

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo



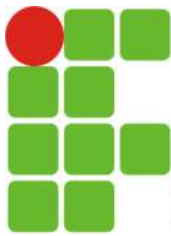
Disciplina: *Ferrovias*

Curso:

Engenharia Civil



Professor: Alessandro F. Della Vecchia

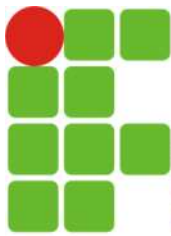


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

➤ FERROVIAS

Superestrutura Ferroviária –
Lastro e Sublastro

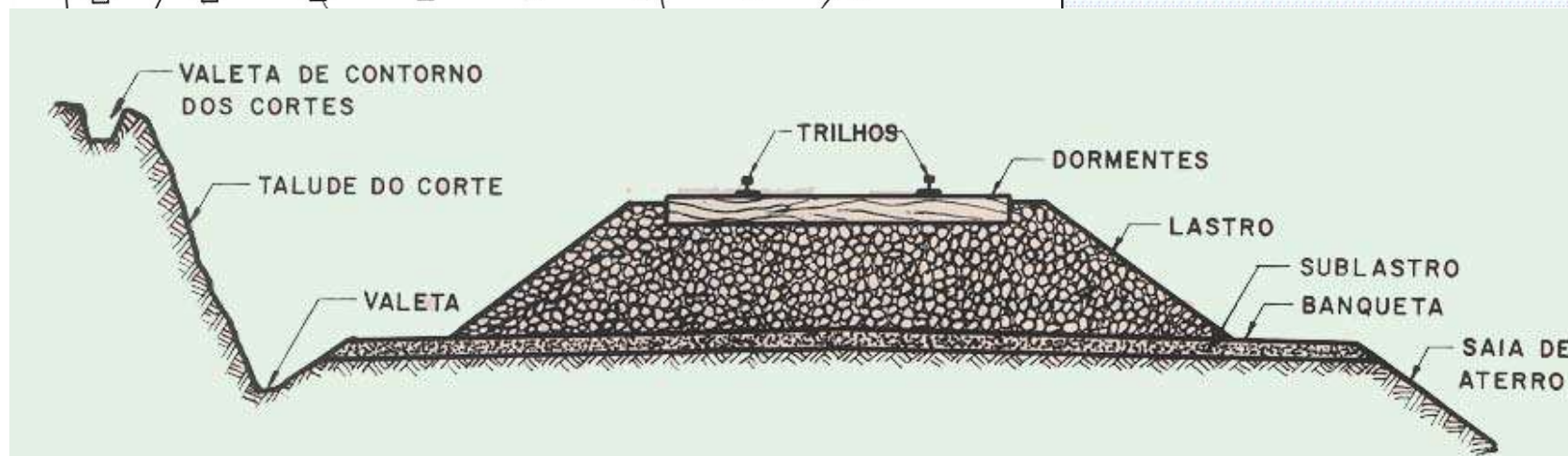
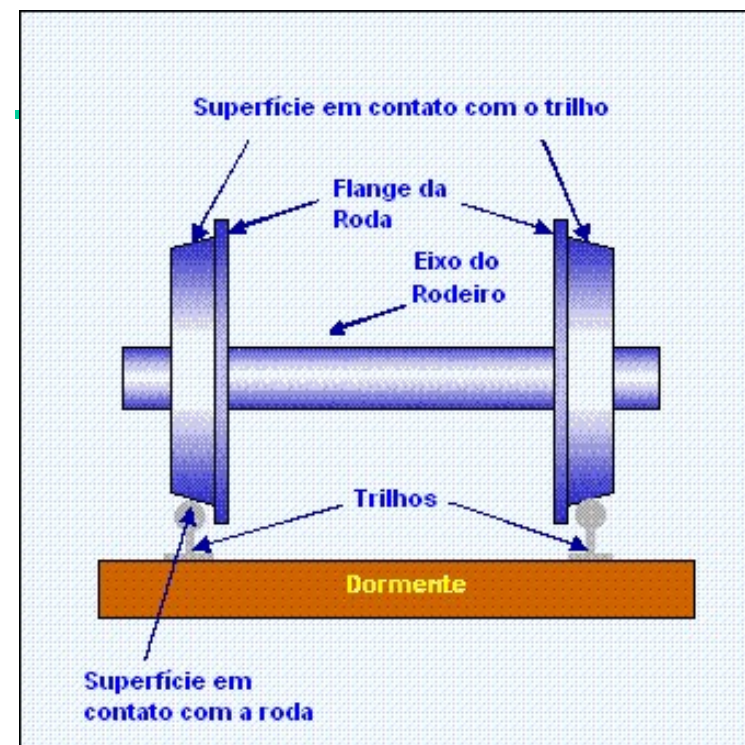
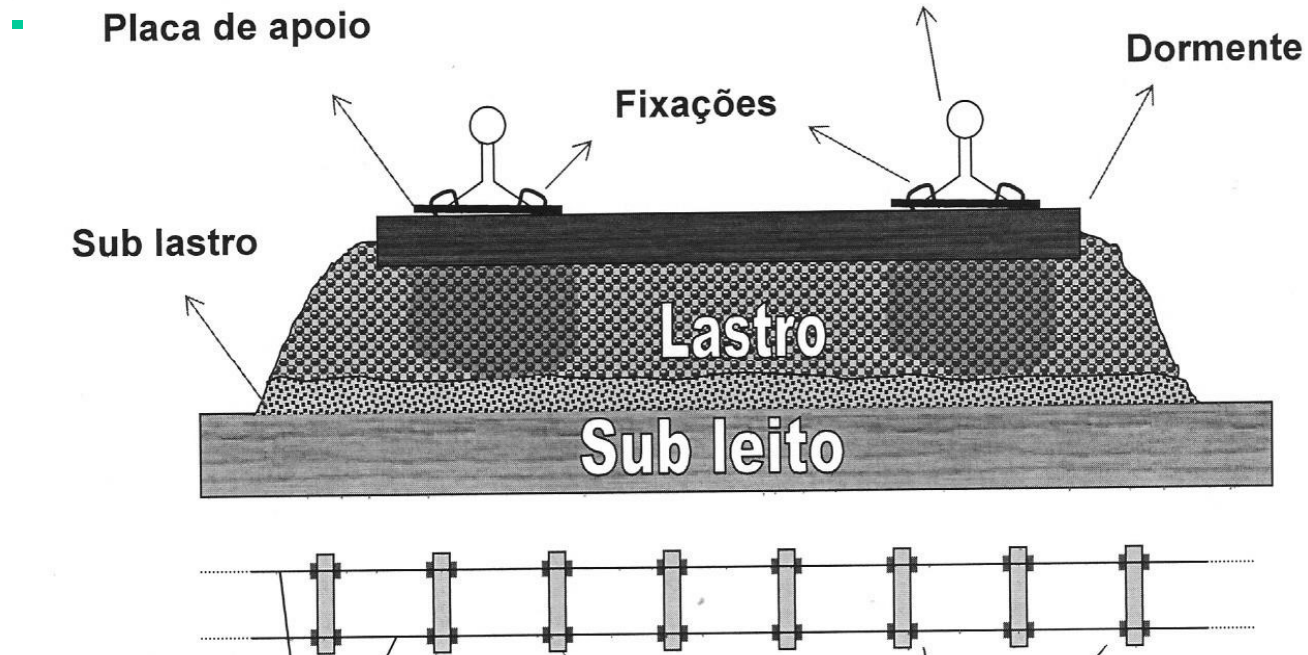
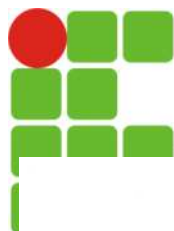


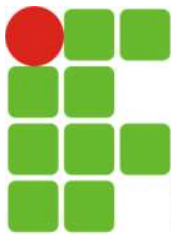


➤ CONSTITUIÇÃO DAS ESTRADAS DE FERRO

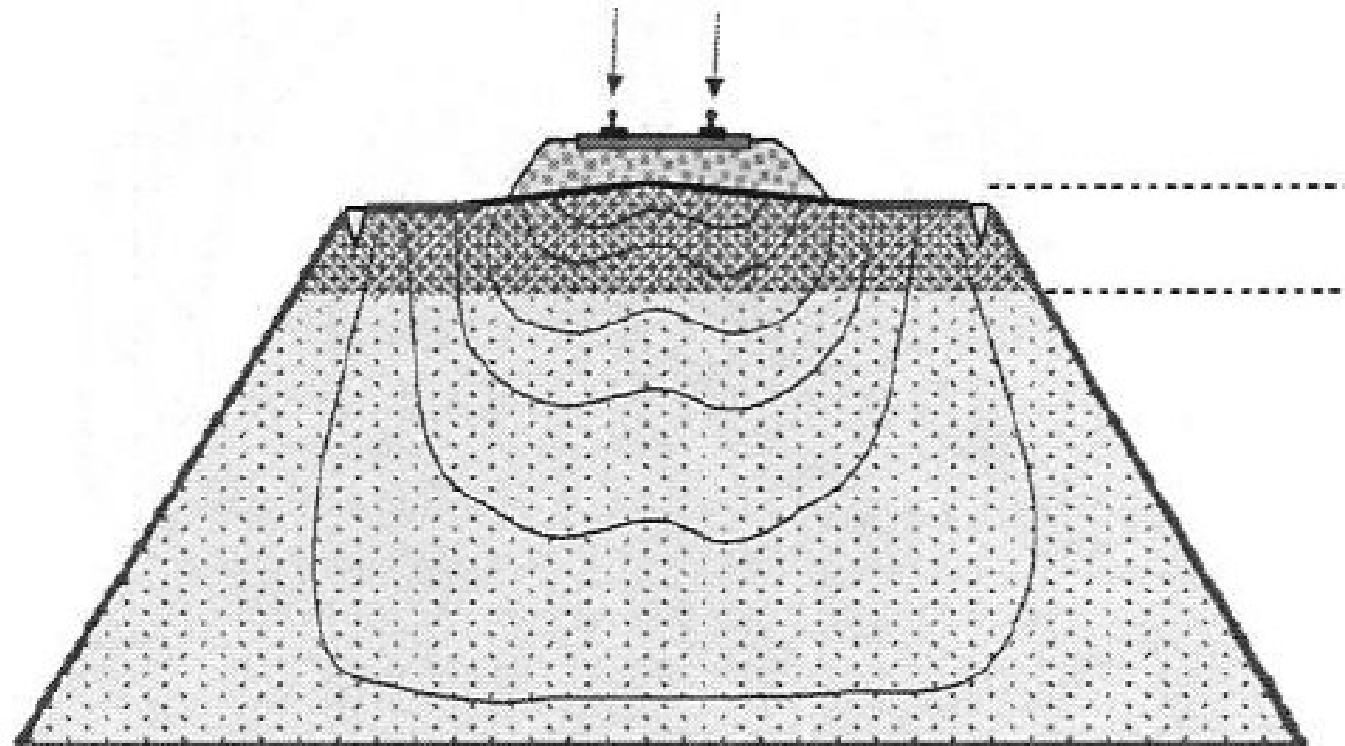
- **Infraestrutura** - terraplenagem e todas as obras situadas abaixo de seu greide
- **Plataforma ou leito** - superfície final de terraplanagem
- **Superestrutura ou via permanente** - constituída pelas partes sujeitas ao desgaste imposto pelas rodas dos veículos e pelas intempéries
 - **Elementos Principais da Via Permanente**
Sublastro; Lastro; Dormentes

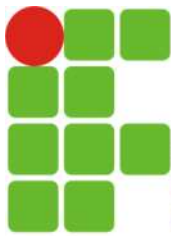




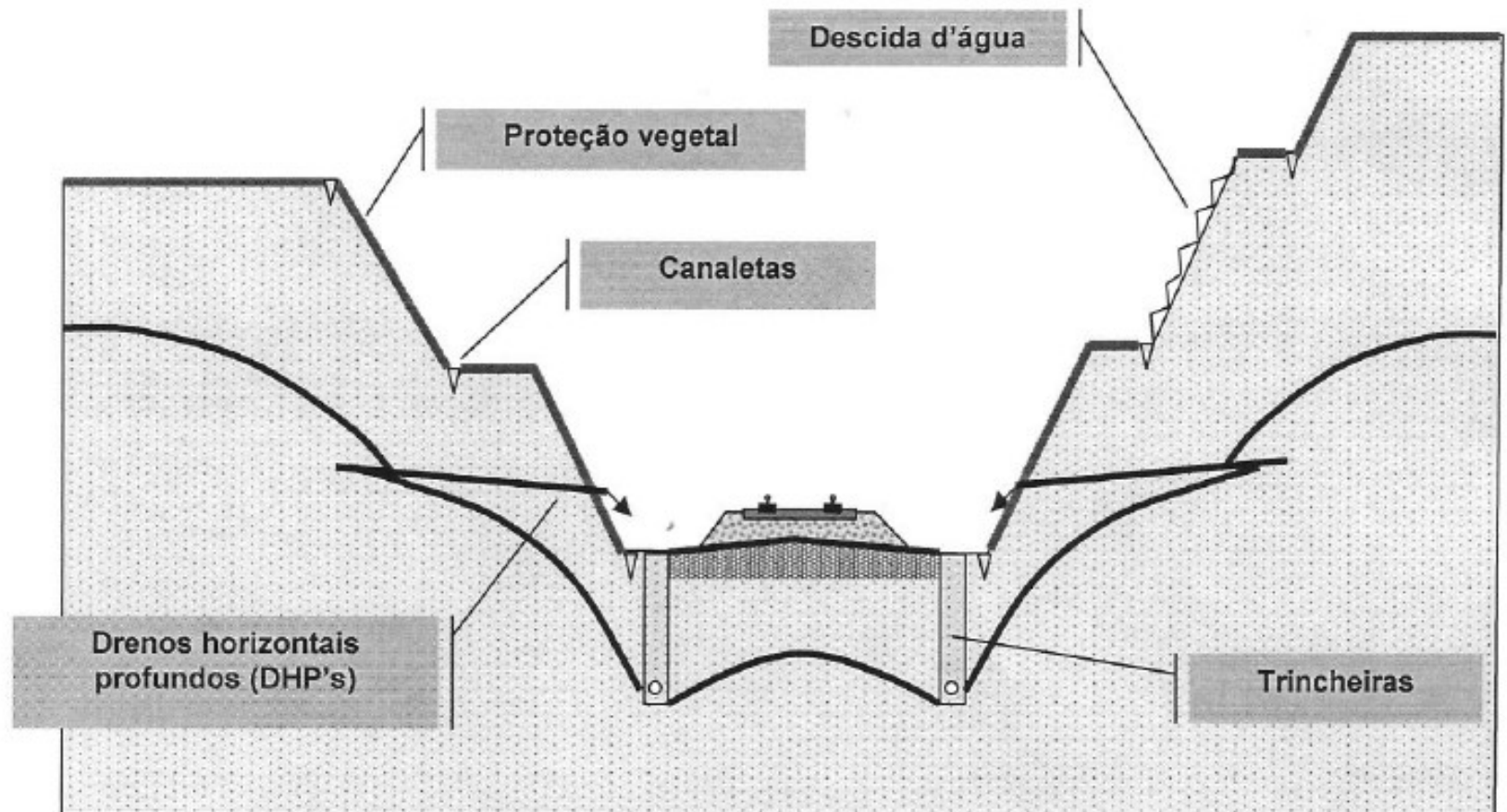


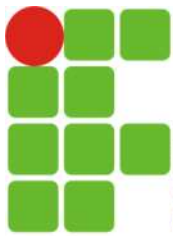
➤ **Aterro:**

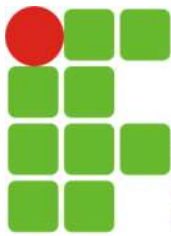




➤ **Corte:**



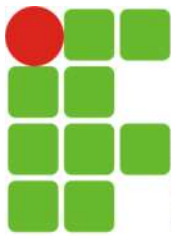




➤ FUNÇÕES DA SUPERESTRUTURA

- Permitir o rolamento dos trens
- Distribuir os esforços provenientes de movimentos:
 - verticais:
 - peso dos trens
 - horizontais:
 - longitudinal à via
 - transversal à via

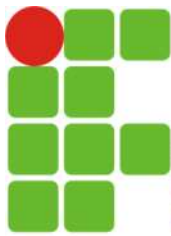




➤ METODOLOGIA PARA DIMENSIONAMENTO DA CAMADA DE LASTRO

- Definir os parâmetros básicos da Estrada de ferro:
 - Bitola;
 - Espaçamento entre dormentes;
 - Carga total máxima por veículo;
 - Afastamento entre duas rodas consecutivas;
 - Velocidade operacional



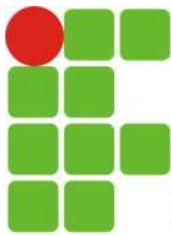


➤ CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL DO LASTRO:

- Distribuem as cargas à plataforma
- Podem ser: solo, areia, escórias, pedras, cascalhos, pedregulhos, pedra britada (o mais comum)
- Especificações do lastro:
 - massa específica $\geq 2,7 \text{ g/cm}^3$
 - coeficiente de desgaste Los Angeles $\leq 35\%$
 - amostra: 5Kg (limpa e seca); 12 esferas de aço; 30 a 33 rpm;
 - 500 revoluções
 - após, passa-se o material na peneira #12 (1,68 mm) e pesa-se a quantidade retida
 - Sendo:
 - P = peso da amostra (5Kg)
 - Pn = peso do material retido

$$CLA = \frac{P - P_n}{P} 100\% \leq 35\%$$



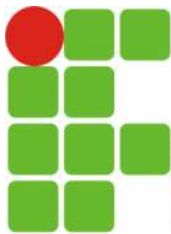


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

➤ EQUIPAMENTO DE ABRASÃO LOS ANGELES:



Professor: Alessandro F. Della Vecchia



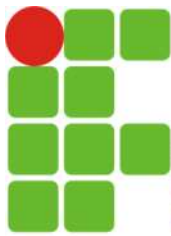
➤ DORMENTES:

- Viga transversal que transmite ao lastro os esforços aplicados;
- Podem ser de madeira, aço, concreto, mistos;
- Têm como uma de suas funções manter a bitola da via correta.
- Dimensões:

	Bitola de 1,00 m		Bitola de 1,60 m	
	madeira	concreto	madeira	concreto
Comp. (m)	2,00	1,75	2,80	2,40
Alt. (m)	0,16	0,19	0,17	0,20
Largura (m)	0,22	0,20	0,24	0,29
Peso (Kg)	70	140	110	190

- Dormentes de madeira: Reúnem todas as qualidades exigidas para o dormente: durabilidade, resistência, elasticidade e permitem boa fixação.
- Destruição da madeira: fungos e insetos – necessidade de tratamento químico.





➤ DETERMINAÇÃO DA CARGA DINÂMICA (P_v);

➤ Carga distribuída

$$P_g = \frac{P}{n} \Rightarrow P_g = \frac{P \cdot e}{d}$$

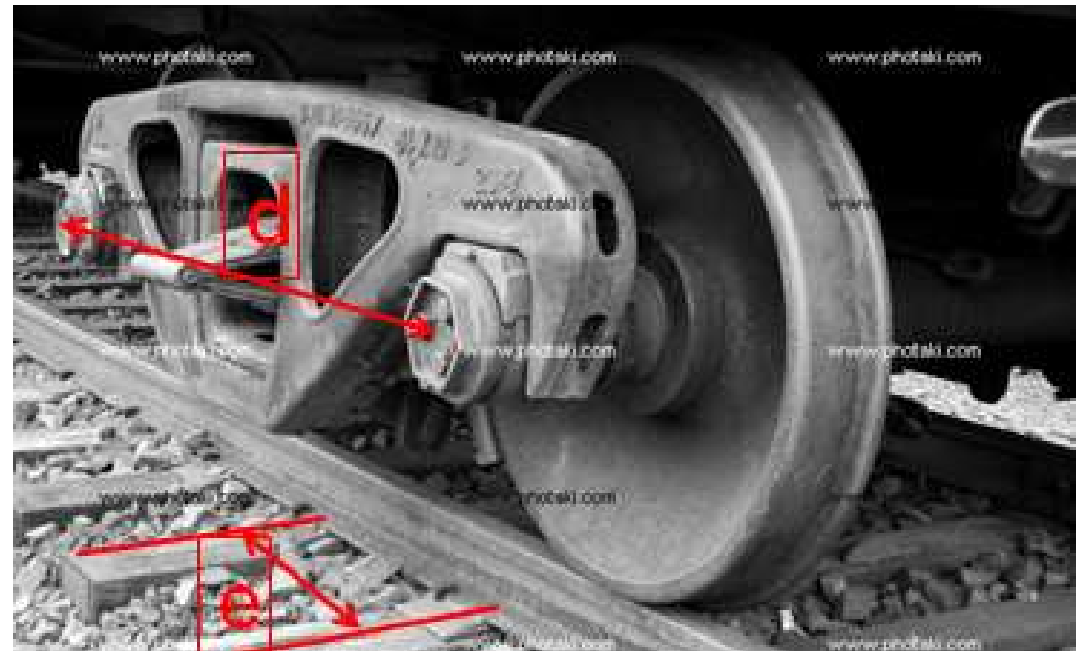
$$n = \frac{e \text{ (m)}}{d \text{ (m)}}$$

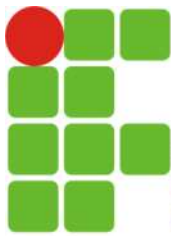
➤ n = relação entre as distâncias dos eixos de duas rodas consecutivas do veículo (d) e o afastamento entre os eixos dos dormentes (e);

➤ P_g = carga em uma roda do veículo tipo (mais carregado);

➤ P = Peso total / número de rodas (kg)

➤ Ex: 2 truques x 2 eixos x 2 rodas por eixo
= 8 rodas





➤ DETERMINAÇÃO DA CARGA DINÂMICA (P_v);

$$P_v = k_v \cdot P_g$$

$$k_v = 1 + \frac{v^2}{30000}$$

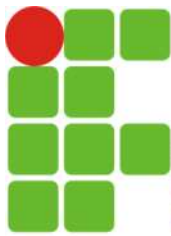
k_v = Coeficiente dinâmico
(valor mínimo = **1,4**)

v = velocidade em km/h
(**Até 100 km/h**)



$$P_v = \left(\frac{P \cdot e}{d} \right) \cdot \left(1 + \frac{v^2}{30000} \right)$$



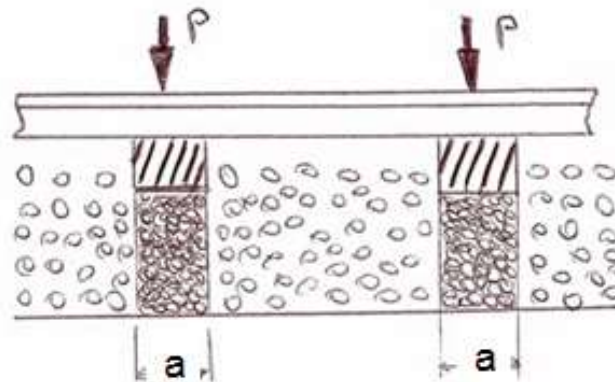
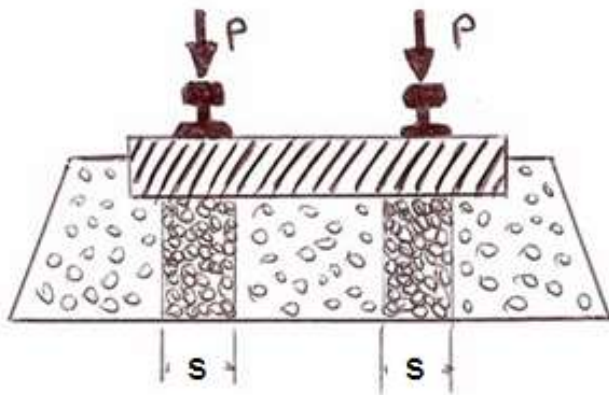


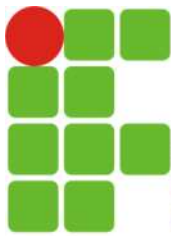
➤ DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO SOB A FACE INFERIOR DOS DORMENTES (P_m)

$$P_m = \frac{P_v}{a \cdot s}$$

➤ Onde:

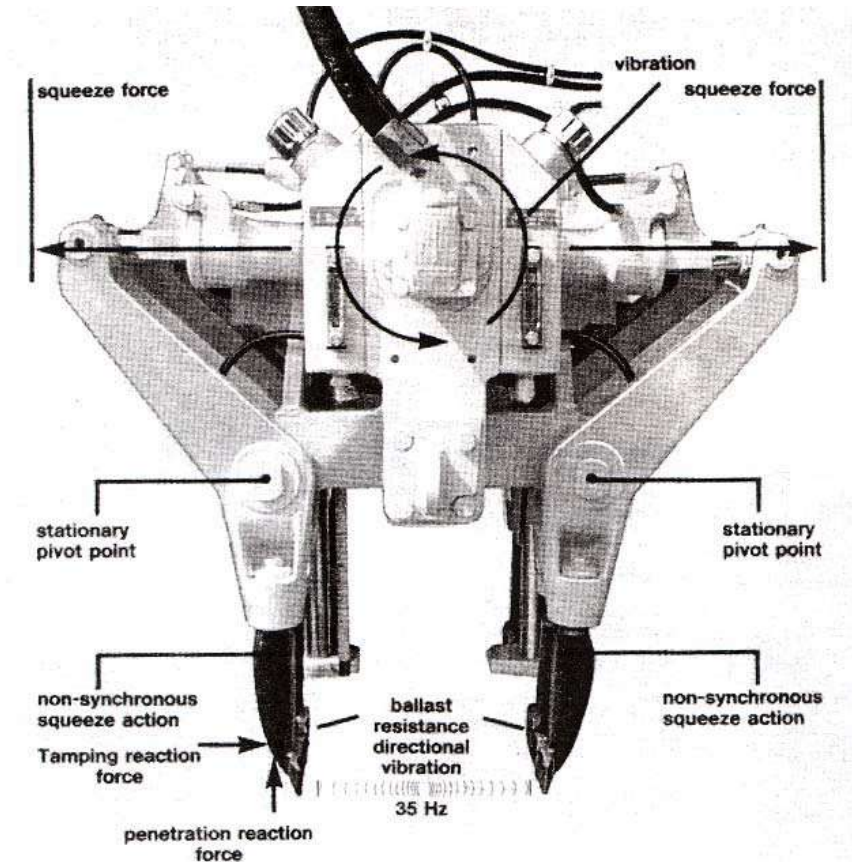
- a = largura do dormente (cm);
- s = largura da soca (cm).

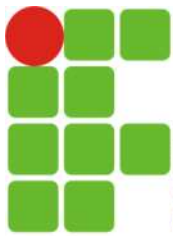




➤ SOCA:

- Efetuada abaixo dos dormentes, “região de soca”;
 - É a operação para compactar o lastro e fornecer a resistência para suportar as cargas
 - Manual (com a soca, um tipo especial de picareta), ou Mecânica





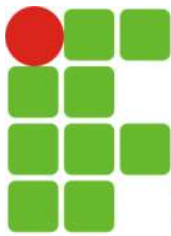
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

➤ SOCADORA:



<https://www.youtube.com/watch?v=pCloLjJxD5Y>

Professor: Alessandro F. Della Vecchia



➤ DETERMINAÇÃO DA TENSÃO ADMISSÍVEL (P_{ap}) DO MATERIAL DO LASTRO:

➤ A pressão admissível no lastro será dada por:

$$P_{ap} = \frac{P_r}{n_s}$$

■ Onde:

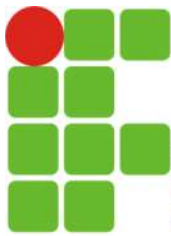
■ P_r = pressão de ruptura do solo

■ n_s = coeficiente de segurança

$$P_r = \frac{70 \cdot CBR_r}{100}$$

→ CBR em %





- **Propriedades mecânicas dos materiais: resistência e deformabilidade**
- Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou California Bearing Ratio (CBR)
- Etapas do ensaio laboratorial:



1°. Compactação do corpo-de-prova

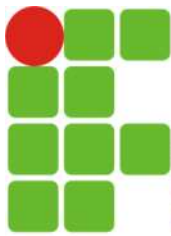


2°. Imersão dos corpos-de-prova em tanque de água por 96 horas e medida de expansão axial



3°. Ensaio de penetração de pistão padrão no corpo-de-prova e medida penetração e resistência

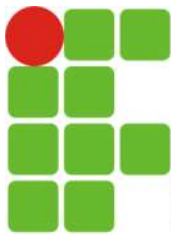




➤ ALGUMAS CONSIDERAÇÕES:

- O lastro não deverá cobrir os dormentes, sendo coroado a 5 cm da face superior. Em casos de dormentes de concreto com blocos ligados por tirantes metálicos, o lastro deve ficar 2 cm abaixo do tirante, além dos 5 cm do coroamento (5 cm);
- A soca deve abranger para cada lado do eixo dos trilhos sob dormentes, no mínimo 40 cm para as bitolas larga e normal e 30 cm para bitola estreita;
- A faixa central não atingida pela soca terá largura mínima entre 30 a 40 cm de largura.

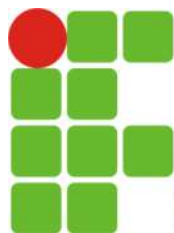




➤ ALGUMAS CONSIDERAÇÕES:

- A capacidade de suporte da plataforma não deverá ser excedida pela pressão transmitida pelo lastro, o qual terá espessura suficiente para uniformizá-la;
- A ombreira terá largura adequada a estabilidade da via, recomendando-se 30 cm para vias com trilhos longos soldados (TLS), 20 cm para as vias com alta densidade de tráfego sem TLS e 15 cm para as demais situações.

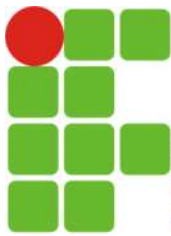




➤ ALGUMAS CONSIDERAÇÕES:

- O talude do lastro não deverá ter inclinação superior a 1:1,5 (altura:base);
- A altura da camada de lastro sob os dormentes deve variar entre 40 cm e 20 cm nas linhas de bitola larga e normal e entre 30 cm e 15 cm nas linhas de bitola estreita;
- Em linhas de grande solicitação, seja pela carga ou pela velocidade, a espessura poderá ser aumentada até atingir o valor do afastamento face a face dos dormentes, usando então uma camada de brita graduada (lastro) e uma de sub lastro com material de menor granulometria;
- Quando a altura da camada de lastro calculada ultrapassar a altura recomendada para a classe da linha, pode ser utilizado por medida econômica, material de categoria inferior como *sublastro*, desde que ofereça boa condição de drenagem e tenha capacidade de suporte para a pressão que deve ser transmitida.

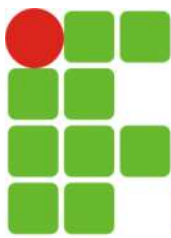




➤ ASPECTOS CONSTRUTIVOS:

- A escolha do material para lastro deve obedecer ao critério econômico, observados os dispositivos das normas técnicas;
- O lastro ou sublastro somente deve ser lançado sobre a plataforma devidamente regularizada, nivelada, compactada, abaulada e que apresente adequada condição de drenagem;
- A soca do lastro deve ser executada preferencialmente por processo mecânico e ser feita, em qual situação em canadas de aproximadamente 15 cm, sendo recomendado até reduzir este valor para 10 cm em linhas de grande responsabilidade.





➤ EXEMPLO:

➤ Uma estrada de ferro com extensão de 200 km será construída em bitola larga para escoar a produção de minério de ferro. Determinar a altura da camada de lastro necessária sob os dormente. Faça também a representação da seção tipo e determine o volume de material necessário para a execução da obra.

Carga total por vagão = 119000kg

Velocidade operacional = 70km/h

Número de eixos por veículo = 4

Distância entre eixos = 2m

CBR plataforma = 18,5%

Coeficiente NS = 5,5

Soca = 40cm para cada lado do eixo dos trilhos

Ombreira 30cm

Espaçamento entre dormentes = 55cm = 1820 dorm/km

Dimensões do dormente 2,8 x 0,24 x 0,17m

Inclinação talude = 1:1,5

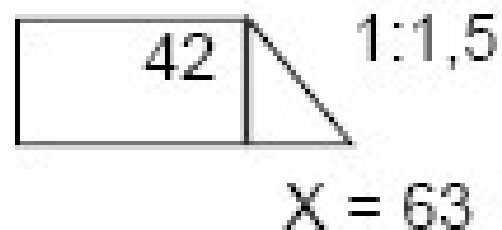
Fator majoração sobre a compactação = 10%



Solução

- $P = \text{peso total} / \text{numero de rodas}$
 - $P_g = P \cdot e / d$
 - $k_v = 1 + v^2 / 300000$
 - $P_v = P_g \cdot K_v$
 - $P_m = P_v / a \cdot s$
 - $P_r = (70 \cdot \text{CBR}) / 100$
 - $P_{ap} = P_r / n_s$
 - $h \geq (P_m (53,87 / P_{ap}))^{0,8}$
- $P = \text{peso total} / \text{numero de rodas} = 119000 / 8 = 14875 \text{ kg}$
 - $P_g = P \cdot e / d = 14875 \cdot 0,55 / 2 = 4090,62 \text{ kg}$
 - $k_v = 1 + v^2 / 300000 = 1 + 70^2 / 300000 = 1,16 \rightarrow 1,4 \text{ (min)}$
 - $P_v = P_g \cdot K_v = 4090,62 \cdot 1,4 = 5726,87 \text{ kg}$
 - $P_m = P_v / a \cdot s = 5726,87 / (24 \cdot (2 \cdot 40)) = 2,98 \text{ kg/cm}^2$
 - $P_r = 70 \cdot \text{CBR} / 100 = 70 \cdot 18,5 / 100 = 12,95 \text{ kg/cm}^2$
 - $P_{ap} = P_r / n_s = 12,96 / 5,5 = 2,35 \text{ kg/cm}^2$
 - $h \geq (P_m (53,87 / P_{ap}))^{0,8} \geq (2,98 (53,87 / 2,35))^{0,8} = 29,35 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$
(arredonda) – a partir da face inferior do dormente
 - Dormente de bitola larga = 2,80m
 - Dormente com altura 17cm = 12cm enterrados e 5cm descobertos
 - Ombreira de 30cm cada lado

Solução



$$\text{Total do subleito} = 2,8 + 0,30 \cdot 2 + 0,63 \cdot 2 = 4,66\text{m}$$

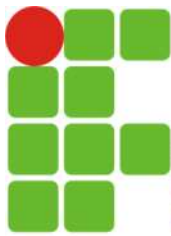
$$\text{Aseção} = (4,66 + 3,40) \cdot 0,42 / 2 = 1,69\text{m}^2 \cdot 200.000\text{m} = 338000\text{m}^3$$

(Vtotal)

$$\text{Vdormente} = 2,8 \cdot 0,24 \cdot 0,12 = 0,08\text{m}^3$$

$$\text{Vdormentes} = 0,08 \cdot 1820 \cdot 200 = 29120\text{m}^3$$

$$\text{Vlastro} = 338000 - 29120 = 308880\text{m}^3 \cdot 1,1 = 339768\text{m}^3$$



➤ EXEMPLO 1:

➤ Determine a altura da camada de lastro para uma EF de bitola estreita e 350 km de extensão destinada ao transporte de produtos agrícolas e carga geral.

Represente a seção tipo e determine o volume de material necessário:

Carga total por vagão = 90.000kg

Velocidade operacional = 70km/h

Número de eixos por veículo = 4

Distância entre eixos = 1,574m

CBR sublastro = 30%

Coefficiente NS = 5,5

Soca = 30cm para cada lado do eixo dos trilhos

Ombreira 30cm

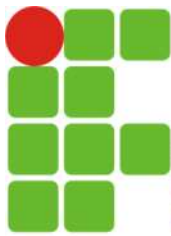
Espaçamento entre dormentes = 55cm – 1820 dorm/km

Dimensões do dormente 2 x 0,22 x 0,16m

Inclinação talude = 1:1,5

Fator majoração sobre a compactação = 10%





➤ EXEMPLO 2:

➤ Determine a altura da camada de lastro para uma EF de bitola larga destinada ao tráfego de trens urbanos de passageiros. O trecho tem extensão de 50 km. Representar também a seção tipo e determinar a quantidade de material para o lastro.

Carga total por vagão = 90.000kg

Velocidade operacional = 85km/h

Número de eixos por veículo = 4

Distância entre eixos = 2m

CBR plataforma = 17%

Coeficiente NS = 5,5

Soca = 40cm para cada lado do eixo dos trilhos

Ombreira 30cm

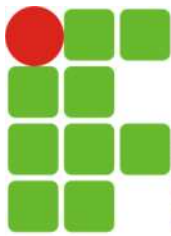
Espaçamento dormentes = 60cm 1667 dorm/km

Dimensões do dormente 2,8 x 0,24 x 0,17m

Inclinação talude = 1:1,5

Fator majoração sobre a compactação = 10%





➤ REFERÊNCIAS:

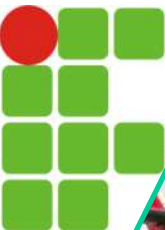
GRECO, J. A. S. (2011) Notas de aula da disciplina de *Construção de Estradas e Vias Urbanas* – disponível e (08/09/2011):

<http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/ferrovias1.pdf>;

MICHEL, F. D. (2011) Notas de aula da disciplina de *Superestrutura Ferroviária: Sublastro E Lastro* disponível e (08/09/2011):

http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/411_aula_3_4-sublastro_e_lastro.pdf





OBRIGADO!!

Curso:

Engenharia Civil

2018-I

Professor: Alessandro F. Della Vecchia

