

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | MON01 |

QUESTÃO Nº 3 DRENAGEM DE ESTRADAS, SISTEMA E DIMENSIONAMENTO

O sistema de drenagem de uma estrada tem o objetivo de prover a estrada de elementos ou dispositivos para captar e conduzir as águas que podem atingir a superestrutura e infraestrutura da estrada de forma adequada e segura para um deságue ou saída de águas. Assim, conseguir preservar a estrutura dos pavimentos e adjacências, além de garantir a segurança e conforto no fluxo do tráfego sobre a estrada.

É importante destacar que para que um sistema de drenagem seja corretamente projetado e dimensionado, outros estudos e projetos são necessários, tais como, os estudos geotécnicos, os estudos geológicos, estudos hidrológicos, projetos de terraplenagem, projeto geométricos e projetos de pavimentos, entre os principais.

Portanto, para cumprir com a sua finalidade o sistema de drenagem de uma estrada deve estar provido de elementos que o compõem, isto é, dispositivos de diferentes tipos que captam e conduzem as águas. Pode-se citar os elementos que formam o arranjo do sistema: Drenagem superficial, drenagem sub-superficial, drenagem de transposição de favelgas, drenagem profunda e saídas e descidas d'águas. Tais elementos conforme o Album de projetos, tipos de dispositivos de drenagem da

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO N°

publicação do DNIT IPR 736, em conjunto com o Manual de Projeto de Drenagem DNIT IPR 724, esses dispositivos podem ser classificados como:

• Drenagem superficial:

Valetas de proteção de cortes

Valetas de proteção de aterros

Sarjetas de cortes

Sarjetas de aterro e mais fios.

Contêineres centrais

Caixas de captação de águas, sumidouros

Descidas d'água

Saídas d'água

Abaulamento do perfil transversal da estrada

Dissipadores de energia, entre outros.

• Drenagem de transposição de Tavalques:

Bueiros de diferentes dimensões

Pontes ou viadutos.

• Drenagem subsuperficial

Drenos rasos.

Comoda subsuperficial drenante.

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

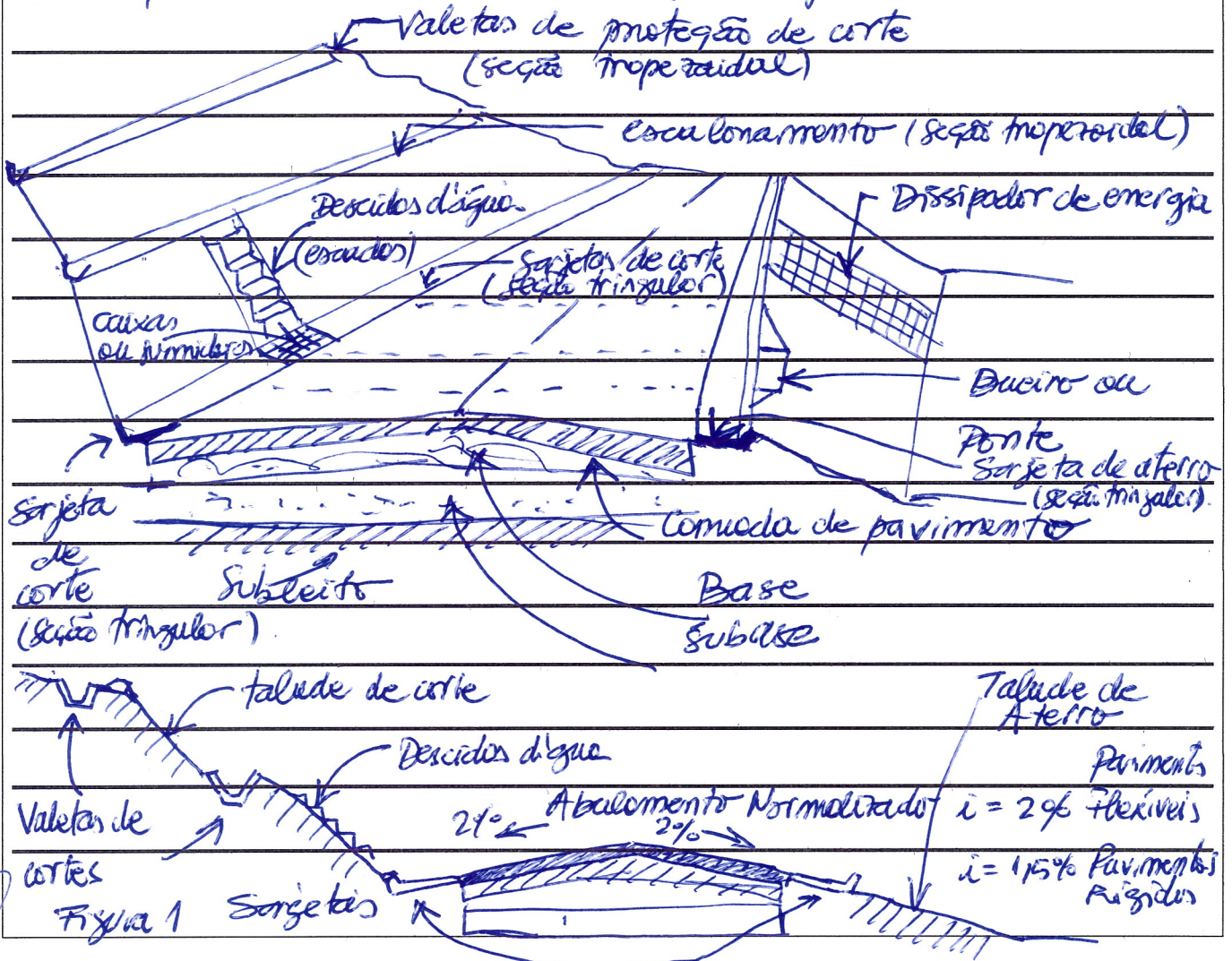
• Drenagem profunda

Drenos profundo com tubulações perforadas.

Drenos tipo espina-de-peixe

Comodos drenantes, entre outros dispositivos.

A seguir ilustra-se na Figura 1 os principais elementos descritos para um sistema de drenagem tipo:

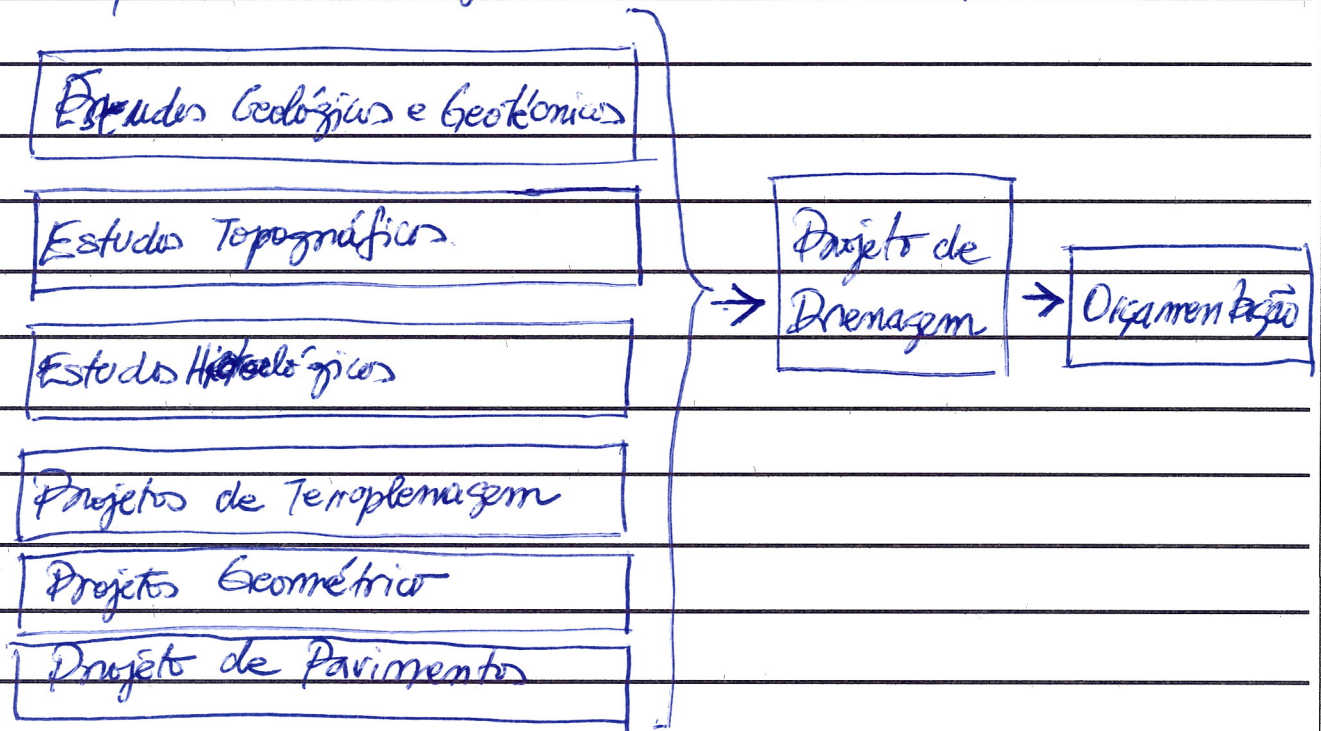


| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

• PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA O SISTEMA DE DRENAGEM

A partir dos estudos e projetos desenvolvidos ou em fase de finalização necessários para o projeto de drenagem, de acordo com o recomendado pelo Guia de Projetos Rodoviários do DNIT, tem-se:



Os principais parâmetros que são utilizados e devem ser adotados para os elementos de drenagem. Entre esses parâmetros estão por exemplo: a vazão de projeto do sistema de drenagem que é analisada e calculado utilizando os estudos hidrológicos previamente realizados para a área de implementação da estrada

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

Para a determinação e cálculo da vazão de projeto, que corresponde à chuva de projeto, utiliza-se o Método Racional de Hidrologia, dado pela seguinte expressão:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

onde: Q : vazão de projeto. (m^3/s)

C : coeficiente de rugosidade do terreno, depende do tipo de ocupação e características do solo, tabelados em normas DNIT.

A : Área de drenagem da estrada em (hectáreas) (ha)

I : Precipitação da chuva de projeto em (mm/h) (mm/min)

Para a obtenção deste valor de vazão máxima de projeto segue-se o seguinte procedimento: primeiro calcula-se a área de drenagem onde será implementada a estrada, isto por meio de cartas ou mapas topográficos da região, obtidas em órgãos oficiais que disponibilizam versões impressas e digitais. A área pode ser calculada utilizando meios digitais como o AutoCAD ou de forma manual medida com planímetros diretamente na carta. Para isto define-se a linha de divisor de águas (pontos máximos do relevo do terreno) para delimitar a área. Também a seção de saída da bacia hidrográfica e o curso de água principal existente ou tabelque da

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

áreas de implantação da estrada. A seguir obtém-se a declividade do tavelgue principal, utilizando os valores das cotas topográficas do ponto mais alto e mais afastado da seção de análise para a variação e a distância entre esse ponto de saída da seção de análise e o ponto mais alto. Ilustra-se na seguinte Figura 2 esses parâmetros.

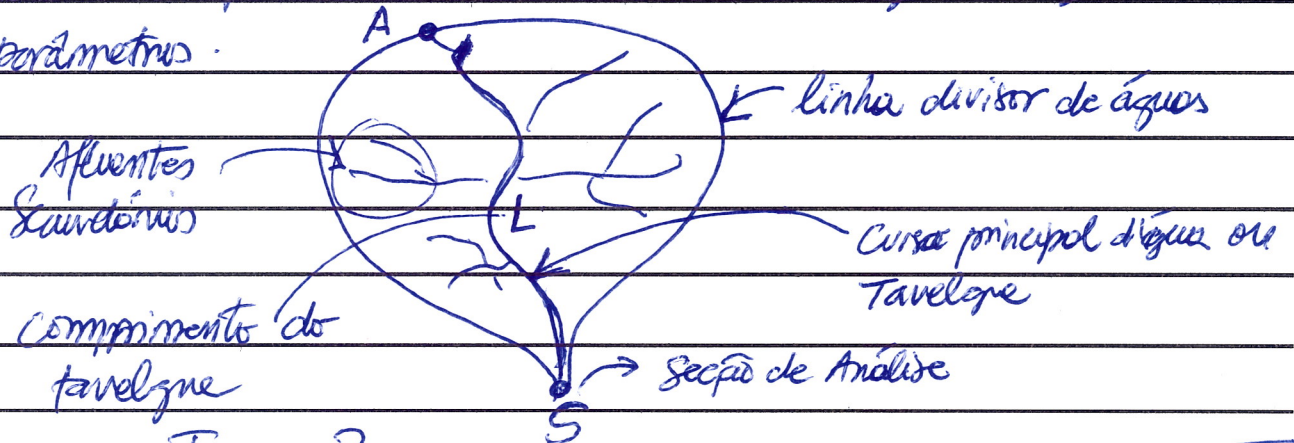


Figura 2

Tem-se a declividade do Tavelgue expresso em (m/Km).

$$I_{AS} = \frac{\Delta H_{AS}}{L} = \frac{Cota A - Cota S}{L}$$

Para o cálculo da variação de projeto utiliza-se a declividade média do tavelgue, através do cálculo do desnível e espessamento entre as curvas de nível da carta topográfica, obtendo-se o valor médio, por meio da seguinte expressão.

$$I = \frac{L}{\frac{l_1}{L_1} + \frac{l_2}{L_2} + \frac{l_3}{L_3} + \frac{l_n}{L_n}}$$

i_i : declividades parciais

L_i : comprimentos parciais entre curvas de nível

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

A chuva de projeto corresponde a aquela precipitação intensa com a duração igual ao tempo de concentração (t_c). Este tempo t_c representa o tempo que a precipitação que cai no ponto mais distante da seção de análise para variar demora em percorrer essa distância até a seção (S). O tempo de concentração pode ser obtido utilizando a fórmula de Kirpich ou alguma formulação similar:

$$t_c = 57 \left(\frac{I^2}{L} \right)^{0,385}$$

onde: I : é a declividade média da área de drenagem

L : comprimento do tnelo (km)

t_c : tempo de concentração em minutos

Para essa chuva de projeto de máxima intensidade de precipitação e tempo de duração igual ao tempo de concentração da área, é estabelecido um tempo de recorrência (T_R) com base em dados históricos de precipitações. Adota-se esse parâmetro em função do tipo de obras, entre 40 a 100 anos. Para obras de pavimentação adota-se 50 anos. Assim, com os valores de tempo de concentração (t_c) e o tempo de recorrência (T_R) pode-se obter a precipitação em (mm/h) da chuva de projeto através

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

das curva $i-d-f$, intensidade, duração e frequência ou também por meio de equações para uma região específica. Essas curvas $i-d-f$ são geralmente disponibilizadas e encontradas nos órgãos oficiais de captação de base de dados meteorológicos, hidrológicos.

As características da superfície da área são consideradas tabulando o coeficiente de rugosidade, que refere-se ao tipo de uso do terreno, seja rural, urbano, etc. e ao tipo de solo, impermeável, permeável, gramma, revestimento, solos, etc.

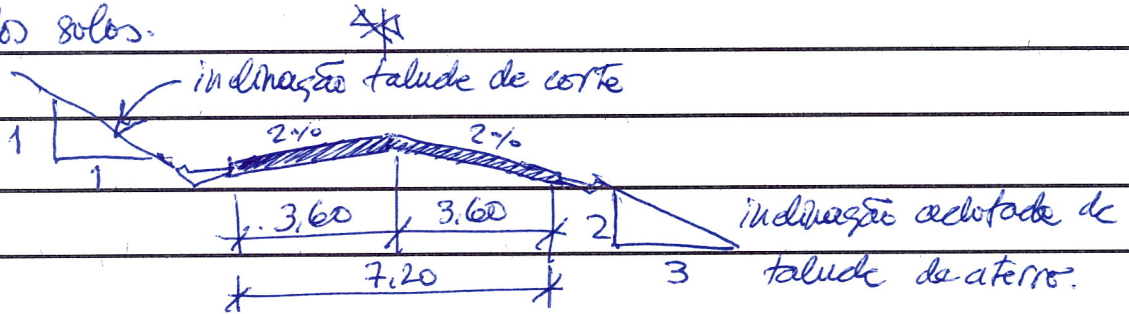
Quanto mais impermeável seja a superfície maior será o coeficiente de rugosidade, estes valores estão definidos em tabelas, uma em função do tipo de uso e outra em relação ao tipo de solo. Assim, com a determinação de todos esses parâmetros pode-se calcular a vazão de projeto, com a área de drenagem (A), precipitação de chuva do projeto (I) e o coeficiente de rugosidade (C). Mediante a expressão $Q = C \cdot I \cdot A$ (m^3/s), corresponde aos parâmetros hidrológicos.

Outros dos parâmetros principais a serem adotados para o projeto do sistema de drenagem são os valores de velocidades de escoamento das águas nos dispositivos de drenagem. Isto é, velocidades máximas e velocidades médias de escoamento, correspondem aos parâmetros hidráulicos. De acordo a normalização

| | |
|--|---|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

recomenda-se velocidades máximas de $v = 8 \text{ m/s}$ para evitar danos ou degradação devido a erosão das paredes das valetas, sarjetas e superfícies de escoamento, que podem ser de grama, solo, concreto, pedras. Assim como as inclinações máximas e mínimas de talude de enostas, cortes ou aterros, onde adota-se ^{em geral} inclinações de 1:1 para cortes, e 3:2 para aterros, isto verificadas as condições de estabilidade dependendo do tipo e resistência ao cisalhamento dos solos.



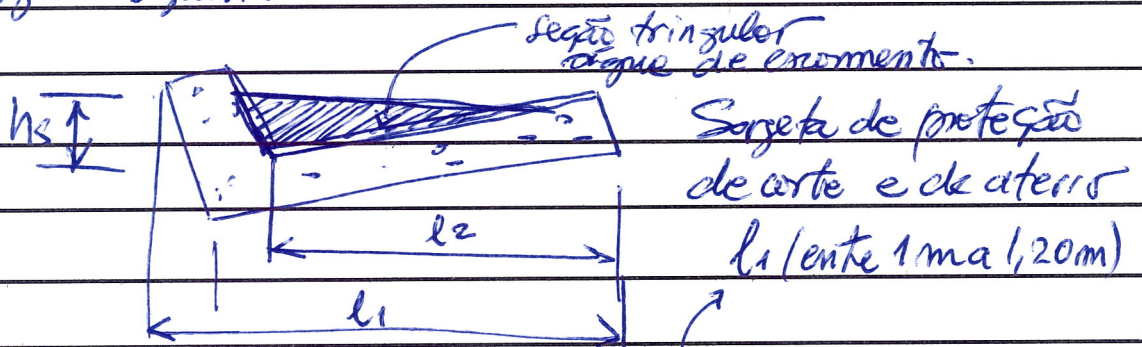
Os parâmetros geométricos das estradas também são considerados para o sistema de drenagem, isto é, largura da superfície de rolamento do tráfego, padronizado em geral de 7,20 m, largura de acostamentos (1,20 m), inclinações dos abaulamentos da seção transversal (2%), faixa de domínio da estrada em geral considerada de 10 m a cada lado do offset da estrada, chegando a até uma faixa de ^{até} 40 m.

Os elementos de drenagem possuem também parâmetros geométricos pre-estabelecidos máximos e mínimos. Por exemplo no

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

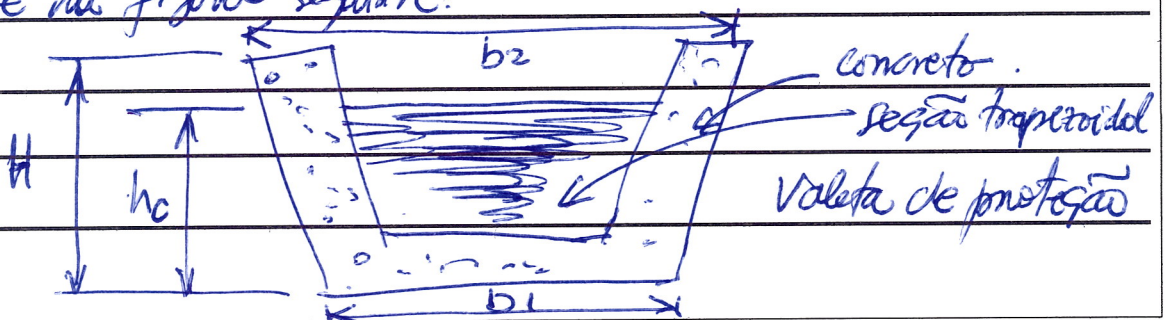
QUESTÃO Nº

das sarjetas de seção trapezoidal, que são a geometria mais utilizada para sarjetas por condições hidráulicas e segurança ao tráfego, possuem medidas padronizadas máximas de largura, como ilustra-se na figura seguinte.



Sendo l_1 a largura máxima da sarjeta, e l_2 pode ir variando em um intervalo definido. A altura de sarjeta que combinado com a largura l_2 , determinam a área trapezoidal de varão da sarjeta, em função da variação de projeto.

As valetas de proteção de corte e as valetas de proteção de aterro, são utilizadas mais na geometria trapezoidal, devido ao maior aproveitamento hidráulica para estes dispositivos de drenagem; mostra-se na figura seguinte:



| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

Os contêineres centrais colocados entre pistas duplas, são elementos normalmente de seção trapezoidal, e recebem as águas das superfícies dos dois pavimentos.

O Alburn de projetos - Tipos de dispositivos de drenagem - IPR 736 classifica e cataloga cada um dos dispositivos de drenagem com as dimensões padronizadas, e os tipos de revestimentos utilizados, se grama, concreto, rocha, solo, e também pela forma da seção transversal. Exemplo: SGT01, Sarjeta de grama seção triangular.

• DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DE DRENAGEM.

Os elementos são dimensionados de acordo com ~~os~~ conceitos e expressões de dimensionamento hidráulico e combinado com as prescrições da normatização específicas.

Os fundamentos do dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem seguem as equações de continuidade, que relaciona vazão, velocidade e seção transversal do elemento. Assim como também a equação de Manning, que inclui características das superfícies de escoamento, raio hidráulico (R_H) inclinações longitudinais, para o cálculo das velocidades médias do escoamento das águas das precipitações de projeto.

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

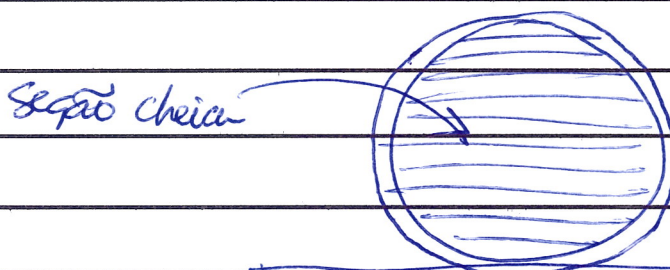
QUESTÃO Nº

As características da superfície dos elementos de drenagem é considerado pelo coeficiente de rugosidade (n). Assim a equação de Manning para o cálculo da velocidade média do escoamento é:

$$V = \frac{R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n} \quad (\text{m/s})$$

Onde: V : velocidade média; i : inclinação do escoamento
 n : coeficiente de rugosidade da superfície do elemento.

R_H : raio hidráulico, é a relação entre a superfície molhada e o perímetro do elemento, por exemplo para uma seção circular o raio hidráulico calcula-se a seguir:



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{Área})$$

$$P = \pi \cdot D \quad (\text{Perímetro})$$

$$R_H = A/P = D/4$$

A equação de continuidade, segue o princípio a seguir, relacionando a vazão entre duas seções de um mesmo elemento onde ocorrem variações de seções transversais e velocidades

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

médios de escoamento. Assim a expressão de continuidade é:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

onde Q : a vazão na seção; A : seção transversal, V : velocidade média de escoamento calculada através da Equação de Manning.

O procedimento de dimensionamento hidráulica varia dependendo do tipo de dispositivo, mas segue o mesmo princípio de cálculo e expressões de continuidade e de Manning. Para o dimensionamento dos sarjetas por exemplo utiliza-se estas expressões fixando algumas dimensões da seção transversal, e estimando-se uma altura do elemento. Logo, realiza-se a verificação de se a seção dimensionada atende a vazão de projeto para esse ponto de drenagem.

Assim outros elementos como: canteiro central, bueiros e pontes, valetas de proteção, podem utilizar as equações para dimensionar a seção transversal pelo método iterativo da altura da seção ou em alguns elementos este procedimento pode ser realizado utilizando gráficos de dimensionamento, tendo como dado de entrada a vazão, velocidade média, características do terreno, rugosidade, etc.

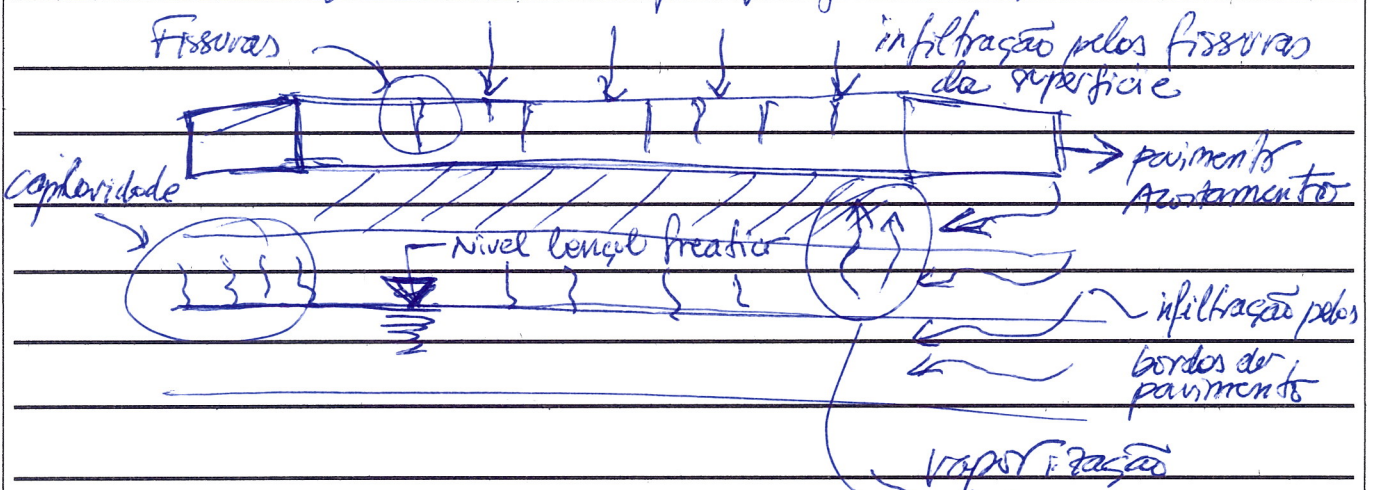
Cabe destacar, que o dimensionamento de cada elemento deve

| | |
|--|---|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

Considerar, além do dispositivo em si, o arranjo do sistema de drenagem como um todo, onde são especificadas as conexões, sentido de fluxo/evacuação, entros elevados e saídas de águas, bueiros, pontes, entre outros. Identificando-se os pontos de concentração de água e elementos mais críticos no dimensionamento.

Para os elementos de drenagem profundas outros fatores devem ser considerados no dimensionamento, como o nível da lençol freática, capilaridade, infiltração pelas bordas do pavimentos, infiltrações pelas fissuras superficiais, vapor de água, entre outros fontes de acumulação de água nos comodos mais profundos dos estrados e pavimentos. A Figura mostra as principais fontes de drenagem:



Destaca-se que o principal mecanismo de falhas ou danos de uma estrada e sua estrutura são a água infiltrada e percolada com a ação simultânea do tráfego.

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº 2 CONTROLE TECNOLÓGICO E GEOMÉTRICO DE ESTRADAS.

Os principais parâmetros utilizados para o controle tecnológico e geométrico de construções de estradas visam verificar a conformidade dos processos construtivos em relação a qualidade e as especificações técnicas estabelecidas pelas normatizações técnicas de estradas, para atender com segurança, durabilidade e conforto aos usuários.

O controle tecnológico se centra na qualidade e desempenho dos materiais que estão sendo utilizados na construção, isto através da realização de testes e ensaios experimentais em in situ em campo e/ou em laboratórios especializados.

O controle geométrico refere-se aos cumprimentos das exigências das especificações do traçado da estrada, geometria de tangentes, curvas horizontais, curvas verticais, transições, cortes e aterros, distâncias de visibilidade, super elevação, super largura, e demais características geométricas que determinam a garantia da velocidade de projeto ou velocidade diretriz ~~se~~ e o volume diário de tráfego para qual essa estrada foi projetada.

Os parâmetros mais utilizados no controle tecnológico para os materiais que compõem a infraestrutura e superestrutura da rodovia, ^{que} são compostos por tipos de silos, agregados, materiais asfálticos, concretos, cimento Portland, diferentes tipos de aditivos.

| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
|--|--------------------------------------|
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

Assim para o caso dos solos os ensaios tecnológicos realizados, incluem:

- DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES FÍSICOS

Os solos apresentam diferentes limites de consistência, que são determinados por meio dos ensaios de Limites Líquido (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP). Sendo:

$$IP = LL - LP$$

O limite de liquidez é determinado utilizando o aparelho de Casagrande, que consiste em aplicar golpes a uma amostra de solo com umidade específica, e realizar uma ranhura na superfície desse solo depositado na concha do aparelho, a ^{partir de} umidade com essa ranhura de medidas padronizadas se fecha com a aplicação de 25 golpes indica o valor do Limite Líquido (LL).

O limite plástico é definido pelo ensaio de moldar cilindros de solos de 3 mm de diâmetro e obter o teor de umidade em que a superfície do cilindro do solo começa a fissurar ou a quebrar, comportando-se mais como um sólido, perdendo sua consistência plástica e de ser moldado. Assim o índice de plasticidade (IP) que é obtido pela diferença entre o Limite Líquido e o limite plástico indica o teor de umidade que permite ao solo apresentar o comportamento

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

to plástico, Devido a que uma umidade acima do L.L., o solo se comporta como líquido, e uma umidade abaixo a umidade do L.P. o comportamento do solo é considerado sólido.

• ENSAIO DE COMPACTAÇÃO PROCTOR

O solos são compactados utilizando o procedimento de compactação padronizado, também conhecido como ensaio de compactação Proctor, que consiste em aplicar uma energia de compactação em camadas de solos utilizando um soquete de peso e altura de queda padronizados. O ensaio é realizado para varios teores de umidade do solo e é obtido uma umidade ótima (W_{otima}) para obter um solo com uma densidade de massa específica seca (γ_s) máxima para uma determinada energia de compactação (E). Assim obtém-se a curva de compactação a seguir indicando esse parâmetros:

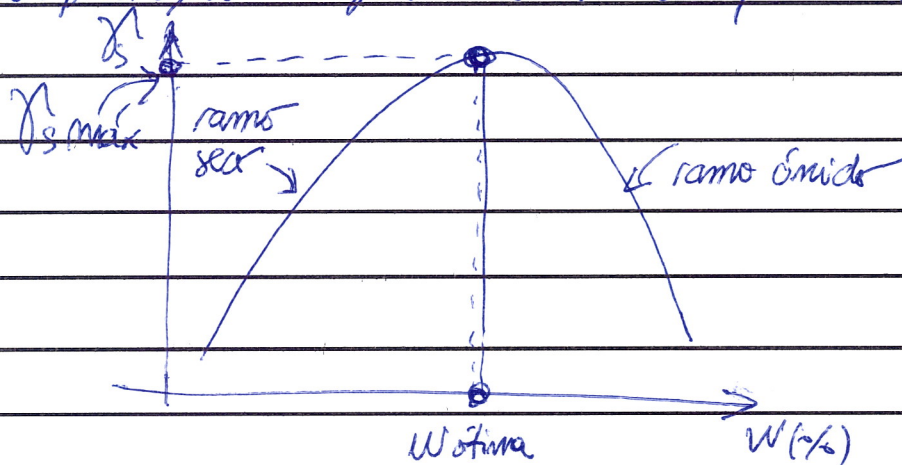
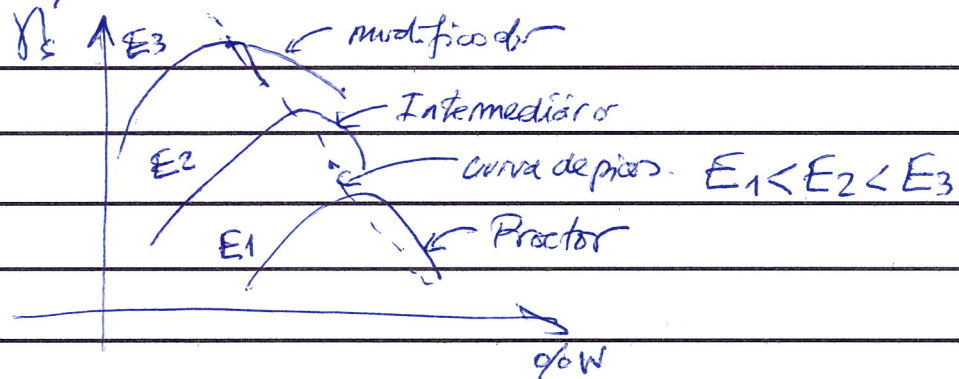


Figura - Curva de compactação.

| | |
|--|---|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

Esse ensaio de compactação apresenta variantes em relação a energia de compactação aplicada, tem-se o ensaio padronizado, intermediários e modificados, onde a energia de compactação aumenta, como mostra a seguinte figura, a que leva a um aumento da densidade específica seca e diminuição do teor de umidade ótima.



O controle tecnológico em campo desse parâmetro de compactação é realizado através do método Speedy, que mede o teor de umidade em campo de uma amostra pressurizada com um gás carbônico que provoca uma reação química que gera uma pressão equivalente ao teor de umidade do solo, esta pressão é lida em um manômetro.

A densidade específica em campo é controlada utilizando o método do frasco de areia, calculando-se a densidade do solo em campo por comparação de uma areia com parâmetros físicos já determinados.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO
CANDIDATO

LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

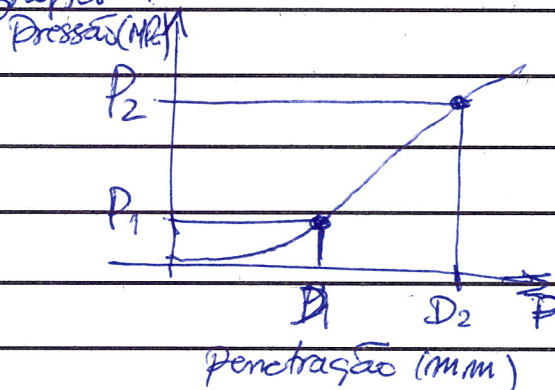
DATA: 02/12/2024

QUESTÃO Nº

• ENSAIO DE CBR

Os parâmetros obtidos dos ensaios CBR (California Bearing Ratio) ou também conhecidos como ensaios do Índice de Suporte Califórnia (ISC) determinam a resistência do solo, utilizando uma prensa para estimar a pressão aplicada no solo para penetração de profundidade de 0,1" (2,54mm) e 0,2" (5,08mm) na amostra de solo compactada em camadas e aplicada a energia de compactação com soquete de peso específico e altura de queda de aprox. 45cm.

Normalmente, este ensaio é realizado simultaneamente com o ensaio de compactação e de expansão. Assim, os valores de pressão P_1 e P_2 obtidos para valores de penetração de 2,54 mm e 5 mm, como mostrados no gráfico:



São comparados a uma referência de brita bem graduada com os valores de pressão determinados para os mesmos valores de penetração.

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UF RJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

Com isto pode-se calcular o valor do CBR, conforme a fórmula:

$$CBR = \frac{\text{Pressão } (P_1 \text{ ou } P_2 \text{ do solo})}{\text{Pressão da brita bem graduada}} \times 100$$

Sendo o valor utilizado o maior valor entre P_1 e P_2 , e no denominador o valor ^{pressão} da brita padrão para a respectiva penetração de P_1 ou P_2 .

Assim, se o valor CBR resulta em 33% indica a resistência do solo ser 1/3 da resistência da brita de referência.

• ENSAIO DE EXPANSÃO DO SOLO.

O ensaio de expansão mede o parâmetro do efeito de expansão em milímetros de uma amostra de solo compactado, a mesma amostra utilizada antes de ensaio de CBR. Os valores de expansão medidos durante 4 dias consecutivos por meio de um relógio extensimétrico até a expansão máxima estabilização. Obtém-se em percentual o valor de expansão em relação a altura da amostra (entre 12-15cm).

Por tanto, tem-se a expressão:

$$E(\%) = \frac{\text{Expansão da amostra}}{\text{Altura do corpo de prova}} \times 100$$

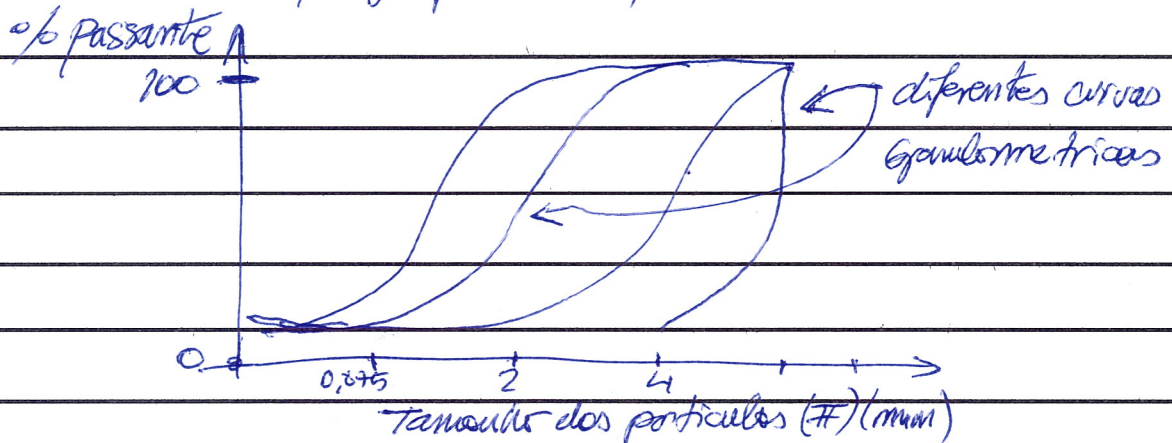
| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

• ENSAIO DE GRANULOMETRIA

Através do ensaio granulométrico padronizado pela NBR, passa-se o solo a ensaiar por uma série de peneiras de tamanhos diferentes, desde a peneira #mais grossa ^(2mm) até a peneira mais fina (#200) (0,075). Utiliza-se também uma mesa vibratória no processo de peneirar.

Gráfica-se os valores de ~~to~~ percentual passante dos solos ou agregados em cada peneira de forma acumulada. Obtém-se a curva granulométrica, cuja forma e parâmetros indicam-se na Figura.



As curvas granulométricas mostram a distribuição de partículas de solo ou agregado, sendo classificadas em curvas abertas, curvas uniforme e curva fechadas em função do grau de distribuição dos agregados; uma curva uniforme é insígnia indicando pouca distribuição ou composição de partículas de um mesmo tamanho.

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

O controle granulométrico é importante para o projeto de pavimentação, especificamente para a dosagem asfáltica da mistura, agregado e asfalto, conhecida como mistura asfáltica, cuja dosagem é realizada, por exemplo, pelos métodos Marshall e o Método Superpave.

O controle tecnológico para materiais asfálticos consiste em ensaios que buscam determinar parâmetros como o teor ideal de ligante asfáltico para uma granulometria específica, através de ensaios experimentais sobre a mistura asfáltica. Parâmetros também de permeabilidade, absorção, oxidação, penetração e durabilidade e resistência, entre outros.

• ENSAIO DE DOSAGEM PELO MÉTODO MARSHALL E SUPERPAVE

A dosagem pelo método Marshall e Superpave (Super Performance Pavements) determinam o teor em volume e em peso (massa) dos componentes da mistura asfáltica, agregado, asfalto, água (umidade) para uma granulometria de agregado ~~asfáltico~~ pétreo, como o basalto. O método Marshall se diferencia do Método Superpave pelo processo de compactação da mistura asfáltica o primeiro é realizado por compactação mecânica com golpes, já o Superpave pelo compactação por amassamento utilizando um Amassador

| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
|--|--------------------------------------|
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

giratório a 30 rpm. Este método representa melhor a compactação em campo do que o método Marshall.

• ENSAIO DE OXIDAÇÃO E PERMEABILIDADE

A oxidação dos materiais asfálticos devido ao contato com os agentes externos da intempéries, como chuva, sol, gelo, causam a progressão de oxidação do asfalto ao longo do tempo.

A permeabilidade indica quão de água pode se infiltrar em uma chuva de longa duração na camada de asfalto. Este ensaio são reproduzidos em laboratório para representar a condição mais próxima do que do campo na estrada.

Em relação aos ensaios ~~por~~ tecnológicos dos cimentos utilizados nos pavimentos rígidos, são realizados ensaios de compressão Simples, tração diametral, retração, e aderência. Os agregados passam por ensaios de Los Angeles, de abrasão ou de desgaste dos agregados, adesividade de ligante, absorção, e forma dos agregados (cúbicos, ou lamelas).



| | |
|--|---|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

O controle geométrico de estradas utiliza verificações de especificações de geometria do projeto do traçado da estrada, planimetria, altimetria, rampas, curvas horizontais, transições, curvas verticais, alinhamentos, e outros parâmetros verificados com o uso de equipamentos e levantamentos topográficos mais precisos, tais como teodolito, nível, estação total, verifica-se distâncias máximas, inclinações da superelevação, pontos característicos de curvas horizontais, PC: ponto de curva, PI ponto de interseção, PT ponto tangente, Ângulo de deflexões, Azimutes, inclinações de rampas, pontos de curvas verticais, flechas, etc. Assim assegurar o cumprimento das dimensões mínimas ou máximas que são necessários para a velocidade de projeto da estrada ser alcançada de forma segura e confortável.

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº 1 RECONHECIMENTO EM CARTA E EM CAMPO.

Os estudos de reconhecimento de projetos de estradas incluem as etapas de reconhecimento da área de implantação da estrada utilizando cartas ou mapas topográficos, para o traçado das alternativas da diretriz da estrada, o levantamento expedite topográfico, levantamentos aereofotogramétricos e reconhecimento no terreno.

Em relação aos acidentes orográficos e sua relação com a topografia, estabelecem-se princípios ou regras que auxiliam o engenheiro nos estudos de reconhecimento, como os de Brisson e Broulenger. Na etapa de reconhecimento é importante possuir informações tais como: os pontos obrigatórios de passagem por condições, são pontos preestabelecidos por motivos não técnicos, mas de índole política, social e da região de implantação.

Pontos obrigatórios de passagem circunstanciais, refere-se a pontos de passagem que resultam vantajosos do ponto vista técnico, como por exemplo, por vantagens de tráfego, relevo do terreno.

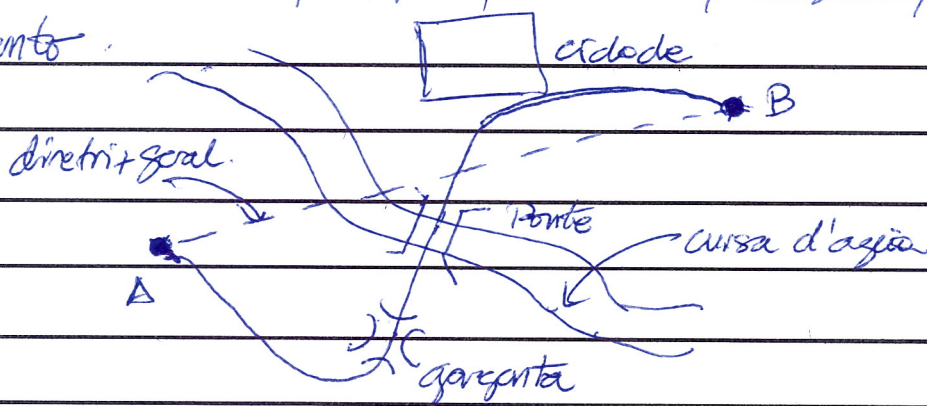
Pontos de diretriz geral, a linha que une os pontos extremos A e B da estrada.

Pontos diretriz parcial, são os segmentos de linhas que unem os pontos de passagem obrigatórios por circunstância ou por condições, como se pontos, gargantas, portos, e cidades.

| | |
|--|--------------------------------------|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

A Figura ilustra os principais pontos de passagem para o reconhecimento.



As tarefas a realizar nas etapas de reconhecimento ou anteprojeto são referentes a coletas de dados que incluem identificação das características do terreno, cursos d'água, rios, descrição da área onde passam os diferentes traçados, Descrição dos tipos de solos, características ambientais, restrições da área, levantamentos topográficos utilizando equipamentos de menor precisão, trenas, clinômetros, equipamentos de níveis, bússulas.

O reconhecimento em campo é determinante para o projeto de estradas, para assim determinar as condições ou características particulares da área da estrada. Esse reconhecimento pode ser realizado via terrestre ou aérea, sobre as diretrizes e faixa de domínio das alternativas de traçados, Assim poder escolher a diretriz mais vantajosa do ponto de vista técnico.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO
CANDIDATO

LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ

DATA: 02/12/2024

QUESTÃO Nº

Do ponto de vista topográfico recomenda-se que esse traçado da linha diretriz seja na medida do possível acompanhado os pontos de máximos de cotas do relevo, para evitar excessivos aterros e a terra, e principalmente para beneficiar a drenagem da estrada.

Seguido do reconhecimento também é realizada a exploração de projeto, onde são incluídos levantamentos mais preciso da topografia, realiza-se a locação da poligonal diretriz, formada por tangentes, também o estaqueamento dos alinhamentos em distâncias de 20 metros, os pontos intermediários que não coincidam com os estacos, são colocados por meio de estacos provisórios. Além disso realiza-se o nivelamento altimétrico dos pontos da poligonal aberta da diretriz e o contranivelamento realizado por operadores distintos, devido a que são poligonais que não possuem referências de nível (RN) nas suas extremidades para verificação de erro nas medições.

Outra etapa importante da exploração em campo é a determinação das seções transversais que conformam a plataforma de elementos e camadas estruturais, de pavimentos. Indica-se perfis de terreno e grade, para determinar as seções de corte, de aterro

| | |
|--|---|
| PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS) | CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO |
| LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024 | |

QUESTÃO Nº

e seções mistas de corte e aterro. Recomenda-se que ao longo dos comprimentos da estrada estes volumes de corte e aterro se compensem oferecendo a distância de transporte mínima entre esses volumes. Mostre nos Figuras a representação da poligonal diretriz e o estaqueamento. Assim como os tipos de seções transversais. Sendo a estaca inicial a estaca zero (E_0)

