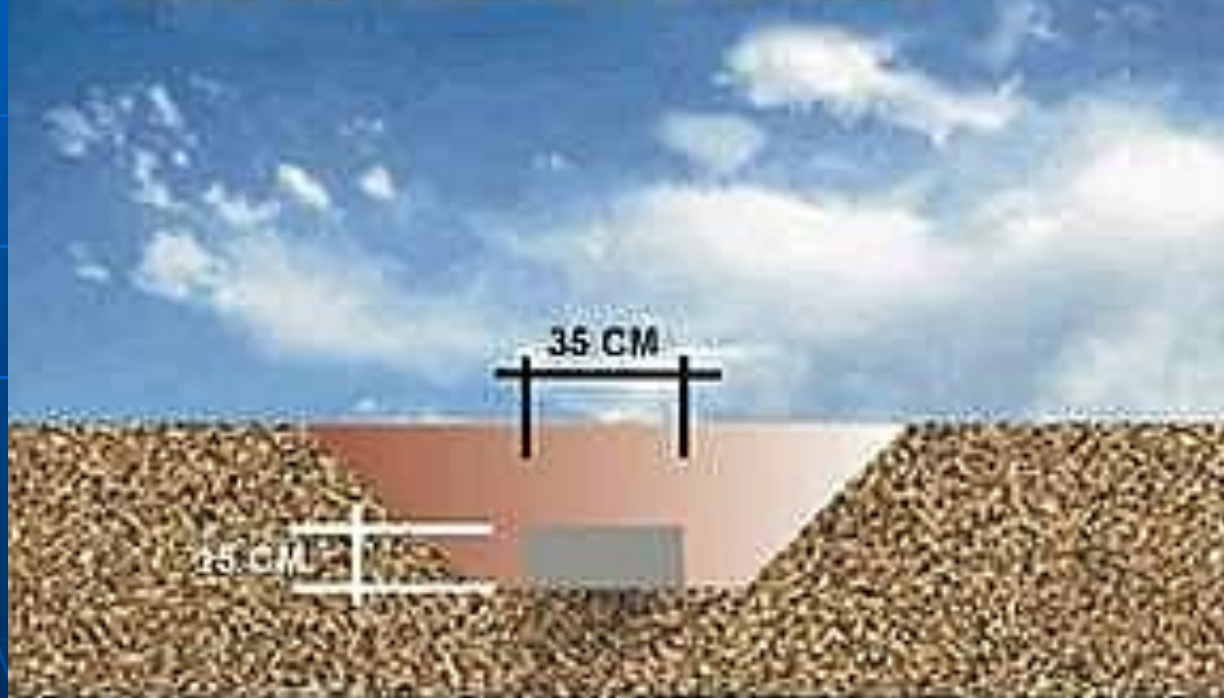
TERRA ARMADA

SEQUÊNCIA EXECUTIVA:



TERRA ARMADA

2 - EXECUÇÃO DA SOLEIRA COM CONCRETO MAGRO SEM ARMADURA, COM A FINALIDADE DE NIVELAR A 1ª CAMADA



TERRA ARMADA



TERRA ARMADA



TERRA ARMADA

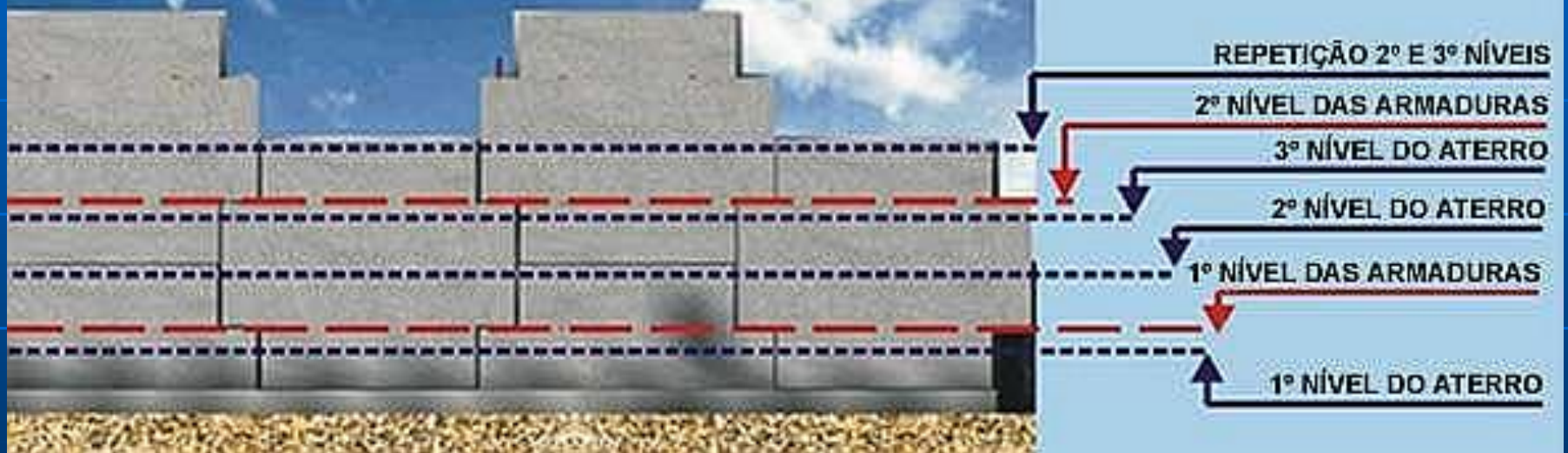


TERRA ARMADA



TERRA ARMADA

6 - DISPOSIÇÃO CAMADAS - ARMADURAS X ATERRO



Equipamento para corte e transporte e lançamento

TRATORES (Dozers)

CAMINHÃO BASCULANTES
(Tip Truck)



Retro escavadeira
(Excavators)



RASPADORES (Scrapers)



Pá Carregadeira
(Wheel Loaders)



Equipamentos de Compactação

ROLO COM MESA VIBRATÓRIA
(Pad-drum Vibratory Soil Compactors)



ROLOS PNEUMÁTICOS
(Pneumatic Tired Rollers)



CAMINHÃO ESPARGIDOR

