Aula 00 - Prof. Leonardo Hotta

Prefeitura de Mossoró-RN-ISS Mossoró (Auditor Fiscal de Tributos Municipais - Engenharia) Normas e Legislação de Obras e Serviços de Engenharia + Obras de Edificações e Rodoviárias - 2024 (Pós-Edital)

Autor:
Equipe Jonas Vale, Jonas Vale Lara, Leonardo Hotta

10 de Março de 2024

Índice

1) Aula 00 - Vias e Solos 3

OBRAS RODOVIÁRIAS: INTRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAL

1 – Considerações Iniciais

Nesta aula abordaremos as principais características das vias, os principais ensaios e as aplicações dos materiais utilizados em obras rodoviárias, envolvendo os temas de exploração, caracterização e utilização dos materiais utilizados na implantação de vias urbanas e rurais. Será abordada a conceituação com a fixação de definições de conceitos, mas também serão apresentados os cálculos utilizados para definição dos índices.

Porém, como você verá no decorrer do material, raramente são apresentadas as fórmulas nas questões, requerendo o conhecimento tanto do conceito como da equação que será necessária para o cálculo, aumentando a dificuldade da resolução. Preste muita atenção, pois os conceitos são semelhantes e podem confundir.

Portanto o objetivo é apresentar definições claras, de fácil memorização e que permitam a rápida fixação e apresentação de questões para auxiliar na sua preparação para atingir seu objetivo.

Boa aula!

2 – Planejamento de vias

2.1 – Características das Vias

Retomando o conceito apresentado por **Hoel et al (2010)**, nosso foco nesse material serão as vias, e para compreender os tipos de vias, vamos utilizar as definições feitas pelo **Código de Trânsito Brasileiro (CTB), 1997**, cobrada em concursos:

- **Via** - superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, ilha e canteiro central.
- **Via Rural** - estradas e rodovias.
  - **Rodovia** - via rural pavimentada.
  - **Estrada** - via rural não pavimentada.
- **Via Urbana** - ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificados ao longo de sua extensão.
  - **Via de Trânsito Rápido** - aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.
  - **Via Arterial** - aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.
  - **Via Coletora** - aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade.
  - **Via Local** - aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

Agora vamos nos dedicar ao planejamento de infraestrutura rodoviária, fundamental para definir o tipo de via a ser projetada. Como vimos anteriormente, as **vias** são definidas como **rural** ou **urbana**. Para isso, vamos utilizar dois manuais distintos:

- **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atual Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), editado em 1999; e
- **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**, do DNIT, editado em 2010.

Quando da ausência da definição dos termos, recorremos ao:

- **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**, do DNER, editado em 1997;

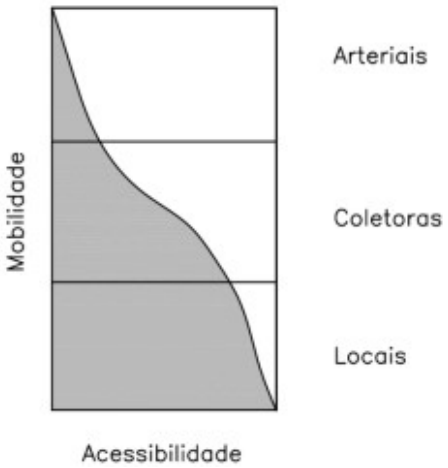
Eventualmente, o órgão para qual se pretende prestar concurso, possui manual ou norma próprios. Procure se informar lendo o edital.

As vias, rurais ou urbanas, podem ser classificadas em função de duas propriedades inversamente proporcionais:

- **Mobilidade**: qualidade da via de promover viagens longas em tempos reduzidos; e
- **Acessibilidade**: qualidade da via de promover acesso aos lotes lindeiros (o terreno que se situa ao longo da via).

O **Gráfico 01** demonstra como essas propriedades aparecem para cada tipo de via:

Gráfico 01 - Mobilidade x Acessibilidade conforme o tipo de via



Fonte: DNIT, 2010, p. 45

Uma **via arterial** permite um usuário fazer grandes deslocamentos de **forma rápida**, porém possui **poucos pontos de acesso**, por exemplo, uma rodovia de alta capacidade que só permite acesso por outras rodovias, o que diminui a perturbação decorrente de uma interseção.

Uma **via local**, por outro lado, tem extensão limitada, podendo ser **acessada pelos lotes lindeiros**. A **via coletora** possui **características intermediárias**.

Inicialmente vamos trabalhar com vias rurais, que possuem duas classificações:

- **Classificação administrativa** e
- **Classificação técnica**.

A **classificação administrativa** é utilizada para determinar a **responsabilidade governamental** sobre determinada via. Diz respeito aos aspectos institucionais sobre implantação, operação e conservação da via e tem pouco impacto nos aspectos técnicos da via, mas de suma importância para o dia-dia da via.

Uma rodovia pode ser implantada pelo governo federal, que por meio de um convênio, repassou a operação e conservação para um governo estadual, que por sua vez, concedeu essas atividades para uma entidade privada.

2.3 – Classificação Técnica em Vias Rurais

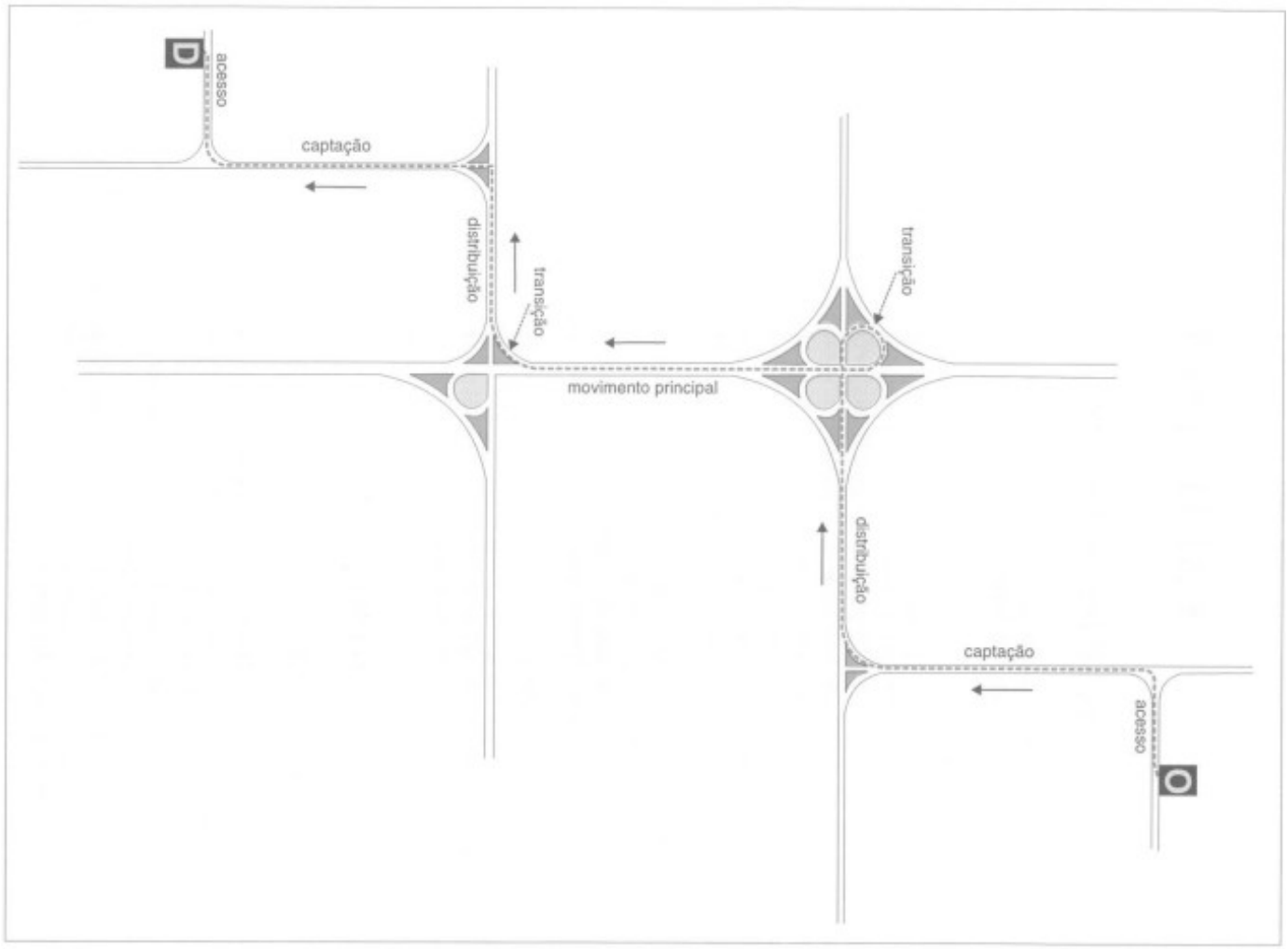
Antes de definir a classificação técnica, precisamos entender a funcionalidade de uma via dentro de um sistema.

Conforme **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999)**, a **classificação funcional** está relacionada com o **nível de qualidade dos serviços** que a rodovia se propõe, ou seja, deverá prover os meios físicos necessários para que os volume de tráfego previsto executem com economia, conforto e segurança as viagens desejadas.

Em função dessa classificação, é possível determinar as características geométricas da via, condicionada também pelo custo, afetado principalmente pelo relevo do solo: região **plana**, **ondulada** ou **montanhosa**.

A funcionalidade está relacionada à composição de uma viagem, que segue uma hierarquia de movimentos, com diversos estágios, conforme a **Figura 01**:

Figura 01: Hierarquia de movimentos

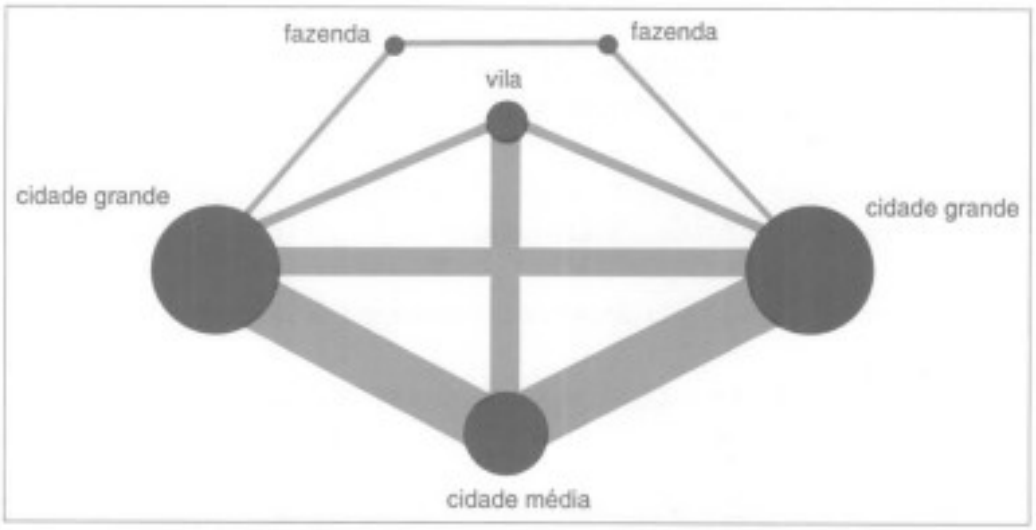


Fonte: DNER, 1997, p. 12

- **Movimentos de acesso**: feitos no início ou no final da viagem, que permite acesso aos lotes lindeiros, utilizando uma via local;
- **Movimentos de captação**: feitos na segunda ou na penúltima etapa da viagem, em vias coletoras, que recebem (coletam) as viagens originadas nas vias locais;
- **Movimentos de distribuição**: feitos na terceira ou na antepenúltima etapa da viagem, que são feitos em vias de maior capacidade, como vias arteriais secundários;
- **Movimentos de transição**: feitos na quarta ou pré-antepenúltima etapa da viagem, em ramos de acesso ou interseção; e
- **Movimentos principais**: feitos nas vias de maior capacidade, como as vias arteriais principais.

Agora veremos como se articulam as localidades (aglomerações) e como essa articulação define a rede viária:

Figura 02: Linhas de desejo

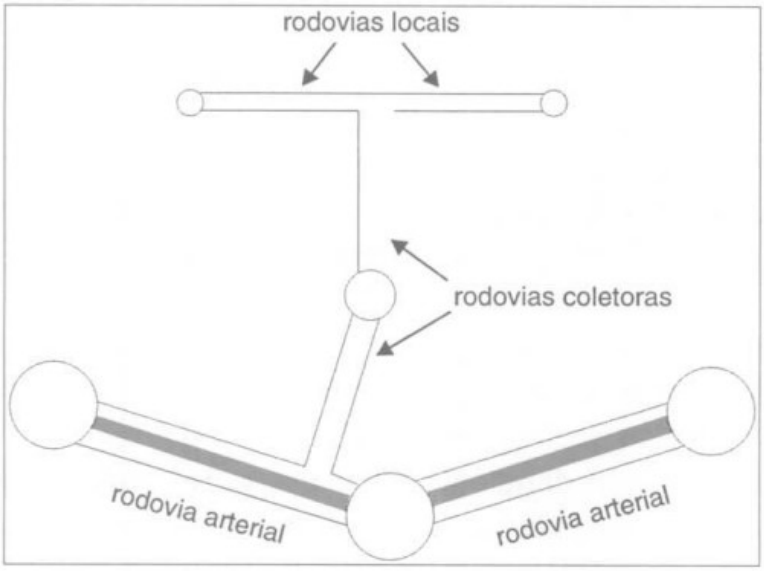


Fonte: DNER, 1999, p. 14

Na **Figura 02**, temos uma rede que possui duas cidades grandes, uma cidade média, uma vila e duas fazendas. As linhas que ligam as localidades representam as **linhas de desejo**, ou seja, a quantidade de pessoas que querem se deslocar entre os pontos e quanto maior a espessura da linha, maior a quantidade de pessoas que desejam efetuar aquela viagem.

Como não é economicamente viável atender todas as linhas de desejo, um sistema viário é projetado conforme as necessidades e disponibilidade de recursos, como veremos na **Figura 03**:

Figura 03: Rede Rodoviária



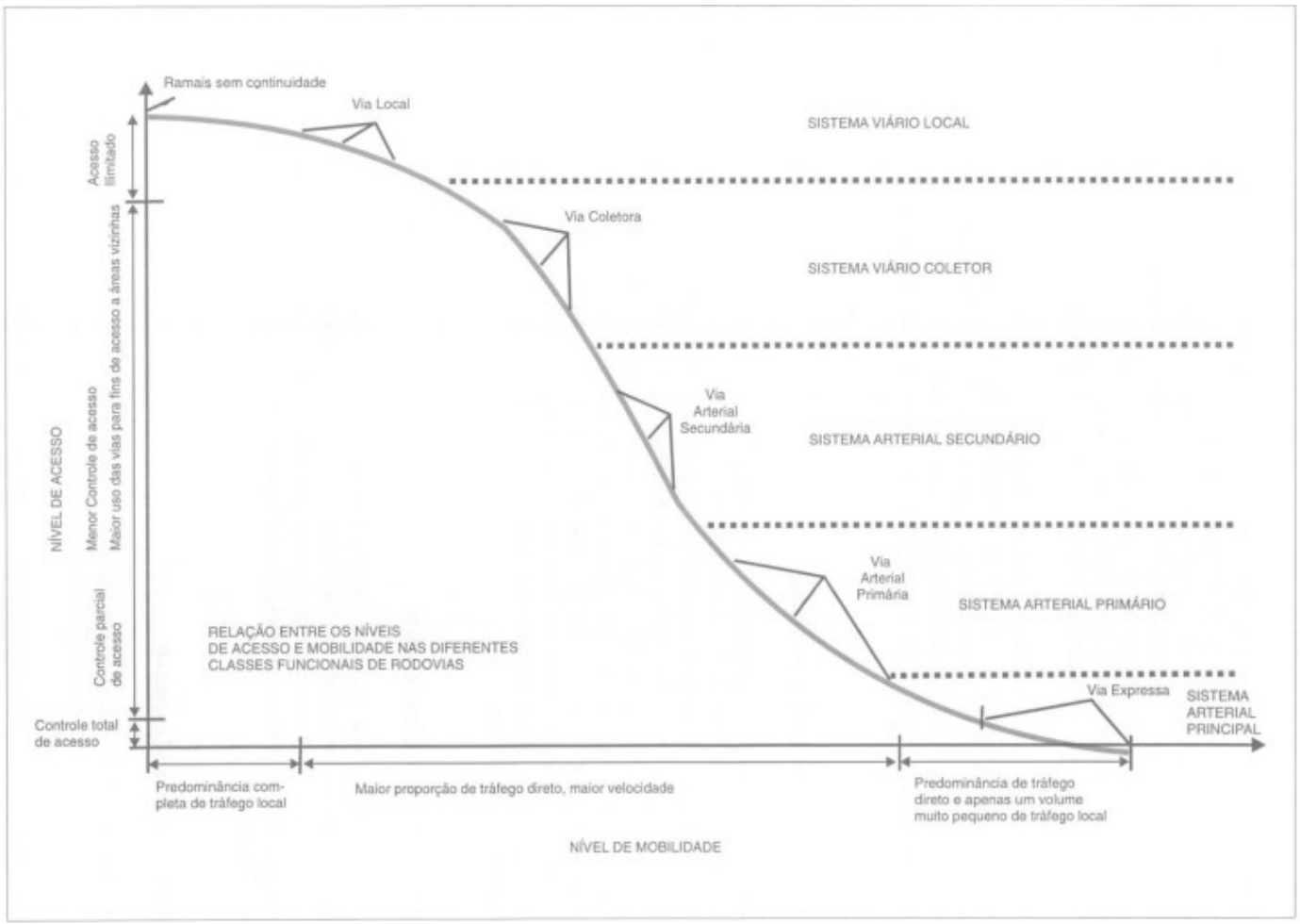
Fonte: DNER, 1999, p. 14

Na **Figura 03**, podemos ver **rodovias arteriais**, de maior capacidade, ligando as localidades principais, enquanto **coletoras** e **locais** atendem as localidades menores. Portanto, a característica da via também está ligada ao tráfego que vai utilizá-la, mais precisamente o **Volume Médio Diário (VMD)** de tráfego.

Em algumas bibliografias poderá encontrar **VDM (Volume Diário Médio)**, que corresponde à média diária de veículos que utilizam a via.

A **Figura 04** a seguir sintetiza a hierarquia das vias conforme as condicionantes anteriores:

Figura 04 - Níveis de mobilidade e acessibilidade



Fonte: DNER, 1999, p. 16

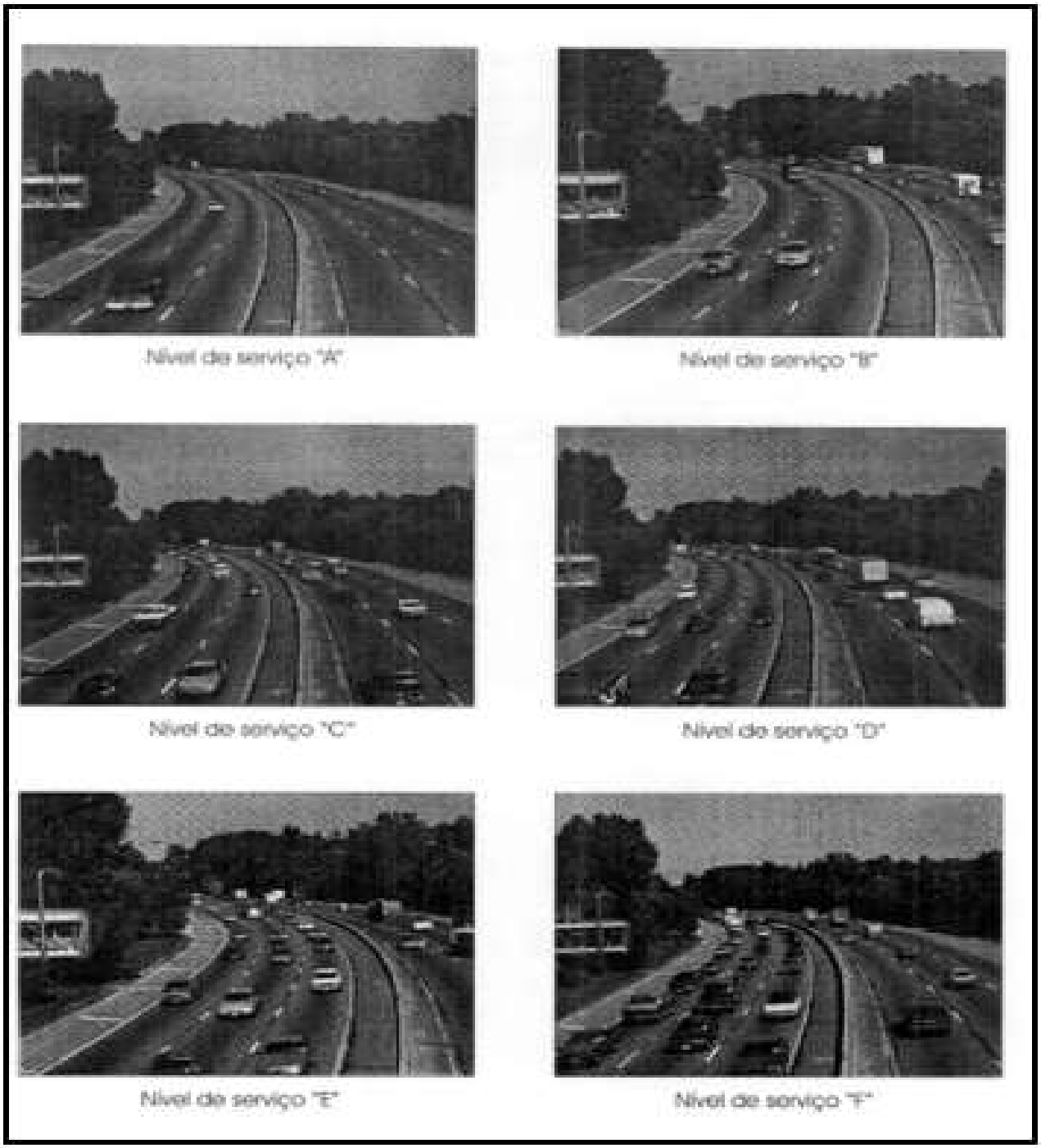
A **Figura 04** mostra os níveis de **acessibilidade** no eixo **vertical** (decrescente) e **mobilidade** no eixo **horizontal** (crescente) para os vários sistemas (vias) que compõem uma malha viária completa:

- **Sistema viário local** – composto de vias locais (alta acessibilidade e baixa mobilidade);
- **Sistema viário coletor** – composto de vias coletoras (acessibilidade menor que as vias locais, mas com mobilidade e capacidade superior);
- **Sistema arterial secundário** – composto de vias arteriais secundárias (com acessibilidade restrita quando comparadas às vias coletoras, mas com maior mobilidade, pois sofre com menos interrupção por ter menor acessibilidade);
- **Sistema arterial primário** – composto de vias arteriais primárias (com restrição quase total de acesso e com poucas interseções, permitindo alta mobilidade); e
- **Sistema arterial principal** – composto de vias expressas (com grande capacidade, controle total de acesso e maior velocidade).

Outro parâmetro importante que determina a classificação da via é o **Nível de Serviço**, que é a "**qualidade da viagem**", ou seja, como a quantidade de veículos na via e suas características afetam a viagem para usuário e depende de:

- **Faixas de rolamento**: quantidade
- **Velocidade diretriz**
- **Extensão de ultrapassagem**, no caso de pista simples,
- **Tipo de terreno**: plano, ondulado ou montanhoso.

Figura 05 - Exemplos de Nível de Serviço



Fonte: DNIT, 2006, p. 265

Observando a **Figura 05** podemos ver os exemplos de Nível de Serviço, que vão de **A** (**melhor condição**) e **F** (**congestionado**), afetando os usuários:

À medida que aumenta a quantidade de veículos na via, mais restrita ou menor a liberdade que usuário tem para manter a velocidade e mudar de faixa, piorando o nível de serviço.

Com os critérios acima mencionados, podemos apresentar as classes de projeto conforme define o **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999)**:

- **Classe 0 (Via Expressa)**: rodovia do mais elevado, com pista dupla e controle total de acessos.
- **Classe I**: dividida em duas sub-classes:
  - **Classe I-A (pista dupla)**: condições semelhantes à classe 0, porém com maior acessibilidade;
  - **Classe I-B (pista simples)**: de elevado padrão, com capacidade para suportar, no mínimo, 1.400 veículos por dia no 10° ano.
- **Classe II**: rodovia de pista simples, com capacidade para suportar, no mínimo, 700 veículos por dia no 10° ano.
- **Classe III**: rodovia de pista simples, com capacidade para suportar, no mínimo, 300 veículos por dia no 10° ano.
- **Classe IV**: rodovia de pista simples, de baixo custo, podendo ou não ser pavimentada e dividida em:
  - **Classe IV-A**: VMD de 50 a 200 veículos no ano de abertura; e
  - **Classe IV-B**: VMD inferior a 50 veículos no ano de abertura.

Então em função da classe funcional da rodovia, é possível estabelecer a **classe de projeto**, que vai determinar as características geométricas da rodovia, conforme a **Tabela 01**.

Tabela 01 - Classe de Projeto

Sistema	Classes funcionais	Classes de projeto
Arterial	Principal Primário Secundário	Classes 0 e I Classes I Classes I e II
Coletor	Primário Secundário	Classes II e III Classes III e IV
Local	Local	Classes III e IV

Fonte: DNIT, 1999, p. 28

Para fixar o conceito, vamos estudar as questões a seguir:

(Pref. Petrolina/PE-2019-UPENET/IAUPE) 39. Uma rodovia projetada em pista simples, com vida útil estimada em 10 anos, tendo como critério de classificação técnica Volume Médio Diário (VMD) bidirecional entre 700 e 1400, sendo estabelecida a velocidade em conformidade com região, sendo de 80km/h a velocidade máxima permitida (em região plana), a sua classe de projeto é:

a) 0.

b) II.

c) III.

d) IV – A.

e) IV – B.

Gabarito

Alternativa b)

Comentários:

Justificativa: conforme a definição, as rodovias de classe II são projetadas para atender a demanda entre 700 e 1.400 veículos por dia.

2.4 – Classificação Técnica em Vias Urbanas

Agora vamos trabalhar com **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010)**, muito utilizado pelas **Prefeituras** para planejamento e projeto de vias urbanas e, consequentemente, muito cobrado em concursos.

Este Manual utiliza esta classificação funcional, com as seguintes definições:

I. Sistema arterial principal: serve os principais centros de atividade das áreas urbanas, os corredores de **maior volume de tráfego** e as **viagens mais longas**; transporta grande parte do tráfego urbano, mesmo que represente, em extensão, uma pequena porcentagem da rede viária. O sistema deve ser integrado, não só do ponto de vista interno, como também, com as principais rodovias estaduais e federais, ou seja, deve incluir conexões e extensões das rodovias arteriais e coletoras interurbanas que penetram, atravessam ou tangenciam a área urbana.

- Vias expressas primárias: As vias com **controle total de acesso** e todas as **interseções em desnível**, destinando-se a atender grandes fluxos de tráfego. Devem servir aos automóveis, caminhões e ônibus expressos em viagens longas, sejam urbanas ou interurbanas. Pedestres, bicicletas, veículos de tração animal, tratores e outros veículos especialmente lentos devem ser proibidos de utilizar essas vias

- Vias expressas secundárias: Podem ter **interseções em nível com algumas vias** transversais e apresentar critérios operacionais e de **projeto ligeiramente inferiores** às vias expressas primárias. As vias expressas secundárias, de um modo geral, não proporcionam acesso às propriedades adjacentes

- Vias arteriais primárias: Essa categoria inclui aquelas vias que atendem principalmente ao tráfego direto, geralmente em percurso contínuo, mas que não possuem as características técnicas de uma via expressa.

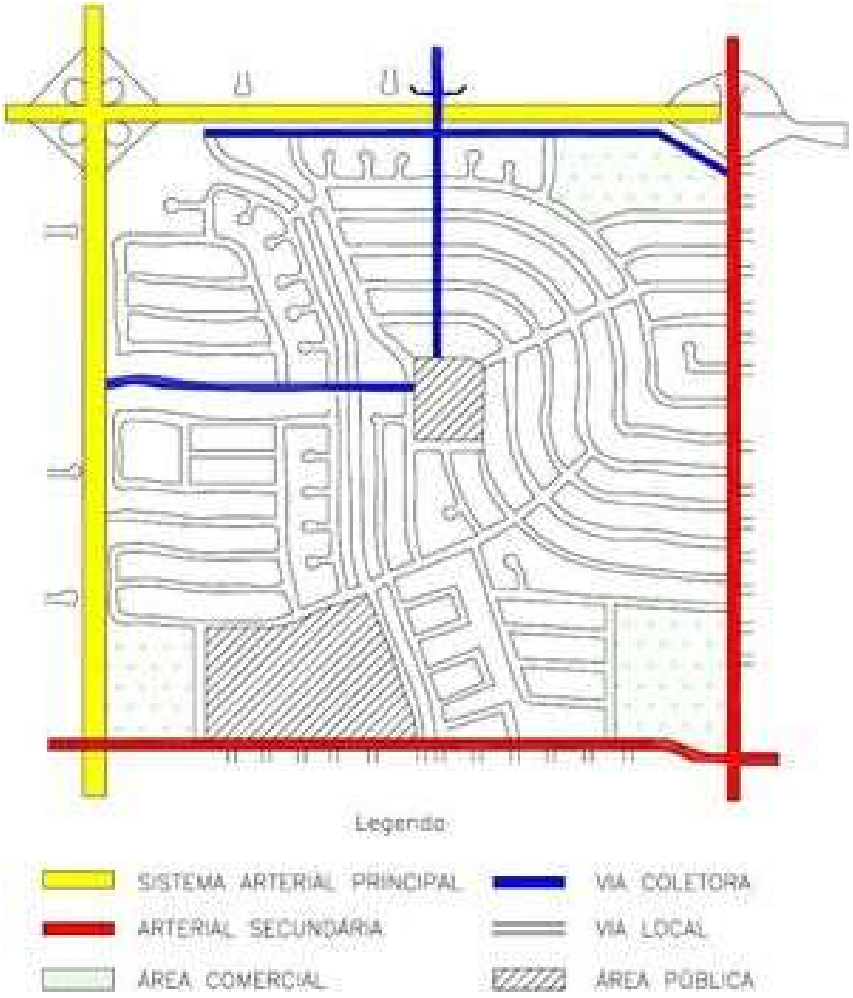
II. Sistema arterial secundário: O Sistema Arterial Secundário de vias urbanas se interconecta com o Sistema Arterial Principal e o suplementa, atendendo aos **percursos de viagens com extensões intermediárias**, em **níveis de serviço inferiores** àqueles que são típicos das vias arteriais primárias. Atende às viagens com grau de mobilidade um pouco inferior ao do Sistema Arterial Principal e distribui o tráfego por áreas menores do que as atendidas pelo sistema principal.

III. Sistema coletor: O Sistema Coletor tem a função principal de **conectar as ruas locais com as vias arteriais**. O sistema proporciona continuidade ao nível das comunidades locais ou subdivisões urbanas, porém a baixas velocidades. Difere do sistema arterial, pelo fato de que as vias do sistema coletor podem penetrar nas vizinhanças residenciais, distribuindo o tráfego das vias arteriais, através da área, até seus destinos finais. O Sistema Coletor pode, também, atender aos trechos coletores/distribuidores de itinerários de ônibus

IV. Sistema local: Sua função primária é **permitir o acesso das propriedades** que lhe são adjacentes aos sistemas de ordem superior. Oferece o menor nível de mobilidade e usualmente não contém rotas de ônibus

Vamos ver na **Figura 06**, uma imagem que vai auxiliar a visualizar os conceitos descritos anteriormente:

Figura 06 – Hierarquia funcional das vias urbanas



Fonte: DNIT, 2010, p. 44

Nela podemos ver o **Sistema Arterial Principal** conectando as rodovias às vias do **Sistema Arterial Secundário**, que tangencia ou corta a área urbana. Esse sistema, por sua vez, é alimentado e alimenta o **Sistema Coletor**, que corta regiões da cidade, distribuindo o tráfego para as **vias locais**.

A seguir, a **Tabela 02** com as características desejáveis para as vias, conforme a classe funcional:

Tabela 02 – Características desejáveis para as vias de cada categoria funcional

CARACTERÍSTICAS DE PROJETO E CONTROLE	SISTEMA ARTERIAL PRINCIPAL			SISTEMA ARTERIAL SECUNDÁRIO	SISTEMA COLETOR	SISTEMA LOCAL
	Via Expressa Primária	Via Expressa Secundária	Via Arterial Primária			
Controle de Acesso	Total	Total ou Parcial	Parcial	Livre	Livre	Livre
Via Expressa Primária	Desnível	Desnível	Desnível	Desnível ou Travessia sem conexão	Travessia s/ conexão ou bloqueio	Bloqueio
Via Expressa Secundária	Desnível	Desnível	Desnível ou Nível	Nível	Nível ou Bloqueio	Bloqueio
Via Arterial Primária	Desnível	Desnível ou Nível	Desnível ou Nível	Nível	Nível	Nível
Sistema Arterial Secundário	Desnível ou Travessia sem conexão	Nível	Nível	Nível	Nível	Nível
Sistema Coletor	Travessia s/ conexão ou bloqueio	Nível ou Bloqueio	Nível	Nível	Nível	Nível
Sistema Local	Bloqueio	Bloqueio	Nível	Nível	Nível	Nível
Controle de Tráfego nas Interseções	Total (Desnível)	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Parcial: Semáforos, Placas de parada nas vias secundárias	Placas de Parada
Acesso às Propriedades Adjacentes	Nenhum	Nenhum ou Restrito	Restrito	Restrito ou Livre	Livre	Livre
Travessia de Pedestres	Desnível	Desnível	Desnível ou Faixa zebrada	Desnível ou Faixa zebrada	Faixa zebrada	Livre
Vias Marginais	Onde necessário	Onde necessário	Geralmente não	Não	Não	Não
Canteiro Central	Sempre	Sempre	Onde possível	Geralmente não	Não	Não
Estacionamento	Proibido	Proibido	Controlado	Controlado	Controlado ou Livre	Livre
Acostamento	Sempre com largura total	Com largura total ou parcial	Nenhum ou Faixa de estacionamento	Nenhum	Nenhum	Nenhum

Fonte: DNIT, 2010, p. 53

Convém lembrar que quanto maior e mais populosa é a cidade, mais complexa é sua malha viária, portanto, cidades de porte médio ou pequeno não apresentam todas as classes de vias como vimos aqui.

(Pref. Cristinápolis/SE-2020-FUNDATEC) QUESTÃO 37 – De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (Publicação IPR – 740), as vias _____ apresentam maior mobilidade que as vias _____, que, por sua vez, apresentam menor acessibilidade que as vias _____.

Assinale a alternativa que preenche, correta e respectivamente, as lacunas do trecho acima.

a) arteriais – coletoras – locais

b) locais – arteriais – coletoras

c) expressas – locais – primárias

d) secundárias – coletoras – expressas

e) coletoras – arteriais – secundárias

Gabarito:

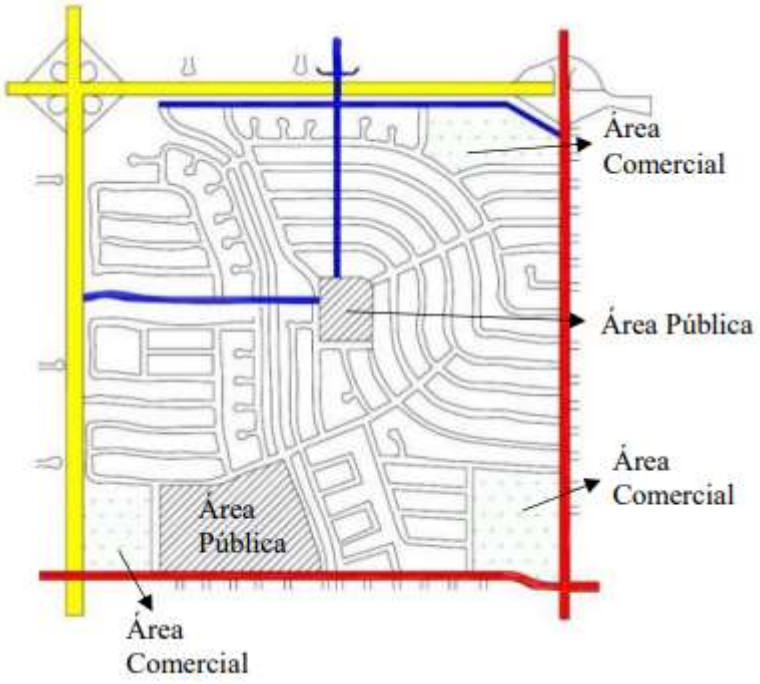
Alternativa (a)

Justificativa:

As vias arteriais devem apresentar maior mobilidade e menor acessibilidade que as vias coletoras e estas em relação às vias locais.

(SPGG/RS-2022-FUNDATEC) De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT, o planejamento do sistema viário de uma cidade deve ser baseado na identificação e mensuração das necessidades e desejos de deslocamento de sua população. Independentemente das razões dos deslocamentos, os fluxos com que as vias concorrem para seu atendimento são normalmente adotados para definir sua função, em termos de importância. Há diversos sistemas de classificação das vias, que são usados para diferentes finalidades. A classificação de vias e ruas, segundo a função que exercem dentro do sistema viário, representa o passo inicial do processo de planejamento, já que visa estabelecer uma hierarquia de vias para atendimento dos deslocamentos dentro da área urbana.

Sobre a hierarquia funcional das vias urbanas, assinale a alternativa que apresenta a classificação correta para vias representadas pelas cores amarela, azul e vermelha, respectivamente.



a) Sistema Arterial Principal, Via Coletora e Arterial Secundária.

b) Sistema Arterial Principal, Via Local e Via Coletora.

c) Sistema Arterial Secundária, Via Local e Via Coletora.

d) Sistema Arterial Secundária, Via Local e Arterial Principal.

e) Sistema Local, Via Coletora e Arterial Principal.

Gabarito:

Alternativa a)

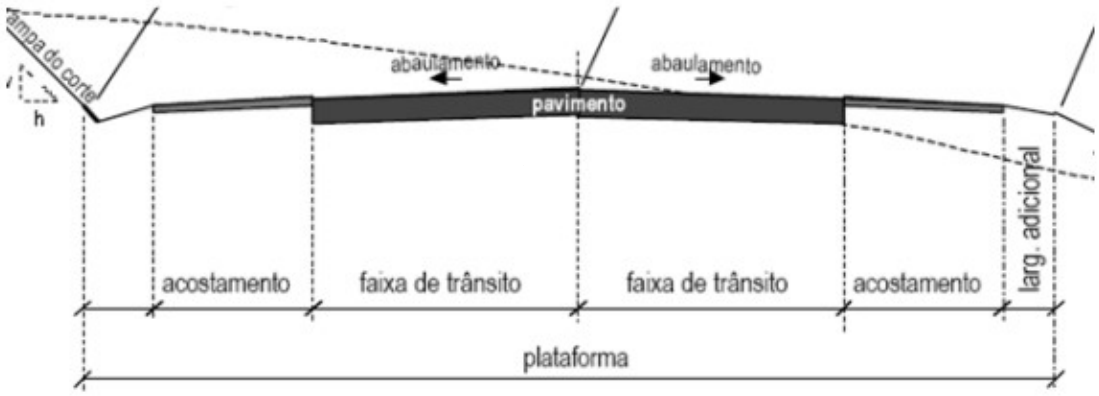
Justificativa:

Como vimos na própria **Figura 06** representada no material, a cor amarela representa o Sistema Viário Principal, a cor azul, Via Coletora e a vermelha, Arterial Secundária.

2.5 – Componentes de uma via

Vamos ver os principais componentes de uma via, sob a ótica do planejamento, na **Figura 07**:

Figura 07 - Seção transversa típica de via rural



Fonte: https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/elementos-geomc3a9tricos-das-estradas-de-rodagem.pdf

Vamos utilizar as definições do próprio **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999)**:

- **Faixa de trânsito ou faixa de rolamento**: faixa longitudinal da pista, designada e projetada para uma fila de veículos em movimento contínuo;
- **Acostamento**: área da plataforma adjacente à pista de rolamento destinada a: estacionamento provisório de veículos, servir de faixa extra de rolamento para emergências, contribuir para proteção da estrutura do pavimento e dos efeitos da erosão; e
- **Plataforma**: parte da rodovia compreendida entre os pés de corte e cristas do aterro, incluindo os dispositivos necessários à drenagem da pista.

Também é importante conceituar os seguintes elementos que acompanham a rodovia:

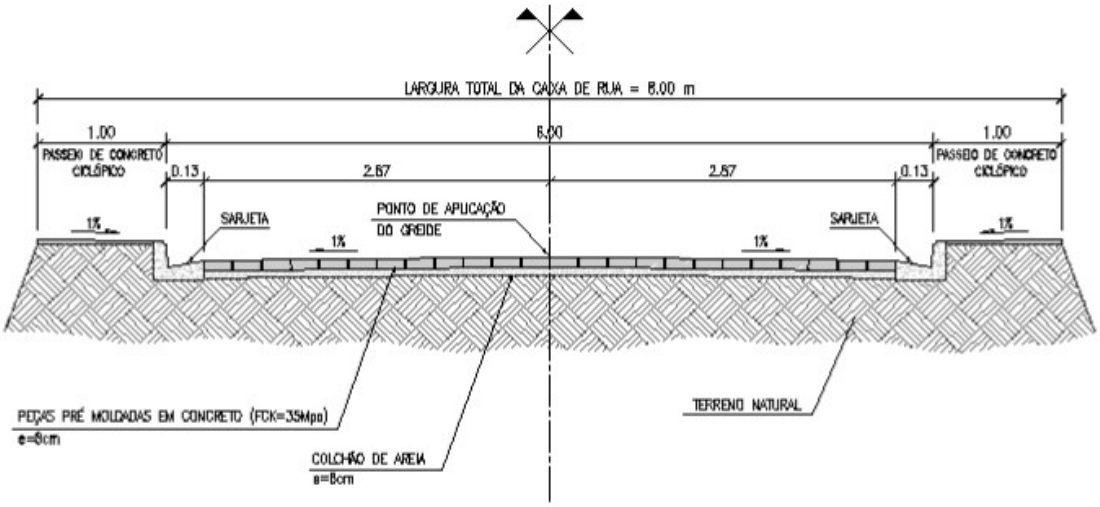
Figura 08 - Partes componentes de uma rodovia

Fonte: https://www.ribrusque.com.br/faixa-de-dominio-e-area-non-aedificandi/

- **Faixa de domínio**: área compreendendo a rodovia e suas instalações correlatas e faixas adjacentes legalmente delimitadas, de propriedade ou sob domínio ou posse do órgão rodoviário e sobre a qual se estende sua jurisdição (DNER, 1999).
- **Área non aedificandi**: área em que não é permitido erguer edifícios (DNER, 1997).

Em **vias urbanas**, aparecem outros elementos, como veremos na **Figura 09**:

Figura 09 - Seção transversal de via urbana



Fonte: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=358253

Conforme **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010)**:

> **Seção transversal (da via)** – para fins do projeto geométrico, representa o alinhamento superficial transversal à via, incluindo a **pista de rolamento**, **faixas de segurança**, **acostamentos**, **plataforma**, **sarjetas**, **valetas e taludes**, entre as interseções com o terreno natural.

Calçada – parte da via, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, reservada **ao trânsito de pedestres** e, quando possível, à implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação e outros fins.

Passeio – parte da calçada ou da via, destinada à circulação de pedestres e, eventualmente, de ciclistas

Guia ou **Meio-fio** – construção longitudinal em degrau, disposta na borda da pista de rolamento, acostamento ou faixa de segurança, com o objetivo de **delimitar fisicamente a pista**, **proteger o trânsito de pedestres**, **conduzir águas pluviais**, **conter o pavimento**, **delimitar áreas não pavimentadas** e, especialmente, realçar para o motorista, mediante um obstáculo intencional ao deslocamento transversal do veículo, as trajetórias possíveis.

Sarjeta: Dispositivo de drenagem superficial, construída na plataforma, com a finalidade de **conduzir longitudinalmente**, para um local próprio, as **águas** que caem sobre ela. (DNER, 1997).

(Pref. Mandaguari/PR-2019-FAUEL) "Área da plataforma adjacente à pista de rolamento, destinada a: parada ou estacionamento provisório de veículos, servir de faixa extra de rolamento para emergências, contribuir para proteção da estrutura do pavimento e dos efeitos da erosão e à circulação de pedestres e bicicletas, quando não houver local apropriado para esse fim."

Trata-se de:

a) Canteiro.

b) Acostamento.

c) Anel viário.

d) Caminho

Gabarito:

Alternativa b)

Justificativa

Conforme a própria definição do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER.

(Pref. Mandaguari/PR-2019-FAUEL) Qual o nome dado à parte da via, normalmente em nível diferente, reservada a movimentação de pedestres e, quando possível, utilizada para implantação de mobiliário urbano e vegetação:

a) Avenida.

b) Calçada.

c) Beco.

d) Ruela.

Gabarito:

Alternativa b)

Justificativa:

Conforme definição Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas.

Note que em muitas questões de concursos, é cobrada a própria definição do conceito, sem margem a interpretação do significado ou a aplicação desse conceito.

3 – Exploração, ensaios e aplicações dos materiais na pavimentação

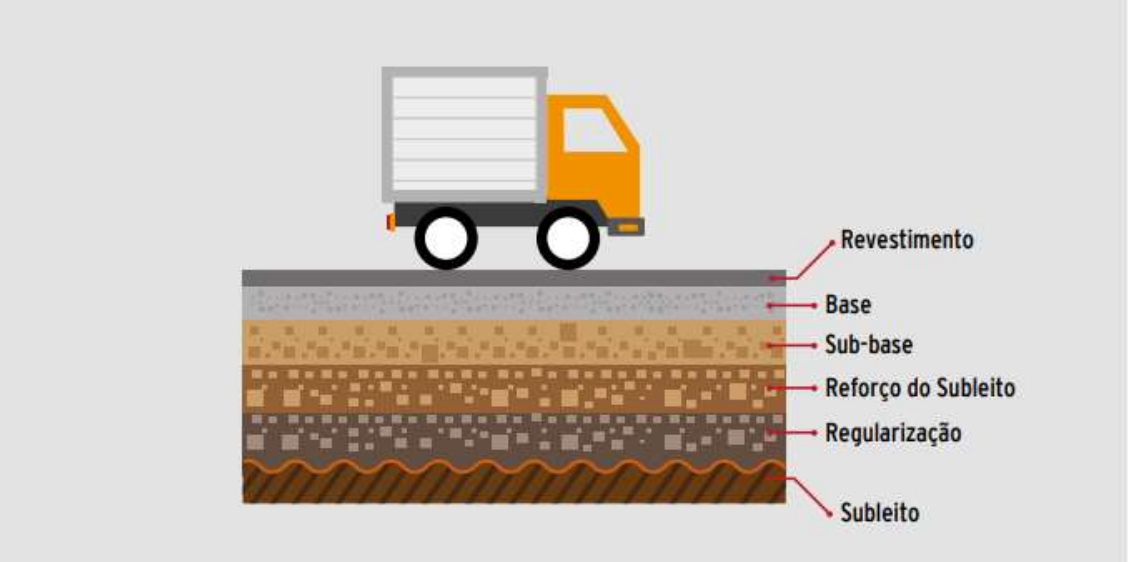
3.1. Introdução

Geralmente as perguntas de concurso sobre Obras Rodoviárias envolvem pavimento, que é o principal ativo da infraestrutura viária, requerendo maior custo de execução e manutenção por parte de órgãos públicos.

Conforme **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários (DNER, 1997)**, o **pavimento de uma via é a estrutura construída** após a terraplenagem e destinada a:

a) **resistir** e **distribuir** ao subleito os **esforços verticais** oriundos dos veículos;
b) melhorar as condições de rolamento quanto ao **conforto** e **segurança**; e
c) resistir aos **esforços horizontais** (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento.

Figura 10 - Componentes do pavimento



Fonte: CNT, 2017, p. 16

O pavimento é construído por camadas com materiais e espessuras distintas, que se apoia sobre o **terreno de fundação**, que nesse caso é chamado de **subleito**. A **camada superficial**, geralmente de melhor qualidade, também chamado de **revestimento** ou **capa**, atende aos 3 objetivos listados anteriormente.

As **camadas inferiores** somente resistem e transmitem os **esforços verticais** ao subleito e geralmente são executados com material de menor qualidade. O subleito deve atender condições mínimas para que possa ser utilizado como fundação.

Agora vamos estudar as características de um dos principais materiais de construção utilizados na pavimentação, que é o solo, através do estudo da origem e formas de caracterização através de análises e ensaios comuns na pavimentação.

3.2. Solo

> **Manual de pavimentação (DNER, 2006b)** define solo "**como todo tipo de material orgânico ou inorgânico, inconsolidado ou parcialmente cimentado, encontrado na superfície da terra**. Em outras palavras, considera-se como solo qualquer material que possa ser escavado com pá, picareta, escavadeiras etc., sem necessidade de explosivos".

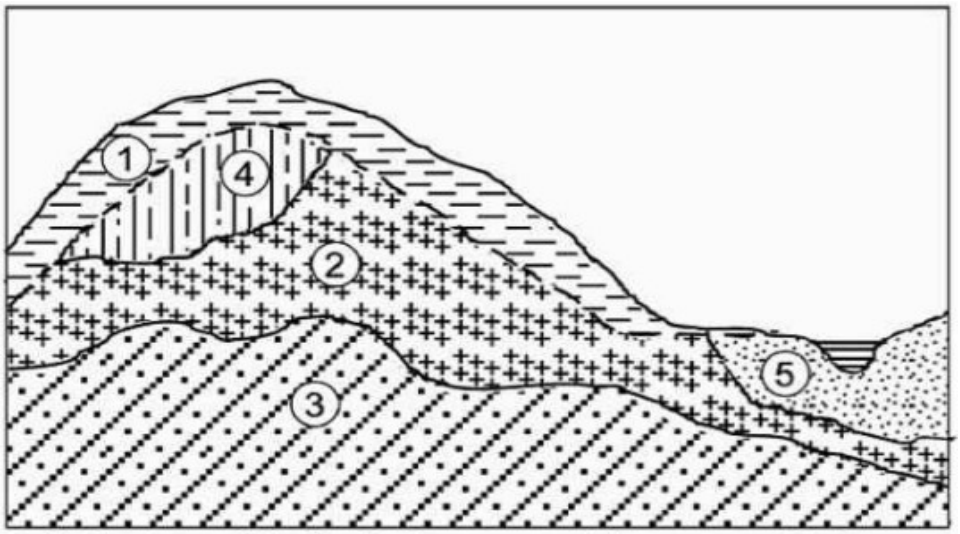
Geralmente o **solo** é o material de constituição no **subleito**, ou seja, o terreno de fundação do pavimento, ainda que, eventualmente, seja substituído por agregados, mas também pode ser utilizado como material de execução de pavimento. O estudo do solo também é fundamental para determinar as características de cortes e aterros, drenagem e outros elementos dentro da faixa de domínio.

3.2.1 Estrutura do solo

Chamamos de **estrutura do solo a organização das partículas que compõem a mesma**. Essa estrutura pode ser apenas o resultado de ações da natureza, como a chuva, frio, vento etc., ou também ser fruto das alterações realizadas pelo ser humano.

Vamos ver como o solo se forma, isso é fundamental para análise e caracterização desse importante material de construção.

Figura 11 - Perfil genérico do solo



Fonte: Senço, p. 47

A **camada 3**, **rocha-mãe**, de maior profundidade, pode ser o resultado do esfriamento do magma, no caso de rochas magmáticas, ou metamórficas, resultado da ação do calor e da pressão sobre outros tipos de rochas.

Sobre essa camada mais profunda, devido à ação de forças da natureza ou intemperismo, aparece a **rocha alterada (camadas 2 e 4)**, que mantém as características da composição química e mineralógica, porém alteração nas características geomecânicas, como redução da resistência e presença da água.

Superficialmente aparece o **solo residual** (camada 1), ou seja, o resultado da **alteração** total da rocha-mãe que eventualmente pode ser carregado para outro local, seja pela ação da água, gravidade ou vento, formando depósitos de **solos transportados** ou **solos sedimentares** (camada 5). Essa camada de sedimentos, caso seja coberta, e receber calor e/ou pressão suficiente, pode formar rocha sedimentar.

Esses detalhes podem ser vistos de forma mais clara na **Figura 12**, na qual é possível diferenciar o solo superficial, resultado da decomposição da rocha alterada, acrescida do material orgânico, provindos da vegetação, com a camada intermediária demonstrando os diversos graus de alteração (camada intermediária), na qual é possível distinguir traços da rocha mãe ou sã, principalmente na parte inferior:

Figura 12 - Corte de um maciço

Fonte: https://institutominere.com.br/blog/a-alterabilidade-e-os-graus-de-alteracao-de-uma-rocha

A **coloração avermelhada** é o resultado do processo de **lixiviação**, que é a movimentação de materiais auxiliados pela água que infiltra no solo, e nesse caso carregando **hidróxidos de ferro** e **alumínio**, que resulta na **laterização** do solo, importante característica em solos tropicais.

As rochas podem ser:

- **magmáticas**: formadas a partir do esfriamento do magma ou lava;
- **sedimentares**: formadas a partir da ação do calor e/ou pressão sobre solos sedimentares; e

- **metamórficas**: formadas a partir da ação do calor e/ou pressão sobre os outros tipos de rochas.

Os solos podem ser divididos em:

- **alterados** ou **residuais**: formados a partir da alteração ou decomposição da rocha mãe, permanecendo no local de origem;
- **transportados**: formados a partir das partículas que foram transportados de outros depósitos a partir da ação da água (solos aluvionares), gravidade (solos coluvionares) ou vento (solos eólicos); e
- **superficiais**: formados a partir do intemperismo sobre os outros tipos de solos.

(SPGG/RS-2022-FUNDATEC)0 No âmbito da engenharia rodoviária, considera-se solo todo tipo de material orgânico ou inorgânico, inconsolidado ou parcialmente cimentado, encontrado na superfície da terra. Em outras palavras, considera-se como solo qualquer material que possa ser escavado com pá, picareta, escavadeiras etc., sem necessidade de explosivos.

Desta forma, considerando o exposto na Publicação IPR – 719/2006 – Manual de Pavimentação do DNIT, analise as seguintes afirmativas em relação aos solos residuais:

I. O solo residual é um material que mostra relação com a rocha que lhe deu origem. Consegue-se observar restos da estrutura da rocha e de seus minerais.

II. O solo de alteração de rocha mostra alguns elementos da rocha-matriz, como linhas incipientes de estruturas ou minerais não decompostos.

III. A rocha alterada é um material que lembra a rocha no aspecto, preservando parte da sua estrutura e de seus minerais, porém com um estágio de dureza ou resistência inferior ao da rocha.

IV. A rocha-sã é a própria rocha inalterada.

Quais estão corretas?

a) Apenas I e II.

b) Apenas I, III e IV.

c) Apenas I, II e III.

d) Apenas II, III e IV.

e) I, II, III e IV.

Gabarito:

Alternativa d)

Justificativa:

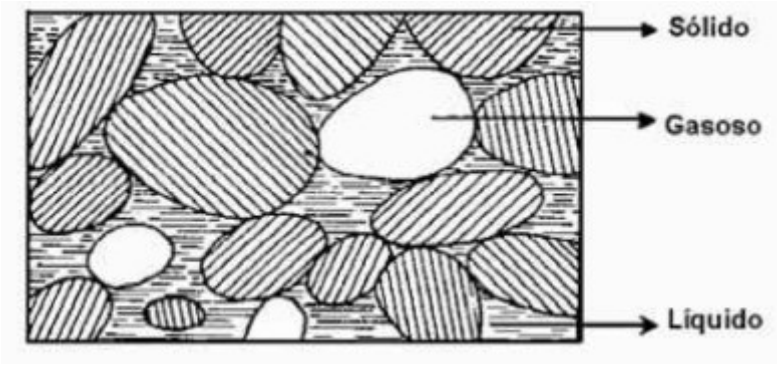
A afirmação I está incorreta pois o solo residual é o resultado da decomposição da rocha matriz e nesse caso, não é possível distinguir as características da rocha mãe.

Esse conteúdo que acabamos de ver não é comum nos concursos, mas pode ser cobrado em concursos voltados para atuação direta na infraestrutura rodoviária.

3.2.2 Fases do Solo

O solo é constituído por 3 fases como mostrado na **Figura 13**:

Figura 13 - Fases do solo



Senço, 1997, p. 52

- **Fase sólida**: é composto de grãos ou partículas de origem, dimensões e forma variáveis, conforme a gênese do material.
- **Fase líquida**: corresponde à água presente no solo, que conforme Senço (1997), divide-se em:

  - água de constituição: é um dos componentes do grão;
  - água adsorvida: constitui-se na película fixada na superfície dos grãos;
  - água higroscópica: é aquela que se encontra no solo, ao ar livre, ou seja, em equilíbrio com o vapor de água da atmosfera;
  - água capilar: é aquela que, nos solos de grãos finos, sobe pelos interstícios capilares deixados pelas partículas sólidas; e
  - água livre: tem as características físicas da água comum, regendo-se seu comportamento pelas leis da Hidráulica.

  As águas higroscópica, capilar e livre são as que podem ser evaporadas pelo calor - a temperatura superior a 100°C.

- **Fase Gasosa**: complementa o espaço vazio entre os grãos e água em estado líquido, composta pelo próprio ar e vapor d'água e depende da fase líquida.

(Pref. São Roque do Canãa/ES-2019-IDCAP) A água contida no solo pode ser classificada de diferentes formas. Sendo assim, assinale a alternativa que representa corretamente a definição de "água adesiva ou adsorvida":

a) É aquela película de água que envolve e adere fortemente à partícula sólida.

b) É a que faz parte da estrutura molecular da partícula sólida.

c) É a que se encontra em uma determinada zona do terreno, enchendo todos os seus vazios.

d) É a que ainda se encontra em um solo seco ao ar livre.

e) É aquela que nos solos de grãos finos sobe pelos interstícios capilares deixados pelas partículas sólidas, além da superfície livre da água.

Gabarito:

Alternativa (a)

Justificativa:

Alternativa (b) trata-se da água de constituição

Alternativa (c) trata-se da água livre

Alternativa (d) trata-se da água higroscópica

Alternativa (e) trata-se da água capilar

Agora vamos estudar especificamente a fase sólida do solo, ou os grãos que compõem o solo.

É um dos assuntos mais cobrados dentro do tema de ensaios em Obras Rodoviárias. Vale a pena redobrar a atenção nesse assunto! Geralmente não é cobrada a metodologia da execução dos ensaios, apenas o cálculo e interpretação dos resultados, que será nosso enfoque.

Uma das propriedades mais importante do solo é a dimensão dos grãos, que afeta profundamente o comportamento do solo. Os **grãos** recebem denominação conforme a sua **dimensão**, porém os órgãos podem ter dimensões diferentes para a mesma denominação. Vamos ver a fração conforme o órgão na **Tabela 03:**

Tabela 03 - Dimensão de cada fração

ÓRGÃO	Pedregulho		Areia		Silte		Argila	
DIMENSÃO	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN
DNER (DNIT)	76 mm	2 mm		0,075 mm		0,005 mm		0 mm

ABNT	60 mm	2 mm	0,06 mm	0,002 mm	0 mm
IPT	100 mm	5,0 mm	0,05 mm	0,005 mm	0 mm
DER/SP	100 mm	4,76 mm	0,074 mm	0,002 mm	0 mm

Fonte: Adaptado de Senço, 1997, p. 53

Na **Figura 14**, é possível visualizar os grãos de diferentes dimensões, do **pedregulho**, com grãos de grandes dimensões (à esquerda), passando pela **areia**, **silte** e **argila** (estes dois últimos não é possível visualizar os grãos individualmente):

Figura 14: Grãos de amostra de solo segregado por dimensão

Fonte: https://www.suportesolos.com.br/blog/analise-granulometrica-do-solo-ensaios-geotecnicos-o-objetivo-e-as-fracoes-de-solo/71/

3.3 - Ensaios

Aqui veremos os principais ensaios cobrados em concursos. Em alguns casos, foi necessária uma breve explicação sobre a execução para contextualização dos resultados.

3.3.1 - Análise tátil-visual

Uma das formas de avaliação de solo e, consequentemente sua identificação, feita ainda em campo, durante a exploração do solo, ou logo que se inicia caracterização do solo em laboratório, é a identificação tátil-visual feita em amostras retiradas nos furos feitos no ensaio de sondagem de simples reconhecimento com SPT (ABNT NBR 6484).

Essa avaliação consiste em:

- Esfregar a amostra no solo para identificar a **granulometria** do solo:
  - Solos grossos (areias e pedregulhos): ásperos ao contato
  - Solos finos (silte e argilas): macios ao contato
- Fazer a **avaliação visual** dos grãos:
  - Pedregulhos: predominância de grãos maiores que 2mm
  - Areias: predominância de grãos entre 0,1mm (limite visual) e 2 mm
    - Areias grossas: predominância de grãos maiores que 1mm
    - Areias médias: predominância de grãos entre 1mm e 0,5mm
    - Areias finas: predominância de grãos entre 0,5mm e 0,1mm

- Fazer avaliação quanto a **plasticidade** do solo: a argila possui maior plasticidade, ou seja, possibilidade de se moldar formas com a presença de umidade, quando comparada ao silte
- Definir a **cor** do solo
- Caracterizar a **origem**:
    - solos residuais e, se possível, indicar a rocha original
    - solos transportados (coluvionares, aluvionares, fluviais e marinhos)
    - aterro

(Pref. Petrolina/PE-2019-FUNDATEC) Identificação táctil-visual de solos é a identificação de solos em campo aplicada em sondagens para reconhecimento do terreno. Dentre as condições da amostra, deve-se classificá-la quanto à:

a) permeabilidade.

b) granulometria.

c) resistência.

d) mineralogia.

e) força.

Gabarito:

Alternativa (b)

Justificativa:

Conforme vimos na descrição do ensaio, o propósito principal da análise tátil-visual é a determinação da granulometria.

3.3.2 - Análise Granulométrica

Um dos ensaios mais cobrados em concursos, este ensaio está normatizado pela **ABNT NBR 7181**, **DNER-ME 051/94**, entre outros, com ligeiras diferenças entre si, e por isso, fique atento. O ensaio é feito através de duas atividades complementares:

- **Peneiramento**: através de um conjunto de peneiras e com auxílio de balanças, determina-se o peso da fração retida em cada peneira da fração grossa, que é visível a olho nu, conforme a **Figura 15**:

Figura 15: Ensaio de peneiramento

Fonte: http://dynapac.blog/manual-de-compactacao-pavimentacao-e-fresagem/granulometria-consistencia-e-sedimentacao-o-que-voce-precisa-conhecer-para-obter-melhores-resultados-na-compactacao/?lang=pb

A dimensão da malha das peneiras é dada pela **Tabela 04**:

Tabela 04: Dimensão da abertura da peneira

PENEIRA	ABERTURA (mm)
4”	100
3”	75
2”	50
1 1/2"	38
1”	25
3/4”	19
3/8”	9,5
# 4	4,8
# 10	2,0
# 14	1,2
# 30	0,60
# 35	0,42
# 60	0,25
# 100	0,15
# 200	0,075
Fundo	0

ATENÇÃO
DECORE!

Para **concursos**, você vai precisar decorar as **dimensões** das seguintes **peneiras**:

- # 200 – abertura 0,075mm: separa fração fina (silte e argila) da fração grossa (areia e pedregulho);
- # 10 – abertura 2,0mm: separa areia do pedregulho para DNIT; e
- # 4 – abertura 4,76mm: separa areia do pedregulho para ABNT e DER/SP.

O concurseiro deve se atentar para qual norma ou especificação técnica que o órgão usa em seu ambiente.

- **Sedimentação**: a segunda parte da análise granulométrica é feita através de um ensaio que consiste na imersão da fração fina da amostra numa solução líquida (esquerda da **Figura 16**) que, em função da dimensão dos grãos, permite estimar o peso de cada fração em função da velocidade de queda do grão na solução (direita da **Figura 16**).

Figura 16 - Proveta com solução contendo fração fina do solo

Fonte: http://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/17430/material/PUC_GEOI_LAB05_GRANULOMETRIA.pdf

A forma dos grãos depende da gênese do material. Os **pedregulhos** são mais **angulares**, assim como a **areia**. Porém se a areia é transportada, a tendência é que o grão sofra desgaste nas quinas, com

tendência a ficar mais arredondada. A depender do mineral de origem, o grão pode ser mais lamelar, como acontece com a presença da mica que, a depender da porcentagem, pode inutilizar o material para uso em obras rodoviárias.

Os grãos da **fração fina** são **angulares** ou **escamosos** com grande porosidade, sem a presença de grãos arredondados.

De forma grosseira, podemos antecipar determinados comportamentos em função da granulometria do material, conforme a **Tabela 05**:

Tabela 05: Principais diferenças entre argilas e areias

Argilas	Areias
01. O volume dos vazios pode atingir 98% do volume total	01. O volume dos vazios é de cerca de 50%, no máximo
02. Contraem-se ao secar	02. Não se contraem ao secar
03. Apresentam coesão marcada e dependente do teor de umidade	03. Quando puras, apresentam coesão desprezível
04. São materiais plásticos	04. Não são materiais plásticos
05. Comprimem-se lentamente quando são aplicadas cargas sobre suas superfícies	05. Comprimem-se quase imediata-mente, quando aplicadas cargas sobre suas superfícies
06. São muito compressíveis	06. São muito menos compressíveis que as argilas

Fonte: Senço, 1997, p. 64

Essa tabela é útil pois resume de forma rápida e direta as principais características das frações, vale a pena explorá-la mais.

(Pref. Cuitegi/PB-2019-CPCON) De acordo com o DNIT é considerado pedregulho solo com diâmetro, em mm, acima de:

a) 9,50.

b) 4,80.

c) 2,00.

d) 0,42.

e) 0,075.

Gabarito:

Alternativa (c)

Justificativa

Conforme a **Tabela 03**, DNER (DNIT) determina que pedregulho é o grão maior que 2,00mm.

(Pref. Tibagi/PR-2019-UNESPAR) Textura é o tamanho relativo dos grãos que constituem a fase sólida dos solos. Sua medida é chamada granulometria. A textura de um solo pode ser avaliada de forma grosseira pelo tato. A respeito dessa afirmativa, assinale a alternativa CORRETA:

(a) Pedregulhos têm diâmetros máximos entre 2,0 mm e 60 mm e podem ser identificados visualmente. Sua forma e compacidade são importantes do ponto de vista de sua utilização. Outras partículas "macro" como as de mica (ou malacacheta) têm forma de lâminas delgadas e flexíveis, com brilho característico.

(b) Areias (diâmetro dos grãos menores que 0,06 mm) dão ao tato uma sensação de aspereza. Apenas seus maiores grãos são visíveis a olho nu. A audição pode auxiliar a identificação: as areias, quando esfregadas, produzem um rangido característico.

(c) Argilas (diâmetro dos grãos maiores que 0,002 mm) molhadas escorregam como sabão. Ao secar, tendem a formar torrões de difícil desagregação.

(d) O tamanho dos grãos de silte (diâmetro maior que 0,2 mm) os torna visíveis ao olho nu, como as argilas.

Gabarito:

Alternativa (a)

Pela ABNT, pedregulho possui dimensão entre 60mm e 2mm.

Justificativa:

Alternativa (b): pela ABNT, a areia possui dimensão menor que 2 mm;

Alternativa (c): pela ABNT, a argila possui dimensão menor que 0,002 mm;

Alternativa (d): pela ABNT, o silte possui dimensão maior que 0,002 mm;

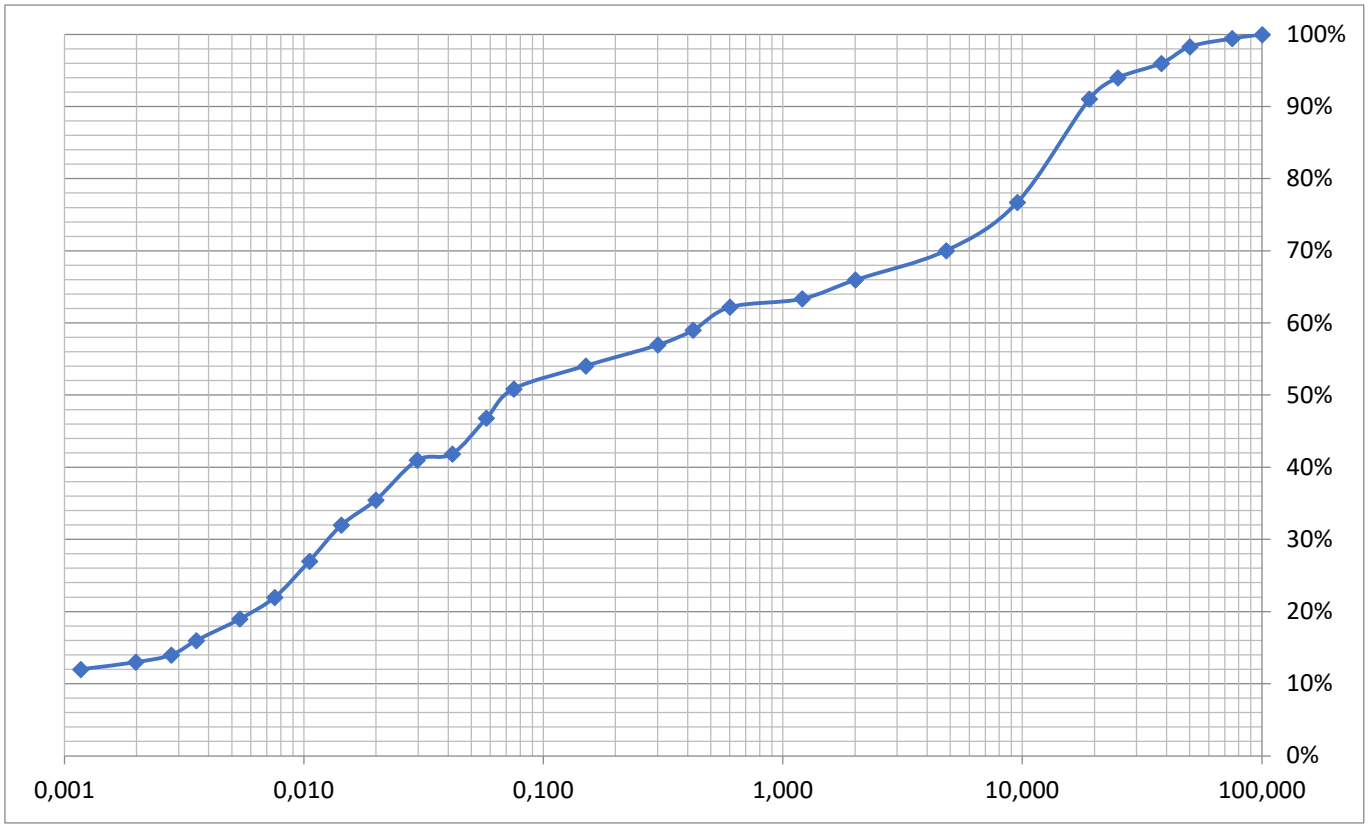
Após os ensaios de peneiramento e sedimentação, os resultados são tabulados de forma a informar a porcentagem que passa em cada peneira (ensaio de peneiramento) ou menor que determinado diâmetro (ensaio de sedimentação), conforme a **Tabela 06** e lançado em **gráfico** na qual o **eixo horizontal** (**escala logarítmica**) refere-se ao tamanho do grão e o **eixo vertical** mostra **porcentagem que passa** (**Gráfico 02**).

Tabela 06 - Exemplo de análise granulométrica

Ensaio	Diâmetro (mm)	Porcentagem que passa
Peneiramento	100	100%
	75,0	99%
	50,0	98%
	38,0	96%
	25,0	94%
	19,0	90%
	9,50	77%
	4,80	70%
	2,00	66%
	1,20	63%
	0,600	62%
	0,420	59%
	0,250	57%
	0,150	54%
	0,075	51%
Sedimentação	0,058	47%
	0,042	42%
	0,030	41%
	0,200	35%
	0,014	32%
	0,011	27%
	0,008	22%
	0,005	19%
	0,004	16%
	0,003	14%
	0,002	13%
	0,001	12%

Fonte: Próprio autor

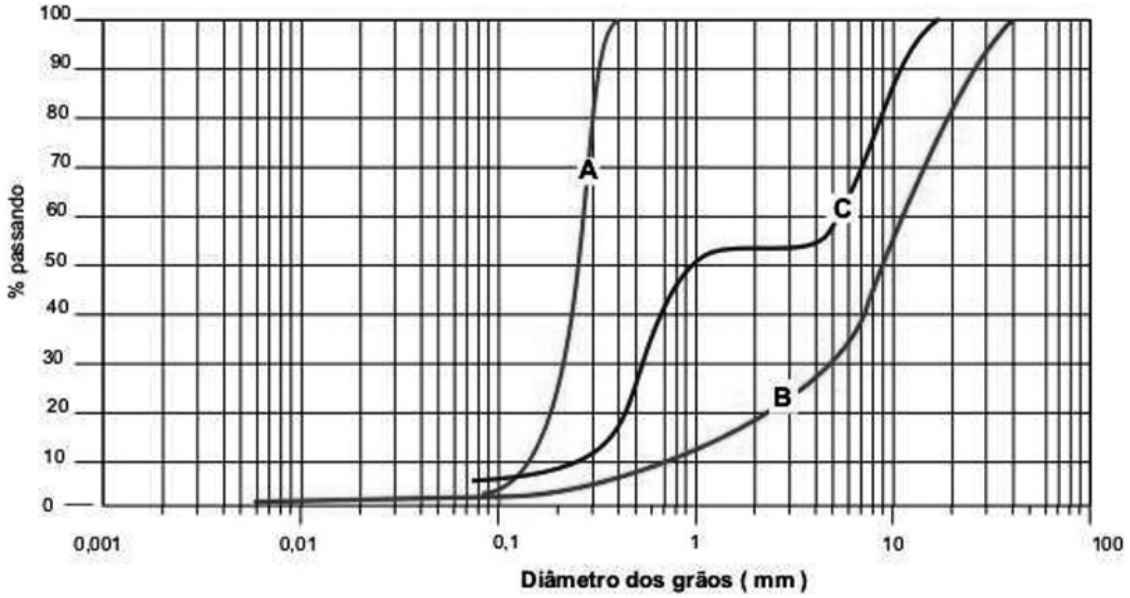
Gráfico 02 - Curva granulométrica



Fonte: Próprio autor

Conforme as características da curva granulométrica, é possível inferir determinados comportamentos esperados para o material. Vamos ver na **Gráfico 03** alguns tipos de curvas granulométricas dos solos:

Gráfico 03 - Diferentes tipos de curvas granulométricas



Fonte: https://www.suportesolos.com.br/blog/analise-granulometrica-do-solo-ensaios-geotecnicos-a-curva-e-os-tipos-de-analise/72/

- **Solo A**: os grãos possuem **dimensões semelhantes**, demonstrado pela verticalidade na curva, sendo denominado **solos uniformes**;
- **Solo B**: há distribuição dos grãos em **diversos tamanhos**, sendo considerado como solo **bem graduado**; e
- **Solo C**: apresenta **ausência de grãos** em determinadas dimensões, como mostra a parte horizontal da curva, sendo denominado **solo mal graduado**.

São indicadores da granulometria do material:

- **Diâmetro máximo**: diâmetro correspondente à passagem de 90% do material, ou retenção de 10%. Alguns órgãos podem considerar a retenção de 5%.
- **Coeficiente de Uniformidade (u)**: é a relação entre o diâmetro tal que 60% do solo, em peso, têm diâmetros menores que ele (mm) e o diâmetro tal que 10% do solo, em peso, têm diâmetros menores que ele (mm), e expressa quão próximos os diâmetros dos grãos se apresentam. Sendo u< 5, solo uniformes, 5≤u≤15, solo medianamente graduados e u>15, solo desuniformes:

$$u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

- **Coeficiente de Curvatura (CC)**: relaciona a curva granulométrica, entre diâmetro tal que 30% do solo, em peso, têm diâmetros menores que ele (mm), diâmetro tal que 60% do solo, em peso, têm diâmetros menores que ele (mm) e o diâmetro tal que 10% do solo, em peso, têm diâmetros menores que ele (mm), sendo dividido em bem graduado (1≤CC≤3) e mal graduado (CC>3).

$$CC = \frac{d_{30}^2}{d_{60} \times d_{10}}$$

- **Módulo de Finura (MF)**: Um dos índices que servem para classificar agregados em função de sua granulometria, a saber: a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras de série normal (75mm; 37,5mm; 19mm; 9,5mm; 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 0,600mm; 0,300m; 0,150mm) dividida por cem.

(Pref. Jatu/RO-2019-IBADE) Para uma amostra de 10000 g de agregado graúdo foi realizado o ensaio de granulometria, obtendo-se os resultados da tabela a seguir:

Peneiras (mm)	% retida acumulada, em massa
75	0
63	0
50	0
37,5	0
31,5	5
25	15
19	65
12,5	95
9,5	98
6,3	98
4,75	98
2,36	98
1,18	98
0,6	98
0,3	98
0,15	98
Fundo 100	100
Total 100	100

O módulo de finura desse agregado é:

(a) 1,12

(b) 3,25

(c) 5,38

(d) 7,51

(e) 9,64

Gabarito:

Alternativa (d)

Resolução:

As linhas destacadas são as peneiras da série normal. O Módulo de Finura (MF) corresponde a soma de todos os pesos retidos acumulados dividido por 100.

$$MF = \frac{0 + 0 + 65 + 98 + 98 + 98 + 98 + 98 + 98 + 98}{100} = \frac{751}{100} = 7{,}51$$

(Pref. Nova Laranjeiras/PR-2019-FAU/Unicentro) A grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% (cinco por cento) em massa é chamada de:

a) Fator máximo característico.

b) Dimensão média de cálculo.

c) Dimensão máxima característica.

d) Coeficiente de retenção.

e) Módulo de abrasão.

Gabarito:

Alternativa (c)

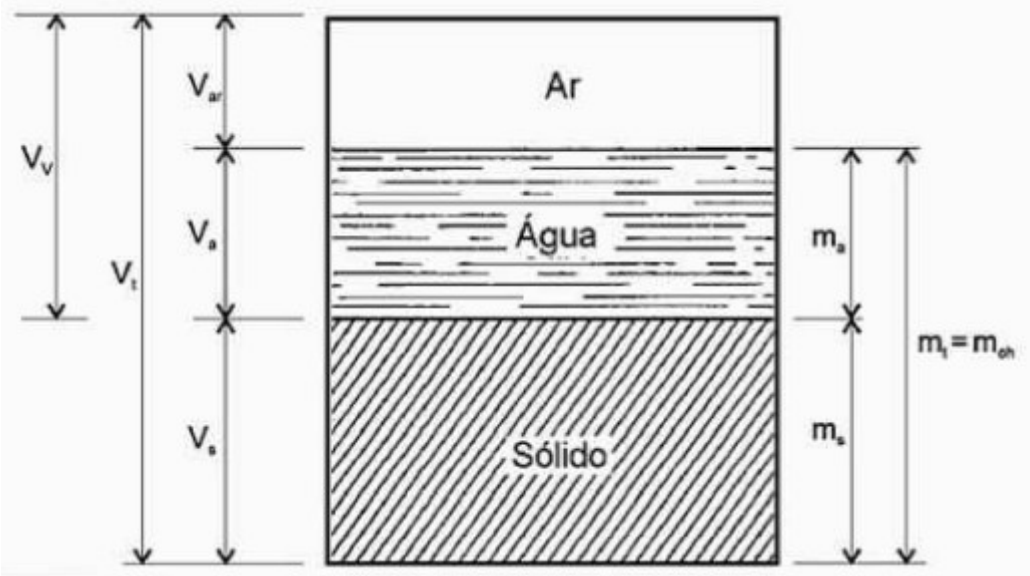
Justificativa:

Conforme Glossário (DNER, 1997), a Dimensão Máxima Característica é a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura da malha quadrada, em mm, à qual corresponde uma porcentagem retida igual ou imediatamente inferior a 5%, em massa.

3.3.3 - Índices físicos

Considerando uma amostra de solo, composta pelas fases sólida e líquida, com seus respectivos volumes e pesos, e volume do ar, ou fase gasosa, os **índices físicos relacionam as fases do sistema**, conforme vemos na **Figura 17**, que é essencial para compreender e fixar os conceitos:

Figura 17 - Fases de um solo - isoladas



Fonte: Senço, 1997, p. 64

Onde:

- m_t = massa total (solo úmido): $m_{oh} = m_s + m_a$
- m_a = massa de água contida no solo
- m_s = massa de sólido (solo seco)
- V_t = volume total
- V_s = volume de sólido
- V_a = volume de água
- V_{ar} = volume de ar
- V_v = volume de vazios: $V_v = V_a + V_{ar}$
- V_t = volume total: $V_t = V_s + V_a + V_{ar}$

Teor de umidade (h)

Teor de umidade é a relação entre a massa de água e a massa de solo. É um importante índice para determinação de outras propriedade do solo como a compactação e os índices de consistência.

$$h = \frac{m_a}{m_s} \times 100\%$$

Massa específica real (D)

Massa específica real é uma característica dos grãos do solo, sendo a relação da massa e o volume do grão.

$$D = \frac{m_s}{V_s}$$

Massa específica aparente do solo úmido (γh)

Massa específica aparente do solo úmido é a relação entre a massa total, ou seja, a massa sólida mais a massa líquida, e o volume total do solo.

$$\gamma_h = \frac{m_t}{V_t} = \frac{m_s + m_a}{V_t}$$

Quando o solo se encontra saturado, ou seja, a água ocupa todos os vazios, o índice passa a ser denominado massa específica aparente do solo saturado (γ_{sat}).

Massa específica aparente do solo seco (γs)

Outro índice que pode ser calculado é massa específica aparente do solo seco, que é a relação entra a massa do solo seco e a volume total.

$$\gamma_s = \frac{m_s}{V_t} = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{h}{100}}$$

Cuidado com a nomenclatura das massas específicas, vale a pena revisar o conteúdo.

(DEPASA-2019-IBADE) O peso específico de um solo úmido é 18 kN/m3 (estado natural). Após adicionarem-se 75 litros de água por metro cúbico a esse solo, sua umidade foi aferida em 25%. Considerando-se o peso específico da água igual a 10 kN/m3, a umidade desse solo em seu estado natural era de:

(a) 16%.

(b) 18%.

(c) 20%.

(d) 22%.

(e) 24%

Gabarito:

Alternativa (c)

Resolução:

Vamos lembrar que o peso específico é igual a massa multiplicada pela aceleração da gravidade. Como já foi informado que o peso específico da água é igual a 10 kN/m^3, podemos inferir que a aceleração da gravidade é igual 10 m/s^2.

Considerando que 1m^3 equivale a 1000 litros, portanto 75 litros equivalem a 0,075 m^3. O peso específico de 75 litros igual a 0,075 m^3 x 10 kN/m^3 = 750 N.

Vamos calcular a relação entre a peso da água e o peso do solo seco, considerando que houve o acréscimo de 750 N de água ao peso original da água (m'$_a$) levando a umidade do solo a 25%:

(Vamos utilizar as mesmas fórmulas, com os mesmos índices, por questão de praticidade, mas cuidado que nessa questão estamos trabalhando com peso).

$$h = \frac{m_a}{m_s} \times 100\% => 25\% = \frac{m'_a + 750N}{m_s} \times 100\% => \frac{m'_a + 750N}{m_s} = 0{,}25 =>$$

$$m'_a + 750N = 0{,}25 m_s => m_s = 4m'_a + 3000N \quad (1)$$

A partir dessa relação, determinaremos o peso da água em um metro cúbico do solo úmido, considerando que a peso total (peso de sólido mais o peso de água) é 18 kN/m³:

$$\gamma_h = \frac{m_s + m_a}{V_t} => \frac{18000\ N}{m^3} = \frac{m_s + m'_a}{m^3} => m_s + m'_a = 18000N =>$$

Utilizando a equação (1)

$$4m'_a + 3000N + m'_a = 18000N => 5m'_a = 15000N => m'_a = 3000N$$

Portanto o peso original da água (m'a) é 3000N.

Agora determinaremos o peso do solo seco utilizando a equação (1).

$$m_s = 4m'_a + 3000N => m_s = 4 \times 3000N + 3000N => \ m_s = 18000N$$

$$h = \frac{m_a}{m_s} \times 100\% = \frac{3000}{18000} \times 100\% = 20\%$$

Teor de umidade original igual a 20%, portanto alternativa c)

Grau de Saturação (G)

É a relação entre volume de água e o volume de vazios (G):

$$G = \frac{V_a}{V_V}$$

Pode ser dado em porcentagem: G(%)

$$G(\%) = \frac{V_a}{V_V} \times 100\%$$

Índice de Vazios (ξ)

É a relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos do solo.

$$\xi = \frac{V_V}{V_S}$$

Porosidade (n)

É a relação entre o volume de vazios e o volume total do solo.

$$\mathrm{n} = \frac{V_V}{V_T}$$

Grau de Compacidade (DC)

Aqui estamos falando de um tipo específico de material, no caso solo arenoso, sendo o Grau de Compacidade o estado de compactação de um solo arenoso, em relação ao índice de vazios máximo possível (ξmax), quando o material está mais solto, ou menos compacto, e o estado mais compacto possível, com o menor índice de vazios possível (ξmin).

$$D_C = \frac{\xi_{max} - \xi}{\xi_{max} - \xi_{min}}$$

Vamos fixar os conceitos vistos com uma questão do Instituto IDCAP.

(CONSED/GO-2019-IDCAP) Com base na mecânica dos solos, mais precisamente dos índices físicos do solo, assinale a alternativa que define corretamente "índice de vazios":

a) Relação entre o volume de vazios (Vv) e o volume total (Vt).

b) Relação entre a massa de água e a massa de sólidos.

c) Relação entre o volume de vazios (Vv) e o volume das partículas sólidas (Vs).

d) Relação entre o volume de água e o volume de vazios.

e) Relação entre o peso/massa total e o volume total (Vt).

Gabarito:

Alternativa (c)

Justificativa:

Índice de Vazios (ξ) é a relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos do solo.

$$\xi = \frac{V_V}{V_S}$$

Equivalente de Areia

Conforme a DNER, atual DNIT, o Método de Ensaio DNER-ME 054/97 define Equivalente de Areia como "relação volumétrica que corresponde à razão entre a altura do nível superior da areia e a altura do nível superior da suspensão argilosa de uma determinada quantidade de solo ou de agregado miúdo, numa proveta", ou seja, determinar a quantidade de argila em determinada amostra de agregados.

3.3.4 - Índices de Consistência

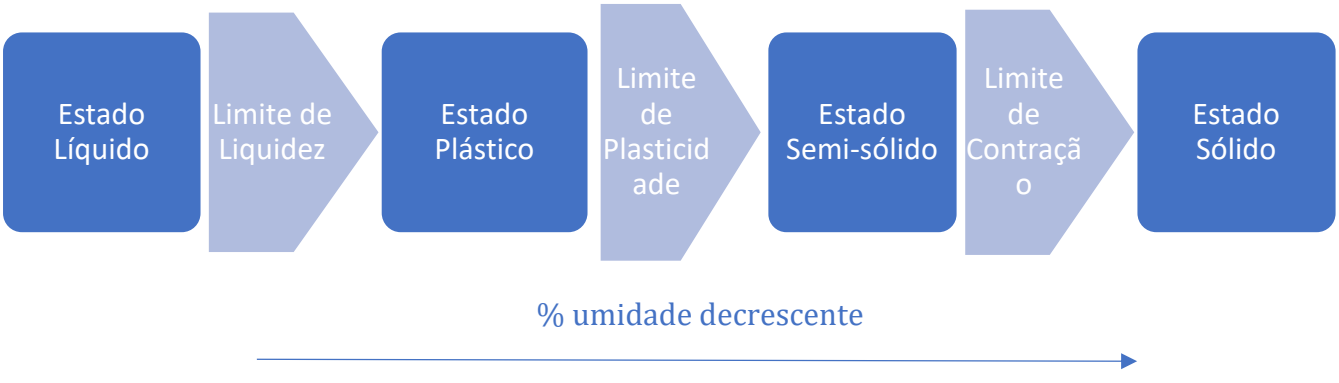
Dentro do conhecimento de solos que os concursos pedem, destacam-se os índices de consistência, que diz respeito aos estados dos solos finos (siltes e argilas). As propriedades do solo variam em função do teor de umidade. Foram definidos 4 estados:

- **Estado Líquido**: o material não apresenta resistência ao cisalhamento, ou seja, não apresenta forma definida;
- **Estado Plástico**: o material pode ser moldado, com volume definido e sem apresentar fissuras;
- **Estado Semi-sólido**: o material apresenta aparência sólida, porém apresenta variação de volume e apresenta fissuras com a diminuição de umidade; e
- **Estado Sólido**: o material encontra-se sólido e não apresenta variação de volume com a diminuição de umidade.

A passagem de um estado para outro é definido pelos limites, também conhecidos como limites de Atterberg, apresentados a seguir:

- **Limite de Liquidez (LL)**: é o teor de umidade que corresponde a transição entre os estados líquido e plástico;
- **Limite de Plasticidade (LP)**: é o teor de umidade que corresponde a transição os estados plástico e semi-sólido; e
- **Limite de Contração (LC)**: é o teor de umidade que corresponde a transição os estados semi-sólido e sólido.

Figura 18 - Índices de Consistência



Fonte: Próprio autor

Outro índice que deve se atentar é o **Índice de Plasticidade (IP)**, que é a diferença entre o Limite de Liquidez e o Limite de Plasticidade, e é um importante parâmetro para caracterização do solo a ser utilizado na terraplenagem e pavimentação.

$$IP\ (\%) = LL(\%) - LP(\%)$$

Se o IP de um solo é **alto** significa que o material pode receber água, com consequente **aumento de volume**, sem passar para o estado líquido. Na prática, um aterro com material **altamente plástico** pode sofrer **recalque elevado**, não sendo recomendado para tal. Caso contrário, solo com baixo de valor de IP, ou seja, valores de LL e LP numericamente próximos, não apresentam essa restrição.

(Pref. Jaru/RO-2019-IBADE) O teor de umidade de um solo argiloso, correspondente ao estado de consistência limite entre os estados plástico e semi-sólido é denominado limite de:

(a) plasticidade.

(b) contração.

(c) liquidez.

(d) consistência.

(e) dureza.

Gabarito:

Alternativa (a)

Justificativa:

Conforme vimos: Limite de Plasticidade (LP) é o teor de umidade que corresponde a transição entre os estados plástico e semi-sólido.

O próximo assunto costuma ser cobrado nos concursos pois é um dos conhecimentos básicos em obras rodoviárias e mecânica de solos em geral.

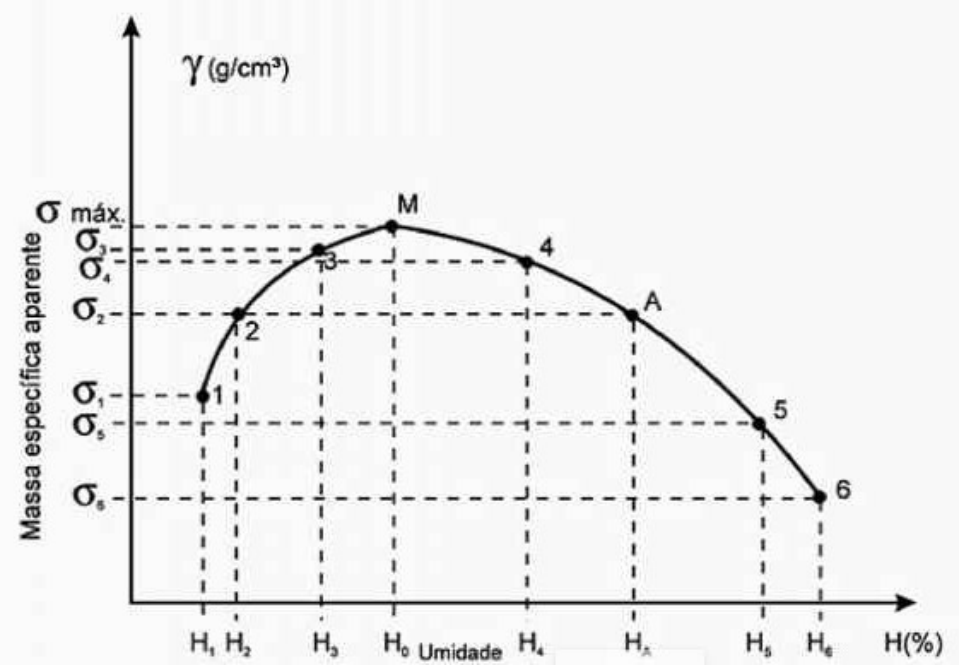
3.3.5 - Compactação de solos

Um dos assuntos mais abordados em concursos é a compactação de solos. O **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários (DNER, 1997)**, define **compactação como: operação, por processos manuais ou mecânicos, destinada a reduzir o volume dos vazios de um solo ou outro material, com a finalidade de aumentar-lhe a massa específica, resistência e estabilidade**.

Maior massa específica significa maior quantidade de partículas sólidas, o que resiste aos esforços mecânicos, e também, maior impermeabilização do material, aumentando a estabilidade.

O ensaio de compactação ou **ensaio de Proctor** consiste na colocação de material (solo ou agregado) em cilindro padronizado, e compactar através de um soquete padronizado. O material deve ser compactado a **teores de umidade diferentes** (geralmente 5 valores) e traçar uma curva de compactação, como mostrado a seguir:

Figura 19: Curva de umidade x densidade



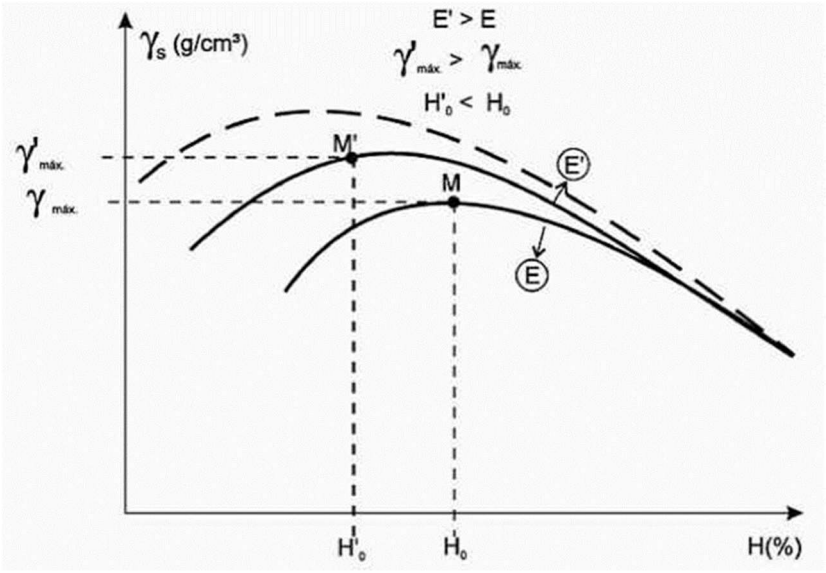
Fonte: Senço, 1997, p. 133

Nessa curva, podemos observar que a **massa específica aparente seca** do solo (eixo vertical) aumenta com acréscimo do teor de umidade (eixo horizontal) até chegar a um **valor máximo**, que corresponde ao **teor de umidade ótimo**. A partir desse ponto, a massa específica diminui, pois a água acrescida substitui os grãos da amostra.

O ensaio de compactação pode ser feito com **3 energias diferentes**: **Normal**, **Intermediário** e **Modificado**, que correspondem às variações das dimensões dos cilindros, do número de camadas de amostra no cilindro, do peso do soquete e número de golpes aplicados pelo soquete na amostra.

Essas energias diferentes correspondem a diferentes massas específicas e umidades ótimas conforme a **Figura 20**. Na prática, significa que, quanto **maior energia aplicada** (E'), **maior** será a **massa específica do material** (γ'), com **menor valor de teor de umidade** (H'_0). Essa variação de energia corresponde aos processos de compactação, que evoluíram ao longo do tempo.

Figura 20: Curvas umidade x densidade para energias de compactação diferentes



Fonte: Senço, 1997, p. 134

HORA DE PRATICAR!

(Pref. São Miguel do Guamá/PA-2019-CETAP) Assinale a alternativa correta:

a) Para um mesmo solo, quanto menor for a energia de compactação maior será a massa específica aparente seca e maior será a umidade ótima.

b) Para um mesmo solo, quanto menor for a energia de compactação, maior será a massa específica aparento seca e menor será a umidade ótima.

c) Para um mesmo solo, quanto menor for a energia de compactação, menor será a massa específica aparente seca e menor será a umidade ótima.

d) Para um mesmo solo, quanto menor for a energia de compactação, menor será a massa específica aparente seca e maior será a umidade ótima.

Gabarito:

Alternativa (d)

Justificativa:

Conforme vimos, quanto maior a energia de compactação, maior será a massa específica e menor será a umidade ótima, portanto quanto menor a energia, menor a massa específica e maior será a umidade ótima.

3.4 - Classificação de solos

Conforme a finalidade de utilização dos solos, estes podem ser classificados de diversas formas. Anteriormente, vimos diversas características e índices do solo e agora vamos conhecer as diversas formas de classificação de solo a partir desses conhecimentos anteriormente adquiridos.

3.4.1 - Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS)

Uma das formas mais utilizadas para classificação de solo, baseia-se na **avaliação da granulometria** e na **plasticidade do solo**.

Os diferentes tipos de solos são identificados por duas letras, a partir da **Tabela 07**:

Tabela 07: Símbolos do Sistema Unificado de Classificação de Solos

Símbolo	Identificação	
	Inglês	Português
G	gravel	pedregulho
S	sand	areia
M	mo (sueco)	silte
C	clay	argila
W	well graded	bem graduado
P	poorly graded	mal graduado
O	organic	orgânico
H	high compressibility	alta compressibilidade
L	low compressibility	baixa compressibilidade
P_t	peat	turfa

Fonte: Senço, 1997, p. 195

Inicialmente, classifica-se o solo em função de sua **granulometria**:

- Solos grossos (pedregulho e areia): >50% retido na peneira # 200 (0,075mm);
- Solos finos (silte e argila): >50% passante na peneira # 200 (0,075mm)
- Solos orgânicos ou turfosos: presença de material orgânico ou turfa

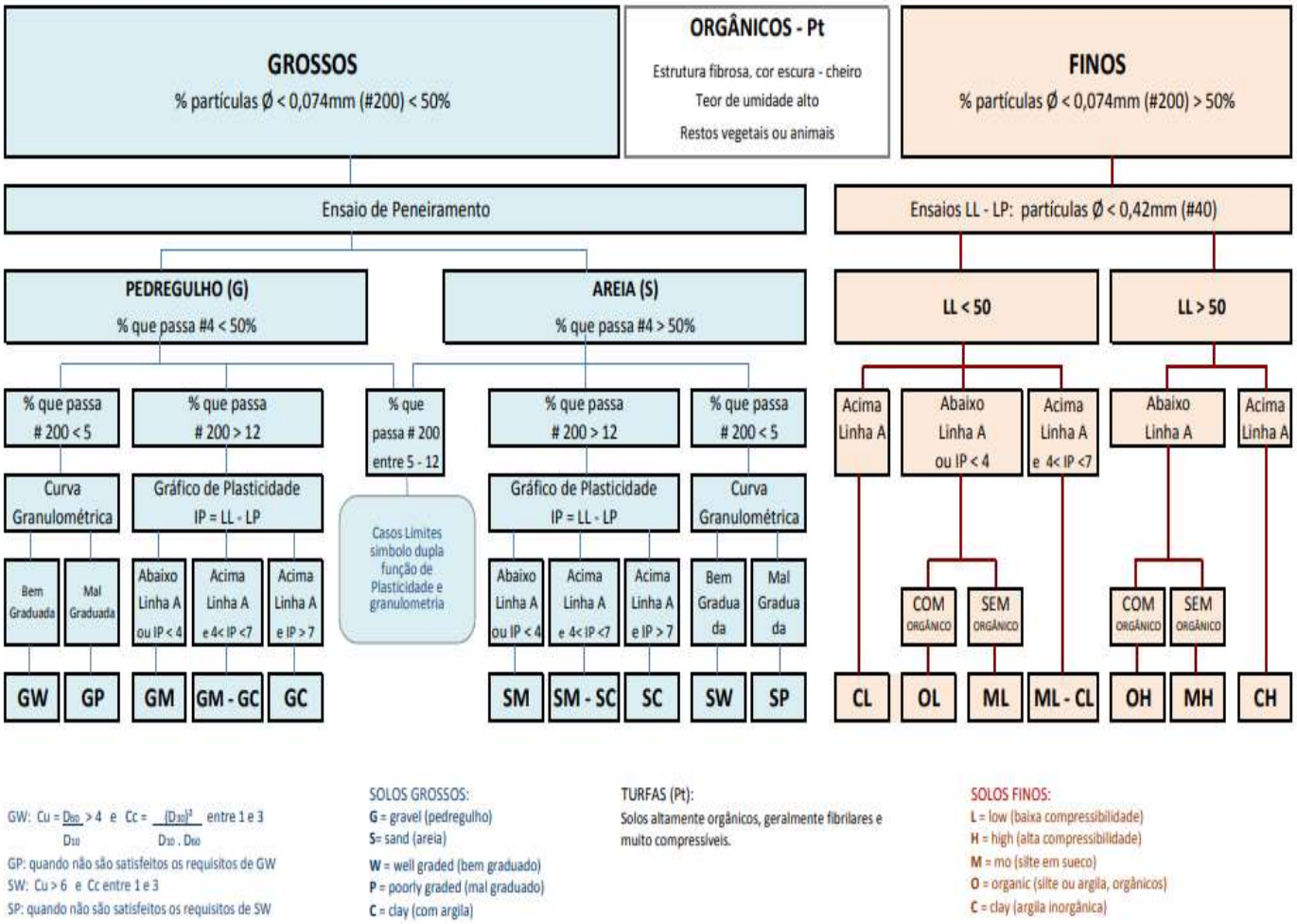
Também é avaliada a **curva granulométrica** dos solos, em função da Coeficiente de Uniformidade e Coeficiente de Curvatura:

- Solos bem graduados
- Solos mal graduados

São avaliados **Limites de Liquidez** e **Índice de Plasticidade** através da Carta de Casagrande (**Figura 22**) para avaliação dos solos finos.

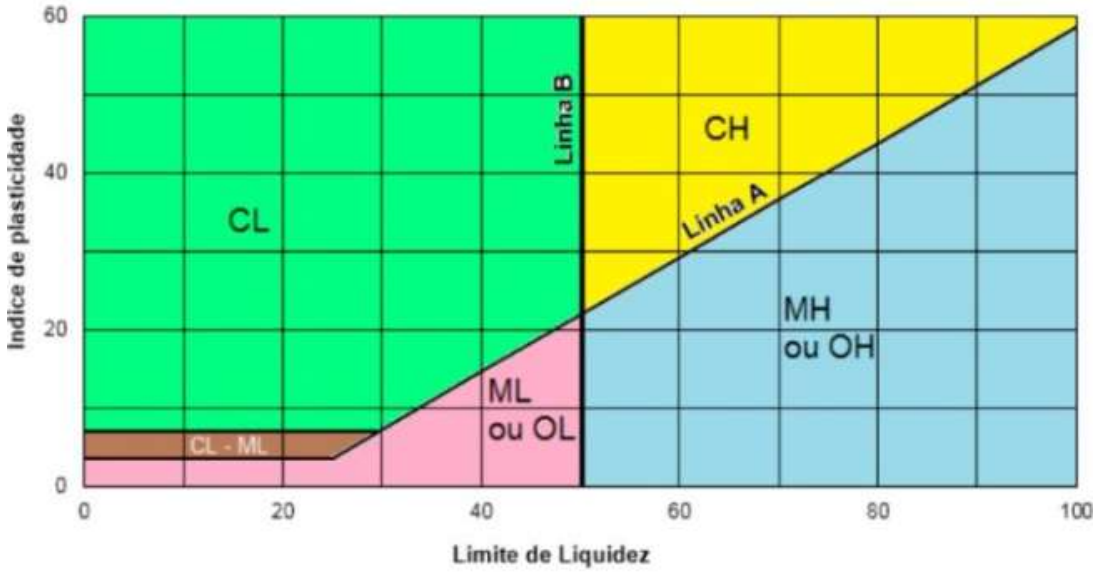
O processo pode ser mais bem visualizado com auxílio do fluxograma a seguir (**Figura 21**).

Figura 21 – Fluxograma de classificação de solos – SUCS



Fonte: http://www.cct.udesc.br/arquivos/id_submenu/1470/classificacao_sucs_2017.pdf

Figura 22 – Carta Casagrande



Fonte: https://www.guiadaengenharia.com/classificacao-solos/

(IMBEL-2021-FGV) O sistema unificado de classificação dos solos denomina como solos finos aqueles que possuem mais de 50% do material passando na peneira #200. De acordo com essa classificação, são classificados como solos finos:

(a) a argila, somente

(b) a argila e o silte, somente

(c) a argila, o silte e a areia, somente

(d) a argila, o silte, a areia e o pedregulho, somente

(e) a argila, o silte, a areia, o pedregulho e a pedra.

Gabarito

Alternativa (b)

Justificativa

Conforme vimos no primeiro item, são considerados solos finos (argila e silte) aqueles que possuem mais de 50% do material passando pela peneira # 200 (0,075mm).

3.4.2 - Sistema de classificação da Highway Research Board (H.R.B.)

Por muitos anos, foi o método mais utilizado para classificação de solos no meio rodoviário, sendo algumas classificações de solo como A-2-4 sinônimo de material bom para uso na pavimentação.

Também utiliza os **ensaios de granulometria**, **Limite de Liquidez** e **Limite de Plasticidade**.

Conforme a própria orientação que consta na **Tabela 08**, o processo de classificação **começa pelo grupo à esquerda**, caminhado para o grupo à sua direita. A **primeira coluna** que satisfizer as condições é a **classificação do material**. A classificação pode ser vista na **Tabela 08**:

Tabela 08 – Classificação de Solos da Highway Research Board (H.R.B.)

Classificação geral	Materiais granulares (p) (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (p) (mais de 35% passando na peneira de nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Peneiração: % que passa:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
Nº 200 (p)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40:											
Limite de Liquidez-LL - (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade IP - (%)	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 min.
Índice de Grupo (IG)	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia siltosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

• Processo de classificação: Com os dados de laboratório, iniciar a classificação da esquerda para a direita, por eliminação. O primeiro grupo da esquerda que satisfizer os dados será o grupo procurado.
• Solos A-7: Se IP ≤ LL - 30 será A-7-5; Se IP > LL-30, será A-7-6.

Fonte: Senço, 1997, p. 206

Adicionalmente, pode-se determinar o **Índice de Grupo do Solo (IG)** que determina a capacidade de suporte do material, variando entre **0 para solos ótimos** e **20 para solos péssimos**.

$$IG = 0{,}2 \times a + 0{,}005 \times a \times c + 0{,}01 \times b \times d$$

Sendo

- a = porcentagem do solo que passa pela peneira nº 200 subtraído 35%.

  a = P_{P200} – 35%, variando entre 0 e 40

  Se o valor de "a" for negativo adota-se zero, e se for superior 40, adota-se este valor como limite máximo.

- b = porcentagem do solo que passa pela peneira nº 200 subtraído 15%.

  b = P_{P200} – 15%, variando entre 0 e 40

  Se o valor de "b" for negativo adota-se zero, e se for superior 40, adota-se este valor como limite máximo

- c = valor do Limite de Liquidez (LL) subtraído 40%

  c = LL – 40%, variando entre 0 e 20

  Se o valor de "c" for negativo adota-se zero, e se for superior 20, adota-se este valor como limite máximo

- d = valor do índice de Plasticidade (IP) subtraído 10%

  c = IP – 10%, variando entre 0 e 20

Se o valor de "d" for negativo adota-se zero, e se for superior 20, adota-se este valor como limite máximo

Em caso do **IG for diferente de um número inteiro**, arredonda para o **inteiro superior**.

(PEFOCE-2021-IDECAN) O Sistema de Classificação H.R.B. (Highway Research Board) é largamente utilizado para projetos de engenharia de estradas. Nele, os solos são classificados em grupos e subgrupos a partir dos seus parâmetros granulométricos e de consistência.

Com base na Classificação H.R.B., determina-se o Índice de Grupo do Solo, que é um parâmetro de grande importância para o dimensionamento de pavimentos de estrada. O índice de grupo é um número inteiro positivo que varia de 0 a 20, indicando, assim, a capacidade de suporte do solo, que varia de péssimo a ótimo, e é dado pela expressão:

$$\boldsymbol{IG = A \cdot (0,2 + 0,005 \cdot B) + 0,01 \cdot C \cdot D}$$

onde:

$A = P200 - 35\ (com\ 0 < A < 40)$

$B = LL - 40\ (com\ 0 < B < 20)$

$C = P200 - 15\ (com\ 0 < C < 40)$

$D = IP - 10\ (com\ 0 < D < 20)$

IG – o resultado final obtido deve ser um número inteiro – aproximação para o número inteiro acima.

Assim, para um solo em que 50% do material passe na peneira 200, o limite de liquidez seja igual a 45% e o índice de plasticidade igual a 25%, o Índice de Grupo será igual a

a) 9.

b) 8.

c) 7.

d) 6.

e) 5.

Gabarito:

Alternativa (a)

Resolução:

Note que a Equação fornecida é ligeiramente diferente da equação do material, mas as variáveis são as mesmas e o resultado não se altera.

$A = P_{200} - 35 = 50 - 35 = 15\ (0 < A < 40)$

$B = LL - 40 = 45 - 40 = 5$ $(0 < B < 20)$

$C = P_{200} - 15 = 50 - 15 = 35$ $(0 < C < 40)$

$D = IP - 10 = 25 - 10 = 15$ $(0 < D < 20)$

$\boldsymbol{IG = A \cdot (0,2 + 0,005 \cdot B) + 0,01 \cdot C \cdot D} = 15 \cdot (0{,}2+0{,}005 \cdot 5) + 0{,}01 \cdot 35 \cdot 15 = 8{,}625$

arredondando para inteiro superior => IG = 9.

3.4.3 - California Bearing Ratio (CBR) ou Índice de Suporte de California (ISC)

O **CBR** ou **ISC** é o **parâmetro mais utilizado** para caracterização de material para uso na pavimentação. Conforme DNER (1997) é a **relação**, em **percentagem**, entre a **pressão** obtida na penetração de um pistão padronizado, à velocidade, de 0,05 pol/min, em um **corpo-de-prova** de solo preparado de modo padronizado e uma **pressão** tomada como **padrão**.

Por ser um ensaio padrão valioso na pavimentação, vamos discorrer um pouco sobre sua execução.

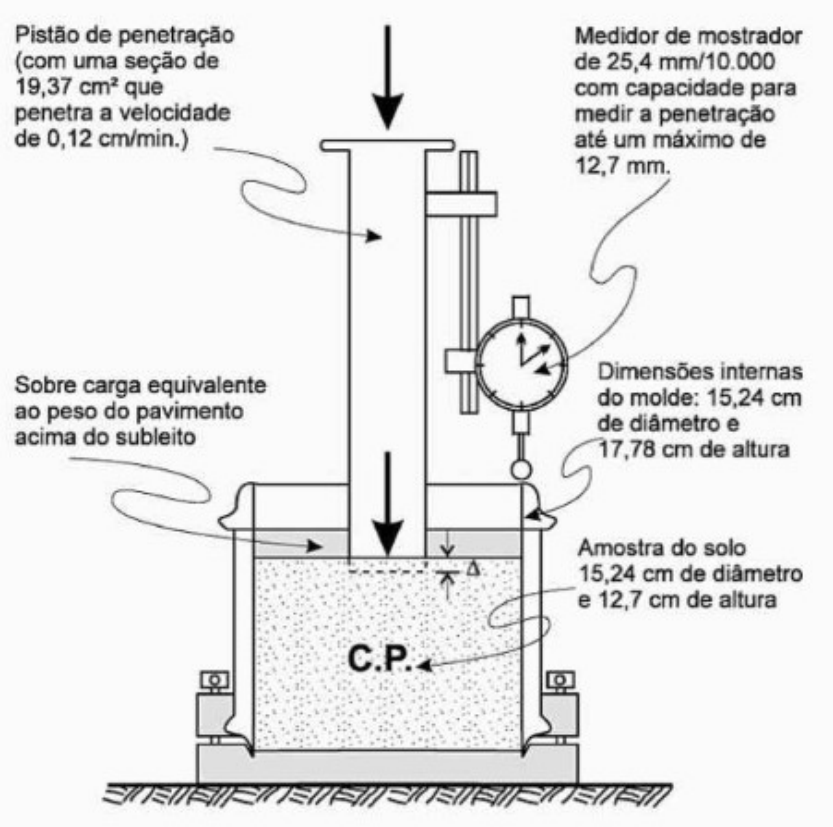
São moldados corpos de prova de acordo com o ensaio de compactação, conforme **umidade ótima** e variações, determinando as massas específicas aparentes correspondentes.

Os corpos de prova são **imersos em água** por 4 dias, com pesos específicos, simulando uma carga, sobre os corpos de prova, a cada 24 horas, é **medida a expansão** do corpo de prova

Ao final desse período, os corpos de prova são retirados d'água e é medida a expansão da amostra.

Após 15 minutos, a **amostra é ensaiada** no aparelho mostrado na **Figura 23**, sendo submetida **à penetração de um cilindro**, à velocidade constante, com a **leitura da pressão exercida** para atingir valores de penetração conhecida.

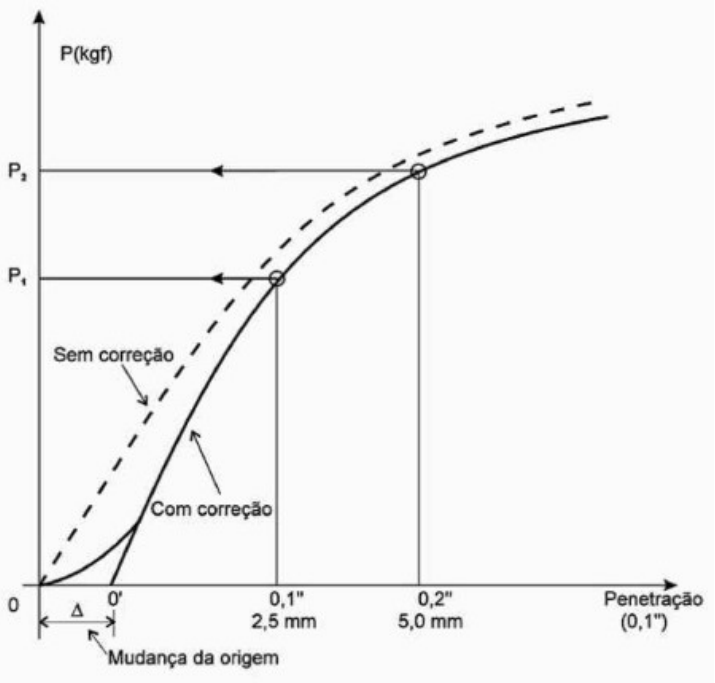
Figura 23 – Aparelho para o ensaio do CBR



Fonte, Senço, 1997, p. 222

Os resultados do ensaio são inseridos em um gráfico que relaciona a pressão exercida com a penetração conforme a **Figura 24**:

Figura 24 – Curva de ensaio CBR com correção



Fonte, Senço, 1997, p. 223

Eventualmente é necessário efetuar uma correção, pois a amostra sofre uma acomodação no início da penetração do cilindro, com valores baixos de pressão para à penetração correspondente. Após a correção, é feita a leitura da pressão correspondente aos valores de penetração definidos, tais como a **Tabela 09**:

Tabela 09 - Exemplo de resultado de Ensaio CBR de 2 amostras diferentes

Penetração	Carga	Ensaio 1			Ensaio 2		
	padrão	Carga (kgf)		CBR	Carga (kgf)		CBR
(mm)	(kgf)	Lida	Corrigida	(%)	Lida	Corrigida	(%)
0,63		322			20		
1,25		515			73		
2,50 (0,1")	1.350	745		54	295	500	37
5,00 (0,2")	2.050	958		47	729	844	41
7,50		1.078			948		
10,00		1.174			1.081		
12,50		1.221			1.178		

Obs.: Os resultados finais dos CBRs estão evidenciados nos círculos

Fonte, Senço, 1997, p. 225

Nesse caso, são apresentados os resultados de 2 ensaios, referentes a materiais diferentes. No Ensaio 1, a curva resultante não necessitou de correção, diferente do Ensaio 2, para qual foi a apresentada valores corrigidos.

O valor de **CBR** calculado é a relação percentual entre a **leitura feita no ensaio e o valor padronizado de uma amostra base para a penetração de 2,5mm (0,1") e 0,5mm (0,2")**. O valor de CBR adotado será o **maior valor** entre o CBR calculado para penetração de 2,5mm e 5,0mm.

No caso do Ensaio 1 o valor de CBR é 54% e no Ensaio 2, 41%.

(PARANACIDADE-2022-FAUEL) 39. Muito utilizado para projetos de pavimentos, o ensaio de CBR (California Bearing Ratio), ou ISC (Índice de Suporte Califórnia), consiste na avaliação da resistência do solo à penetração de um cilindro padronizado comparada com a resistência à penetração de uma brita padrão.

Segundo as normas que regem este ensaio (DNIT 172:2016 e ABNT NBR 9895:2016), o responsável pela execução, contratado pelo PARANACIDADE, deve realizar, na ordem, os seguintes procedimentos:

a) Compactação do corpo de prova e avaliação da resistência à penetração.

b) Compactação do corpo de prova, avaliação da expansão e avaliação da resistência à penetração.

c) Avaliação da expansão e avaliação da resistência à penetração.

d) Compactação do corpo de prova, avaliação da resistência à penetração e avaliação da expansão.

Gabarito:

Alternativa (b)

Justificativa:

Como vimos na descrição do ensaio, deve-se compactar a amostra de material conforme o teor de umidade ótima e suas variações, imergir o corpo de prova em água e medir a expansão da amostra e avaliar a resistência à penetração do cilindro.

3.4.4 - Metodologia MCT (Miniatura, Compacto e Tropical)

A metodologia **MCT (Miniatura, Compacto e Tropical)** originou-se dos estudos dos **solos tropicais** que, a despeito das classificações mais usadas indicavam que não seriam bons materiais para uso na pavimentação, na prática, apresentavam **bom desempenho**.

De forma simples, podemos dizer que os alguns **solos** situados em regiões de clima **tropical úmido** sofrem a **laterização**, ou seja, conforme DNER, 1997, endurecimento do material por perda de água dos hidróxidos, com consequente **ganho de resistência mecânica**, um efeito semelhante à cimentação dos grãos.

A metodologia MCT envolve uma série de ensaios com **corpos-de-prova de dimensões reduzidas** (5 cm de diâmetro por 5 cm de altura – daí o nome de miniatura), como os **ensaios de Proctor**, de **mini-CBR convencional** e com **penetrômetro** e de **MCV** (DNER-ME 258/94), que é uma espécie de ensaio de compactação, para determinar se o solo possui ou não comportamento laterítico, caracterizado pela alta capacidade de suporte e baixa expansibilidade quando comparado aos solos saprolíticos.

(Pref. Campos Novos/SC-2019-FEPESE) Analise as afirmativas abaixo, considerando as propriedades mecânicas e hídricas dos solos:

1. Os solos lateríticos apresentam perda de capacidade de suporte Mini-CBR relativamente pequena, quando comparados com a correspondente perda verificada nos solos saprolíticos, em imersão.

2. Os solos lateríticos apresentam pequena expansão, fato que se verifica mesmo para variedades com limite de liquidez relativamente elevada.

3. Os solos lateríticos são solos superficiais, típicos das partes com boas condições de drenagem das regiões tropicais úmidas, resultantes de uma transformação da parte superior do subsolo pela atuação do intemperismo.

Assinale a alternativa que indica todas as afirmativas corretas.

a) É correta apenas a afirmativa 2.

b) São corretas apenas as afirmativas 1 e 2.

c) São corretas apenas as afirmativas 1 e 3.

d) São corretas apenas as afirmativas 2 e 3.

e) São corretas as afirmativas 1, 2 e 3.

Gabarito:

Alternativa (e)

Justificativa:

Os solos lateríticos apresentam alta capacidade de suporte e baixa expansibilidade quando comparados aos solos saprolíticos, por conta da presença de material laterítico, resultante da ação do grande intemperismo do clima tropical úmido (calor e chuva abundantes) sobre o solo.

Com isso, encerramos a teoria pertinente à aula de hoje.

4 – Considerações Finais

Chegamos ao final da aula inaugural! Vimos uma pequena parte da matéria, entretanto, com dois assuntos relevantes para a compreensão da disciplina como um todo.

A pretensão desta aula é a de situar vocês dentro das Obras Rodoviárias, a fim de que não tenham dificuldades em assimilar os conteúdos relevantes que virão na sequência.

Além disso, procuramos demonstrar como será desenvolvido nosso trabalho ao longo do Curso.

Quaisquer dúvidas, sugestões ou críticas entrem em contato conosco. Estou disponível no fórum no Curso e por e-mail.

Aguardo vocês na próxima aula. Até lá!

Leonardo Hotta

E-mail: prof.leonardo.hotta@gmail.com

QUESTÕES COMENTADAS

1. **(SPGG/RS-2022-FUNDATEC) O primeiro passo de um projeto é a identificação da função da futura via. O nível de serviço adequado ao cumprimento dessa função, em face do volume e do tipo de tráfego a atender, serve de base para determinação da velocidade de projeto e características geométricas adequadas.**

Em relação ao exposto, analise as seguintes afirmativas.

I. As Vias Expressas Primárias constituem as vias de maior mobilidade do sistema e possuem características que tornam conveniente que sejam situadas em um nível funcional próprio, superior às demais. Por essa razão, devem sofrer o mínimo de interferência das outras vias. Suas conexões ser sempre em níveis diferentes e a velocidade diretriz deve ser a maior permitida em uma determinada região, utilizando maiores raios e menores rampas. Devem, também, prover os melhores níveis de serviço.

II. As Vias Arteriais devem atender a exigências decrescentes, em função da variação da mobilidade e acessibilidade. O tipo da via arterial está estreitamente ligado ao nível de serviço desejado. O principal objetivo de uma via arterial urbana é garantir mobilidade, atendendo, de forma limitada ou restrita, ao desenvolvimento local. Se não for viável reduzir o acesso local, deve-se optar por projetos especiais que incluam o manejo adequado dos acessos.

III. As Vias Coletoras devem atender, principalmente, a viagens mais curtas, tendo como principal função o acesso às propriedades. Não necessitam de grande mobilidade e elevados níveis de serviço.

IV. As Vias Locais atenderão a viagens mais curtas, no processo de conexão das vias arteriais com as Coletoras. Deverão prover um certo grau de mobilidade, mas sem deixar de atender às propriedades marginais. É de se esperar alguma redução nas velocidades e níveis de serviço.

Quais estão corretas?

a) Apenas I e II.

b) Apenas I, II e III.

c) Apenas I, III e IV.

d) Apenas II, III e IV.

e) I, II, III e IV.

Gabarito

Alternativa a)

Comentários:

A **afirmativa I está correta**, as vias expressas primárias são as "vias com controle total de acesso e todas as interseções em desnível, destinando-se a atender grandes fluxos de tráfego." ou seja, os cruzamentos se dão através de viadutos para permitir alto fluxo sem interrupção.

A **afirmativa II está correta**, as vias arteriais "atende às viagens com grau de mobilidade um pouco inferior ao do Sistema Arterial Principal e distribui o tráfego por áreas menores do que as atendidas pelo sistema principal." dessa forma, estas vias tem menor mobilidade e atende a regiões menores quando comparadas com as vias expressas primárias, restringindo o impacto da via.

Nas **afirmativas III** e **IV**, as definições de Vias Coletoras e Locais estão invertidas.

2. **(SPGG/RS-2022-FUNDATEC) O transporte, inserido no processo produtivo com destacada função na atividade meio, posiciona-se com relevância no contexto do desenvolvimento global do país, a par de constituir-se em grande indutor ao desenvolvimento socioeconômico e em fator de segurança e de integração político-administrativa. Em razão de sua abrangência espacial apresentar características axiais, tal efeito indutor ao desenvolvimento desenvolve-se predominantemente ao longo do eixo, contemplando os polos extremos e os polos intermediários e apresentando expansões transversais, em função da flexibilidade das vias contribuintes e das potencialidades das regiões então contempladas. Indo de encontro ao exposto, destaca-se que no Brasil existem basicamente quatro critérios para a classificação das rodovias, quais sejam:**

I. Quanto à sua administração ou jurisdição: federais, estaduais, municipais e particulares.
II. Quanto à sua classificação funcional: arteriais, coletoras e locais.
III. Quanto às suas características físicas: planas, onduladas e montanhosas.
IV. Quanto ao seu padrão técnico: não pavimentadas, pavimentadas, com pistas simples ou duplas.

Quais estão corretas?

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

Comentários

A **alternativa a** está correta e é o gabarito da questão.

A **afirmação I está correta**, pois a administração de uma rodovia diz respeito à responsabilidade governamental ou pode ser particular.

A **afirmação II está correta**, pois a classificação funcional determina o serviço a ser prestado pela via.

A **afirmação III está incorreta**, pois as características físicas de uma via referem-se à qualidade da via: não pavimentadas, pavimentadas, com pistas simples ou duplas.

A **afirmação IV está incorreta**, pois o padrão técnico da rodovia é determinado pela classe da rodovia: 0, I, II, III e IV.

3. **(Pref. Chapecó/SC-2019-Objetiva) Em relação à capacidade e ao nível de serviço de uma via, as sinalar a alternativa que preenche as lacunas abaixo CORRETAMENTE:**

O conceito de _____ possibilita a avaliação do grau de eficiência do serviço oferecido pela via, desde um volume de trânsito quase nulo até o seu volume máximo. Existem seis categorias designadas pelas seis primeiras letras do alfabeto. A categoria A corresponde à _____ condição de operação e, no outro extremo, a categoria F corresponde à condição de congestionamento _____.

a) nível de serviço - melhor - completo
b) capacidade - pior - completo
c) nível de serviço - pior - nulo
d) capacidade - melhor - nulo

Comentários

A **afirmação a está correta**, e é o gabarito da questão.

O nível de serviço reflete qualidade da viagem, em relação à presença de veículos na via. O nível de serviço A retrata a melhor condição de operação da via, com poucos veículos e pouca interferência de outros veículos enquanto o nível de serviço F corresponde ao pior nível, indicando que a via está completamente congestionada.

A capacidade da via depende das características físicas da via e da composição do tráfego.

4. **(Pref. Diamantina/MG-2019-COTEC/FADENOR) Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), as vias são classificadas a partir de suas características funcionais e físicas. Com base nessa classificação, analise as seguintes afirmativas:**

I - As vias de trânsito rápido são aquelas com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.

II - As vias locais são aquelas caracterizadas por interseções em nível, destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

III - As vias arteriais são aquelas caracterizadas por interseções em nível, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias coletoras e locais, e possuem velocidade máxima admitida de 60km/h.

IV - São cinco as classificações viárias: vias expressas, vias de trânsito rápido, vias arteriais, vias coletoras e vias locais.

V - As vias coletoras são aquelas destinadas a coletar e a distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias arteriais, possibilitando o trânsito entre diferentes regiões da cidade.

Está CORRETO o que se afirma em:

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

Comentários

A **afirmação a está correta**, e é o gabarito da questão

A **afirmação IV está incorreta**, pois o CTB define 4 tipos de vias: vias de trânsito rápido, vias arteriais, vias coletoras e vias locais.

A **afirmação V está incorreta**, pois o CTB define que as vias coletoras possibilitam o trânsito dentro das regiões da cidade.

5. **(Pref. Mandaguari/PR-2019-FAUEL) Selecione a alternativa que apresente a sequência CORRETA da hierarquia funcional das vias urbanas, das mais movimentadas para as menos movimentadas.**

a) Arterial – coletora - local.
b) Coletora – arterial - radial.
c) Arterial – local - coletora.
d) Arterial – coletora - radial.

Comentários

A **afirmação a) está correta**, e é o gabarito da questão

Conforme Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas:

- as vias arteriais servem os principais centros de atividade das áreas urbanas, os corredores de maior volume de tráfego e as viagens mais longas; transporta grande parte do tráfego urbano;
- as vias coletoras proporcionam continuidade ao nível das comunidades locais ou subdivisões urbanas, porém a baixas velocidades, distribuindo o tráfego das vias arteriais, através da área, até seus destinos finais; e
- as vias locais permitem o acesso das propriedades que lhe são adjacentes aos sistemas de ordem superior, oferecendo menor nível de mobilidade.

6. (Pref. Petrolina/PE-2019-UPENET/IAUPE) Assinale a alternativa que NÃO apresenta um exemplo de via urbana.

a) Via de trânsito rápido
b) Rodovia
c) Via coletora
d) Via local
e) Via expressa

Comentários

A **afirmação b não apresenta um exemplo de via urbana**, e é o gabarito da questão

Conforme CTB, a **rodovia é uma via rural pavimentada**.

7. (Pref. Balneário Camboriú/SC-2021-FEPESE) De acordo com a classificação das vias urbanas disposta nos manuais brasileiros de sinalização, é correto afirmar:

a) Vias arteriais não são controladas por semáforo.
b) As vias arteriais não apresentam interseções em nível.
c) As vias de trânsito rápido não apresentam interseções em nível.
d) Em uma via coletora sem sinalização ou regulamentação, a velocidade máxima permitida é de 60 km/h.
e) Em uma via local sem sinalização ou regulamentação, a velocidade máxima permitida é de 40 km/h.

Comentários

A **afirmação c está correta**, e é o gabarito da questão.

A **afirmação a está incorreta**, pois as interseções em vias arteriais podem ser controladas por semáforo.

A **afirmação b está incorreta**, pois as interseções em vias arteriais podem ser em nível.

A **afirmação d está incorreta**, pois a velocidade máxima numa via coletora é de 40 km/h.

A **afirmação e está incorreta**, pois a velocidade máxima numa via sem sinalização ou regulamentação depende da classificação.

8. (Itaipu Binacional-2019-UFPR) Com relação aos materiais incorporados às obras de pavimentação, é correto afirmar:

a) Os depósitos de aluvião podem surgir de duas formas distintas: em terraços, ao longo do próprio vale do rio, ou na forma de depósitos mais extensos, constituindo as planícies de inundação.

b) Principalmente se a rocha matriz for homogênea, o solo transportado é geralmente mais homogêneo que o residual, no modo de ocorrer.

c) São destaques os depósitos dos solos eólicos ao longo do interior da região Amazônica, sendo muito comuns no Brasil.

d) Entre os solos residuais, destacam-se os seguintes tipos: de aluvião, coluviais, glaciais e eólicos.

e) Com base na origem dos constituintes, o solo residual ocorre quando os produtos de alteração foram transportados, por um agente qualquer, para local diferente do da transformação.

Comentários

A **afirmação a está correta**, e é o gabarito da questão.

Os solos aluvionares são solos transportados pela água e podem se depositar ao longo do curso d'água ou em planície de inundação.

A **afirmação b está incorreta**, pois o solo transportado pode ser a mistura de diversos solos enquanto o solo residual é resultado da degradação da rocha-mãe, não havendo qualquer tipo de mistura.

A **afirmação c está incorreta**, pois o solo eólico é comum em locais a presença do vento e na região Amazônica, o intemperismo se dá pela ação da água.

A **afirmação d está incorreta**, pois os tipos citados são solos transportados.

A **afirmação e está incorreta**, pois o solo residual é o produto da degradação da rocha-mãe e que não foi transportado.

9. Os solos residuais são solos:

a) transportados ao longo de um talude, como, por exemplo, os solos coluvionares;

b) oriundos da deposição de detritos provenientes de outras áreas;

c) também denominados aluvionares, que foram transportados por rios e cursos d'água;

d) que permanecem no local da rocha de origem;

e) também denominados saprolitos, que foram transportados por rios e cursos d'água.

Comentários

A **afirmação d está correta**, e é o gabarito da questão.

Os solos alterados ou residuais: formados a partir da alteração ou decomposição da rocha mãe, permanecendo no local de origem;

A **afirmação a está incorreta**, pois trata-se de solo transportado, ou seja, não permaneceu no local de origem.

A **afirmação b está incorreta**, pois trata-se de solo transportado de outras áreas.

A **afirmação c está incorreta**, pois trata-se de solo transportado pela água.

A **afirmação e está incorreta**, pois, ainda que sejam semelhantes, a afirmação de que foram transportados está incorreta.

10. (Pref. Paraíba do Sul/RJ-2019-PRÓ-MUNICÍPIO) Em um laboratório montado em um trecho de uma construção de uma rodovia, base e sub-base se faz necessário o estudo de classificação de tamanho de partículas do material retirado de uma jazida de areia próxima ao canteiro de obras. Numa análise superficial realizada por engenheiros no local, conseguiram detectar que se trata de um solo com atriais finos.

Acerca destes temas, marque a opção que apresenta indicação correta dos ensaios a serem realizados para teste, de tamanho de partículas do solo a ser utilizado na obra.

a) Análise tátil visual e teor de umidade;
b) Análise granulométrica por peneiramento e teor de umidade;
c) Análise granulométrica por peneiramento e por sedimentação;
d) Análise granulométrica por peneiramento.

Comentários

A **afirmação c está correta**, e é o gabarito da questão.

Para determinação do tamanho da partícula do solo, é necessária a análise granulométrica composta das atividades de peneiramento e por sedimentação.

A **afirmação a está incorreta**, pois a análise visual tátil não fornecerá o tamanho do grão com precisão e o teor de umidade não é utilizado para determinar o tamanho das partículas.

A **afirmação b está incorreta**, pois o teor de umidade não é utilizado para determinar o tamanho das partículas.

A **afirmação d está incorreta**, pois o peneiramento fornecerá o tamanho dos grãos pertencentes à fração grossa.

11. (Pref. Campos Novos/SC-2018-FEPESE) Quanto à terminologia, o solo de granulação fina, constituído por partículas com dimensões menores que 0,002 mm e que apresenta coesão e plasticidade, é denominado:

a) silte.
b) argila.
c) areia fina.
d) brita zero.
e) areia média.

Comentários

A **afirmação b está correta**, e é o gabarito da questão.

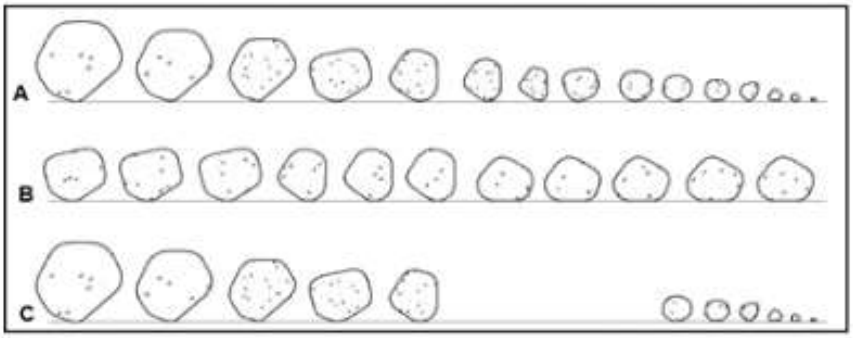
Vamos utilizar a Tabela 03

Tabela 03 - Dimensão de cada fração

ÓRGÃO	Pedregulho		Areia		Silte		Argila	
DIMENSÃO	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN
DNER (DNIT)	76 mm	2 mm		0,075 mm		0,005 mm		0 mm
ABNT	60 mm	2 mm		0,06 mm		0,002 mm		0 mm
IPT	100 mm	5,0 mm		0,05 mm		0,005 mm		0 mm
DER/SP	100 mm	4,76 mm		0,074 mm		0,002 mm		0 mm

Conforme a tabela, em termos de dimensões, somente a argila atende o quesito dimensão menor que 0,002mm. E como vimos na análise tátil-visual, a argila possui maior plasticidade, ou seja, possibilidade de se moldar formas com a presença de umidade, quando comparada ao silte.

12. (Pref. Areial/PB-2021/CPCON-adaptado) A análise granulométrica dos solos consiste na determinação dos diâmetros das partículas que compõem o solo e das suas proporções relativas. A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades das argamassas e concretos e possibilita a determinação de suas características físicas. A distribuição do tamanho das partículas de um solo está representada na figura a seguir.



Fonte: Caputo (1988).

Considerando a figura e seus conhecimentos sobre as propriedades dos solos, A, B e C correspondem, respectivamente, à granulação do tipo:

a) bem graduado, aberta e uniforme.

b) bem graduado, uniforme e aberta.

c) bem graduado, contínua e aberta.

d) contínua, aberta e uniforme.

e) mal graduado, uniforme e aberta.

Comentários

A **afirmação b está correta**, e é o gabarito da questão.

O solo tipo A pode ser classificada como bem graduado e contínuo, pois apresenta grãos de todos as dimensões.

O solo tipo B é classificado como uniforme, pois apresenta grãos de dimensões semelhantes.

O solo tipo C é considerado como aberto, pois não apresenta uma fração de determinada dimensão.

13. (Pref. Nova Laranjeiras/PR-2019-FAU-UNICENTRO) Assinale a alternativa que apresenta a definição correta para o "Módulo de Finura":

a) Soma das porcentagens passantes acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 100 (cem).

b) Soma das porcentagens passantes em volume de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 100 (cem).

c) Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100 (cem).

d) Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 50 (cinquenta).

e) Soma das porcentagens passantes acumuladas em volume de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 50 (cinquenta).

Comentários

A **afirmação c está correta**, e é o gabarito da questão.

Pela definição, MF é um dos índices que servem para classificar agregados em função de sua granulometria, a saber: a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras de série normal (75mm; 37,5mm; 19mm; 9,5mm; 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 0,600mm; 0,300m; 0,150mm) dividida por cem.

A **afirmação a está incorreta**, pois descreve porcentagens passantes.

A **afirmação b está incorreta**, pois descreve em volume.

A **afirmação d está incorreta**, pois descreve a divisão por 50.

A **afirmação e está incorreta**, pois descreve porcentagens passantes e a divisão por 50.

14. (Pref. Centenário do Sul/PR-2020-FAUEL) Quando se analisam as propriedades de um solo, os índices físicos são de extrema importância para melhor caracterizar o material, dando informações sobre as proporções entre as fases sólida, líquida e gasosa que o compõe. Sobre este tema, as relações, em porcentagem, entre o volume de vazios e o volume total e o volume de água e o volume de vazios se referem, respectivamente, a:

a) Índice de vazios e teor de umidade.
b) Porosidade e grau de saturação.
c) Porosidade e teor de umidade.
d) Índice de vazios e grau de saturação.

Comentários:

A **alternativa b** está correta e é o gabarito.

A **porosidade** é a relação entre o volume de vazios e o volume total do solo.

O **grau de saturação** é a relação entre o volume de água e o volume vazios.

O **índice de vazios** é a relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos do solo.

O **teor de umidade** é a relação entre a massa de água e a massa de solo.

15. (Pref. Assis Chateaubriand/PR-2020-FAUEL) A estrutura do solo é composta por partículas sólidas e os vazios entre estas partículas, sendo estes vazios preenchidos por água e/ou ar. Sendo assim, o solo é composto por três fases: sólida, líquida e gasosa, em

diferentes proporções. Os índices físicos do solo são relações entre as massas e volumes destas três fases. Acerca deste assunto, os índices físicos que relacionam a massa de água com a massa de sólidos e o volume de vazios com o volume total são, respectivamente:

a) Teor de umidade e porosidade.

b) Porosidade e peso específico natural.

c) Índice de vazios e grau de saturação.

d) Teor de umidade e peso específico aparente seco.

Comentários:

A **alternativa a** está correta e é o gabarito.

O **teor de umidade** é a relação entre a massa de água e a massa de solo.

A **porosidade** é a relação entre o volume de vazios e o volume total do solo.

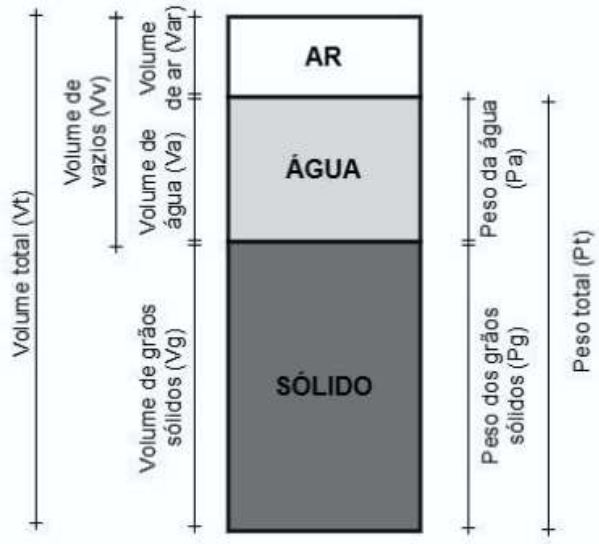
O **peso específico natural** é a relação entre o peso total e o volume total do solo.

O **índice de vazios** é a relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos do solo.

O **grau de saturação** é a relação entre o volume de água e o volume vazios.

O **peso específico aparente seco** é a relação entre a peso do solo seco e a volume total.

16. **(Pref. Areial/PB-2021-CPCON) Os índices físicos são relações entre volumes e pesos das três fases constituintes de um solo (ar, água e sólido), conforme figura abaixo, e prestam-se para avaliar as condições em que o solo se encontra em relação às suas propriedades físicas.**



Considere a figura e seus conhecimentos sobre as propriedades físicas do solo, em seguida assinale a alternativa que indica a afirmação CORRETA.

a) A massa específica aparente seca relaciona Pg e Vt.
b) O grau de saturação relaciona Vg e Vv.
c) O teor de umidade relaciona Pa e Va.
d) O índice de vazios relaciona Vt e Vg.
e) A porosidade relaciona Vv e Var.

Comentários:

A **alternativa a** está correta e é o gabarito.

Conforme as definições que vimos no material:

Alternativa a: A massa específica aparente do solo seco é a relação entra a massa do solo seco e a volume total, no caso Pg e Vt.

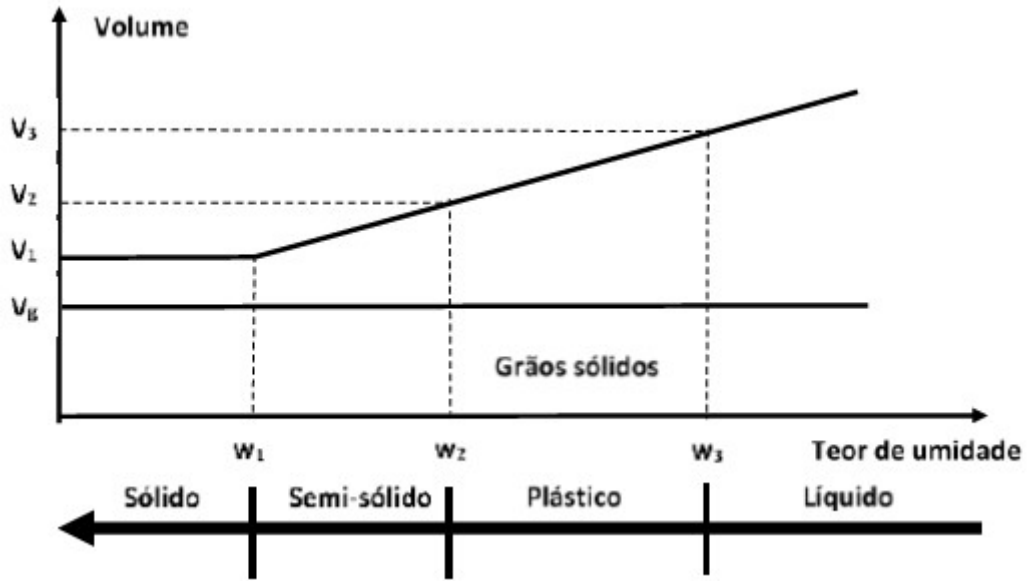
Alternativa b: Grau de saturação é a relação entre volume de água e o volume de vazios, no caso Va e Vv.

Alternativa c: Teor de umidade é a relação entre a massa de água e a massa de solo, no caso Pa e Pg.

Alternativa d: Índice de vazios é a relação entre o volume de vazios e o volume de sólidos do solo, no caso Vc e Vg.

Alternativa e: Porosidade é a relação entre o volume de vazios e o volume total do solo, no caso Vv e Vt.

17. (Polícia Civil/RJ-2021-FGV) A figura a seguir apresenta as faixas de estado do solo, desde sólido até líquido.



A partir dos dados da figura acima, o índice de plasticidade do solo é:

a) o teor de umidade w_2;
b) o volume v_3;
c) o teor de umidade w_3;
d) $w_3 - w_2$;
e) o volume v_2.

Comentários:

A **alternativa d** está correta e é o gabarito.

Conforme as definições que vimos no material: Índice de Plasticidade (IP) é a diferença entre o Limite de Liquidez (w_3) e o Limite de Plasticidade (w_2).

Alternativa a: w_2 corresponde a Limite de Plasticidade (LP) que é o teor de umidade correspondente a transição os estados plástico e semi-sólido.

Alternativa b: v_3 é volume que corresponde ao Limite de Liquidez.

Alternativa c: w_3 corresponde a Limite de Liquidez (LL) que é o teor de umidade correspondente a transição os estados líquido e plástico.

Alternativa e: v_2 é volume que corresponde ao Limite de Plasticidade.

18. (Pref. Resende/RJ-2019-Consulpam) Com relação aos objetivos da compactação do solo, marque a alternativa INCORRETA:

a) Visa obter a máxima estabilidade do solo.
b) O resultado final do ensaio é a curva de saturação.
c) Procura obter o menor volume de vazios do solo.
d) A massa específica aparente seca máxima corresponde à umidade ótima.

Comentários

A **alternativa b** possui a afirmação INCORRETA, portanto é o gabarito.

O resultado do ensaio de compactação é a própria curva de compactação.

Conforme definição do DNER, 1997, a compactação como: operação, por processos manuais ou mecânicos, destinada a reduzir o volume dos vazios de um solo ou outro material, com a finalidade de aumentar-lhe a massa específica, resistência e estabilidade.

Na curva de compactação, podemos observar que a massa específica aparente seca do solo (eixo vertical) aumenta com acréscimo do teor de umidade (eixo horizontal) até chegar a um valor máximo, que corresponde ao teor de umidade ótimo.

19. (Pref. Mandaguari/PR-2019-FAUEL) É um método de estabilização dos solos que ocorre por aplicação de algum tipo de energia, por exemplo: vibração ou impacto. Também provoca diminuição do índice de vazios dos solos. Trata-se de:

a) Segmentação.
b) Compactação.
c) Permeabilidade.
d) Plasticidade.

Comentários

A **alternativa b** está correta e é o gabarito.

A compactação do solo tem como objetivo reduzir os vazios no material o que acaba conferindo maior estabilidade do solo.

A **segmentação** é uma prática dos ensaios de solos.

A **permeabilidade** é uma propriedade do solo.

A **plasticidade** é uma propriedade do solo, mais especificamente da fração fina.

20. (IMBEL-2021-FGV) O sistema unificado de classificação dos solos denomina como solos finos aqueles que possuem mais de 50% do material passando na peneira #200.

De acordo com essa classificação, são classificados como solos finos:

a) a argila, somente
b) a argila e o silte, somente
c) a argila, o silte e a areia, somente
d) a argila, o silte, a areia e o pedregulho, somente
e) a argila, o silte, a areia, o pedregulho e a pedra.

Comentários

A **alternativa b** está correta e é o gabarito da questão.

Como vimos, inicialmente, classifica-se o solo em função de sua granulometria:

- Solos grossos (pedregulho e areia): >50% retido na peneira # 200 (0,075mm);
- Solos finos (silte e argila): >50% passante na peneira # 200 (0,075mm)

A **alternativa a** não inclui o silte.

As **alternativas c** e **d** incluem solos grossos.

A **alternativa e** inclui solos grossos e uma fração que não consta no sistema de classificação.

21. (Pref. Crato/CE-2021-CEV/URCA) A capacidade de suporte de um solo, útil para a inferência da qualidade de compactação das camadas de pavimentos rodoviários, pode ser avaliada pelo ensaio:

a) California Bearing Ratio – CBR
b) Cone Penetration Test – CPT
c) Standard Penetration Test – SPT
d) Transportation Research Board – TRB
e) Highway Research Board – HRB

Comentários

A **alternativa a** está correta e é o gabarito da questão.

O ensaio padrão para determinação da capacidade do suporte do solo é CBR, California Bearing Ratio, como vimos no texto.

A **alternativa b** trata de um ensaio para determinação de capacidade de suporte do solo para fundações profundas.

A **alternativa c** trata de um ensaio para determinação de capacidade de suporte do solo para fundações.

A **alternativa d** é uma entidade norte-americana voltada para Área de Transportes.

A **alternativa e** é uma entidade norte-americana voltada para de rodovias.

22. (EBSERH-2019-VUNESP) O Índice de Suporte Califórnia, também conhecido como ensaio CBR (California Bearing Ratio), é útil para o dimensionamento da espessura de pavimento flexível necessária em função do tráfego de uma rodovia a ser construída.

Assinale a alternativa que indica corretamente qual(is) valor(es) característico(s) é(são) determinado(s) pelo ensaio CBR:

a) Granulometria de um corpo-de-prova do solo, em relação às peneiras específicas
b) O limite de liquidez de um corpo-de-prova do solo
c) Relação entre a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada
d) O limite de plasticidade de um corpo-de-prova do solo
e) Umidade ótima e massa específica aparente seca máxima de um corpo-de-prova do solo

Comentários

A **alternativa c** está correta e é o gabarito da questão.

Conforme DNER (1997) é a relação, em percentagem, entre a pressão obtida na penetração de um pistão padronizado, à velocidade, de 0,05 pol/min, em um corpo-de-prova de solo preparado de modo padronizado e uma pressão tomada como padrão.

A **alternativa a** trata do peneiramento do ensaio de análise granulométrica.

As **alternativas b e d** tratam dos ensaios de índices de consistência.

A **alternativa e** trata dos ensaios de índices físicos.

23. (MPC/PA-2019-CEBRASPE) Com relação ao ensaio técnico Índice de Suporte Califórnia (ISC), popularmente conhecido como CBR (California Bearing Ratio), desenvolvido especificamente para o dimensionamento de pavimentos rodoviários, julgue os itens a seguir.

I. Esse ensaio permite determinar a expansão de solos.

II. É recomendável que esse ensaio seja feito com, no mínimo, três corpos de prova, utilizando-se amostras indeformadas.

III. A energia especificada para esse ensaio é a modificada, com 26 golpes por camada, em um total de três camadas.

IV. Na determinação do ISC, adota-se o maior dos valores obtidos nas penetrações de 0,1 e 0,2 polegada.

Estão certos apenas os itens:

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

Comentários

A **alternativa b** está correta e é o gabarito da questão.

A **afirmação I** está correta, pois durante o ensaio, a expansão do corpo-de-prova é medida.

A **afirmação II** está incorreta, pois é feito com solo compactado.

A **afirmação III** está incorreta, pois pode ser feito com as 3 energias.

A **afirmação IV** está correta, pois conforme vimos no material, O valor de CBR calculado é a relação percentual entre a leitura feita no ensaio e o valor padronizado de uma amostra base para a penetração de 2,5mm (0,1") e 0,5mm (0,2"). O valor de CBR adotado será o maior valor entre o CBR calculado para penetração de 2,5mm e 5,0mm.

24. (Pref. Rurópolis/PA-2019-FADESP) O ensaio que é baseado na medida da resistência à penetração de uma amostra saturada compactada de solo, segundo o método Proctor, conhecido mundialmente e consagrado como referência para o dimensionamento de pavimentações flexíveis é denominado:

a) ensaio de compressão triaxial.
b) ensaio de adensamento.
c) ensaio de densidade e massa específica.
d) ensaio de Índice de Suporte Califórnia - CBR.

Comentários

A **alternativa d** está correta e é o gabarito da questão.

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR) envolve a moldagem de corpos-de-prova com solo compactado na umidade ótima e variações, conforme ensaio de Proctor, posteriormente os corpos-de-prova são imersos em água por quatro dias, e a depois submetidos à penetração de um cilindro para medição resistência oferecida pela amostra.

A **alternativa a** está incorreta, pois pode ser feito com solo em seu estado natural.

A **alternativa b** está incorreta, pois o ensaio é voltado à determinação de propriedades do solo para terraplenagem e fundações.

A **alternativa c** está incorreta, pois trata de ensaios para determinação de índices físicos.

25. (IFSP-2019-IFSP) Tendo como finalidade o uso do solo nas camadas de pavimentação rodoviária, é fundamental fazer a classificação do material.

Dentro desse contexto, o sistema classificatório usado em solos tropicais é

a) MCT (Miniatura compactado tropical).
b) Classificação Unificada de Solos.
c) Classificação de índices físicos tradicionais (Limites de Atterberg).
d) Classificação mini – MCV.

Comentários

A **alternativa a** está correta e é o gabarito da questão.

A metodologia MCT (Miniatura, Compacto e Tropical) originou-se dos estudos dos solos tropicais que, a despeito das classificações mais usadas indicavam que não seriam bons materiais para uso na pavimentação, na prática, apresentavam bom desempenho.

A **alternativa b** está incorreta, pois a Classificação Unificada de Solos não tem a avaliação específica das características dos solos tropicais.

A **alternativa c** está incorreta, pois trata de caracterização do solo.

A **alternativa d** está incorreta, pois trata-se ensaio para caracterização de solos tropicais, inserido dentro da metodologia MCT.

LISTA DE QUESTÕES

1. **(SPGG/RS-2022-FUNDATEC) O primeiro passo de um projeto é a identificação da função da futura via. O nível de serviço adequado ao cumprimento dessa função, em face do volume e do tipo de tráfego a atender, serve de base para determinação da velocidade de projeto e características geométricas adequadas.**

Em relação ao exposto, analise as seguintes afirmativas.

I. As Vias Expressas Primárias constituem as vias de maior mobilidade do sistema e possuem características que tornam conveniente que sejam situadas em um nível funcional próprio, superior às demais. Por essa razão, devem sofrer o mínimo de interferência das outras vias. Suas conexões ser sempre em níveis diferentes e a velocidade diretriz deve ser a maior permitida em uma determinada região, utilizando maiores raios e menores rampas. Devem, também, prover os melhores níveis de serviço.

II. As Vias Arteriais devem atender a exigências decrescentes, em função da variação da mobilidade e acessibilidade. O tipo da via arterial está estreitamente ligado ao nível de serviço desejado. O principal objetivo de uma via arterial urbana é garantir mobilidade, atendendo, de forma limitada ou restrita, ao desenvolvimento local. Se não for viável reduzir o acesso local, deve-se optar por projetos especiais que incluam o manejo adequado dos acessos.

III. As Vias Coletoras devem atender, principalmente, a viagens mais curtas, tendo como principal função o acesso às propriedades. Não necessitam de grande mobilidade e elevados níveis de serviço.

IV. As Vias Locais atenderão a viagens mais curtas, no processo de conexão das vias arteriais com as Coletoras. Deverão prover um certo grau de mobilidade, mas sem deixar de atender às propriedades marginais. É de se esperar alguma redução nas velocidades e níveis de serviço.

Quais estão corretas?

a) Apenas I e II.

b) Apenas I, II e III.

c) Apenas I, III e IV.

d) Apenas II, III e IV.

e) I, II, III e IV.

2. **(SPGG/RS-2022-FUNDATEC) O transporte, inserido no processo produtivo com destacada função na atividade meio, posiciona-se com relevância no contexto do desenvolvimento global do país, a par de constituir-se em grande indutor ao desenvolvimento socioeconômico e em fator de segurança e de integração político-administrativa. Em razão de sua abrangência espacial apresentar características axiais, tal efeito indutor ao**

desenvolvimento desenvolve-se predominantemente ao longo do eixo, contemplando os polos extremos e os polos intermediários e apresentando expansões transversais, em função da flexibilidade das vias contribuintes e das potencialidades das regiões então contempladas. Indo de encontro ao exposto, destaca-se que no Brasil existem basicamente quatro critérios para a classificação das rodovias, quais sejam:

I. Quanto à sua administração ou jurisdição: federais, estaduais, municipais e particulares.

II. Quanto à sua classificação funcional: arteriais, coletoras e locais.

III. Quanto às suas características físicas: planas, onduladas e montanhosas.

IV. Quanto ao seu padrão técnico: não pavimentadas, pavimentadas, com pistas simples ou duplas.

Quais estão corretas?

a) Apenas I e II.

b) Apenas I, II e III.

c) Apenas I, III e IV.

d) Apenas II, III e IV.

e) I, II, III e IV.

3. **(Pref. Chapecó/SC-2019-Objetiva) Em relação à capacidade e ao nível de serviço de uma via, as sinalar a alternativa que preenche as lacunas abaixo CORRETAMENTE:**

O conceito de _____ possibilita a avaliação do grau de eficiência do serviço oferecido pela via, desde um volume de trânsito quase nulo até o seu volume máximo. Existem seis categorias designadas pelas seis primeiras letras do alfabeto. A categoria A corresponde à _____ condição de operação e, no outro extremo, a categoria F corresponde à condição de congestionamento _____.

a) nível de serviço - melhor - completo

b) capacidade - pior - completo

c) nível de serviço - pior - nulo

d) capacidade - melhor - nulo

4. **(Pref. Diamantina/MG-2019-COTEC/FADENOR) Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), as vias são classificadas a partir de suas características funcionais e físicas. Com base nessa classificação, analise as seguintes afirmativas:**

I - As vias de trânsito rápido são aquelas com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.

II - As vias locais são aquelas caracterizadas por interseções em nível, destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

III - As vias arteriais são aquelas caracterizadas por interseções em nível, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias coletoras e locais, e possuem velocidade máxima admitida de 60km/h.

IV - São cinco as classificações viárias: vias expressas, vias de trânsito rápido, vias arteriais, vias coletoras e vias locais.

V - As vias coletoras são aquelas destinadas a coletar e a distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias arteriais, possibilitando o trânsito entre diferentes regiões da cidade.

Está CORRETO o que se afirma em:

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

5. (Pref. Mandaguari/PR-2019-FAUEL) Selecione a alternativa que apresente a sequência CORRETA da hierarquia funcional das vias urbanas, das mais movimentadas para as menos movimentadas.

a) Arterial – coletora - local.
b) Coletora – arterial - radial.
c) Arterial – local - coletora.
d) Arterial – coletora - radial.

6. (Pref. Petrolina/PE-2019-UPENET/IAUPE) Assinale a alternativa que NÃO apresenta um exemplo de via urbana.

a) Via de trânsito rápido
b) Rodovia
c) Via coletora
d) Via local
e) Via expressa

7. (Pref. Balneário Camboriú/SC-2021-FEPESE) De acordo com a classificação das vias urbanas disposta nos manuais brasileiros de sinalização, é correto afirmar:

a) Vias arteriais não são controladas por semáforo.
b) As vias arteriais não apresentam interseções em nível.

c) As vias de trânsito rápido não apresentam interseções em nível.

d) Em uma via coletora sem sinalização ou regulamentação, a velocidade máxima permitida é de 60 km/h.

e) Em uma via local sem sinalização ou regulamentação, a velocidade máxima permitida é de 40 km/h.

8. (Itaipu Binacional-2019-UFPR) Com relação aos materiais incorporados às obras de pavimentação, é correto afirmar:

a) Os depósitos de aluvião podem surgir de duas formas distintas: em terraços, ao longo do próprio vale do rio, ou na forma de depósitos mais extensos, constituindo as planícies de inundação.

b) Principalmente se a rocha matriz for homogênea, o solo transportado é geralmente mais homogêneo que o residual, no modo de ocorrer.

c) São destaques os depósitos dos solos eólicos ao longo do interior da região Amazônica, sendo muito comuns no Brasil.

d) Entre os solos residuais, destacam-se os seguintes tipos: de aluvião, coluviais, glaciais e eólicos.

e) Com base na origem dos constituintes, o solo residual ocorre quando os produtos de alteração foram transportados, por um agente qualquer, para local diferente do da transformação.

9. Os solos residuais são solos:

a) transportados ao longo de um talude, como, por exemplo, os solos coluvionares;

b) oriundos da deposição de detritos provenientes de outras áreas;

c) também denominados aluvionares, que foram transportados por rios e cursos d'água;

d) que permanecem no local da rocha de origem;

e) também denominados saprolitos, que foram transportados por rios e cursos d'água.

10. (Pref. Paraíba do Sul/RJ-2019-PRÓ-MUNICÍPIO) Em um laboratório montado em um trecho de uma construção de uma rodovia, base e sub-base se faz necessário o estudo de classificação de tamanho de partículas do material retirado de uma jazida de areia próxima ao canteiro de obras. Numa análise superficial realizada por engenheiros no local, conseguiram detectar que se trata de um solo com atriais finos.

Acerca destes temas, marque a opção que apresenta indicação correta dos ensaios a serem realizados para teste, de tamanho de partículas do solo a ser utilizado na obra.

a) Análise tátil visual e teor de umidade;

b) Análise granulométrica por peneiramento e teor de umidade;

c) Análise granulométrica por peneiramento e por sedimentação;

d) Análise granulométrica por peneiramento.

11. (Pref. Campos Novos/SC-2018-FEPESE) Quanto à terminologia, o solo de granulação fina, constituído por partículas com dimensões menores que 0,002 mm e que apresenta coesão e plasticidade, é denominado:

a) silte.

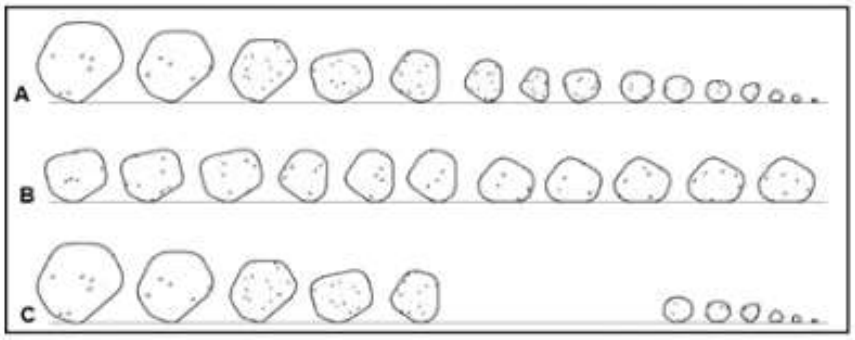
b) argila.

c) areia fina.

d) brita zero.

e) areia média.

12. (Pref. Areial/PB-2021-CPCON-adaptado) A análise granulométrica dos solos consiste na determinação dos diâmetros das partículas que compõem o solo e das suas proporções relativas. A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades das argamassas e concretos e possibilita a determinação de suas características físicas. A distribuição do tamanho das partículas de um solo está representada na figura a seguir.



Fonte: Caputo (1988).

Considerando a figura e seus conhecimentos sobre as propriedades dos solos, A, B e C correspondem, respectivamente, à granulação do tipo:

a) bem graduado, aberta e uniforme.

b) bem graduado, uniforme e aberta.

c) bem graduado, contínua e aberta.

d) contínua, aberta e uniforme.

e) mal graduado, uniforme e aberta.

13. (Pref. Nova Laranjeiras/PR-2019-FAU-UNICENTRO) Assinale a alternativa que apresenta a definição correta para o "Módulo de Finura":

a) Soma das porcentagens passantes acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 100 (cem).

b) Soma das porcentagens passantes em volume de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 100 (cem).

c) Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100 (cem).

d) Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 50 (cinquenta).

e) Soma das porcentagens passantes acumuladas em volume de um agregado, nas peneiras da série característica, dividida por 50 (cinquenta).

14. (Pref. Centenário do Sul/PR-2020-FAUEL) Quando se analisam as propriedades de um solo, os índices físicos são de extrema importância para melhor caracterizar o material, dando informações sobre as proporções entre as fases sólida, líquida e gasosa que o compõe. Sobre este tema, as relações, em porcentagem, entre o volume de vazios e o volume total e o volume de água e o volume de vazios se referem, respectivamente, a:

a) Índice de vazios e teor de umidade.

b) Porosidade e grau de saturação.

c) Porosidade e teor de umidade.

d) Índice de vazios e grau de saturação.

15. (Pref. Assis Chateaubriand/PR-2020-FAUEL) A estrutura do solo é composta por partículas sólidas e os vazios entre estas partículas, sendo estes vazios preenchidos por água e/ou ar. Sendo assim, o solo é composto por três fases: sólida, líquida e gasosa, em diferentes proporções. Os índices físicos do solo são relações entre as massas e volumes destas três fases. Acerca deste assunto, os índices físicos que relacionam a massa de água com a massa de sólidos e o volume de vazios com o volume total são, respectivamente:

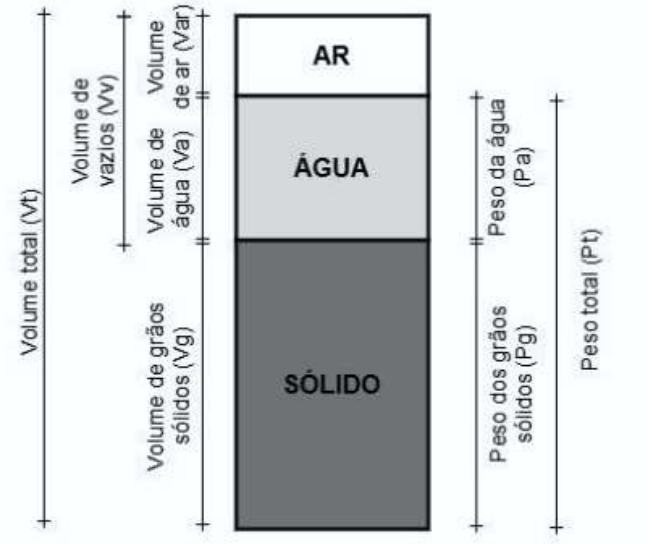
a) Teor de umidade e porosidade.

b) Porosidade e peso específico natural.

c) Índice de vazios e grau de saturação.

d) Teor de umidade e peso específico aparente seco.

16. (Pref. Areial/PB-2021-CPCON) Os índices físicos são relações entre volumes e pesos das três fases constituintes de um solo (ar, água e sólido), conforme figura abaixo, e prestam-se para avaliar as condições em que o solo se encontra em relação às suas propriedades físicas.



a) A massa específica aparente seca relaciona Pg e Vt.

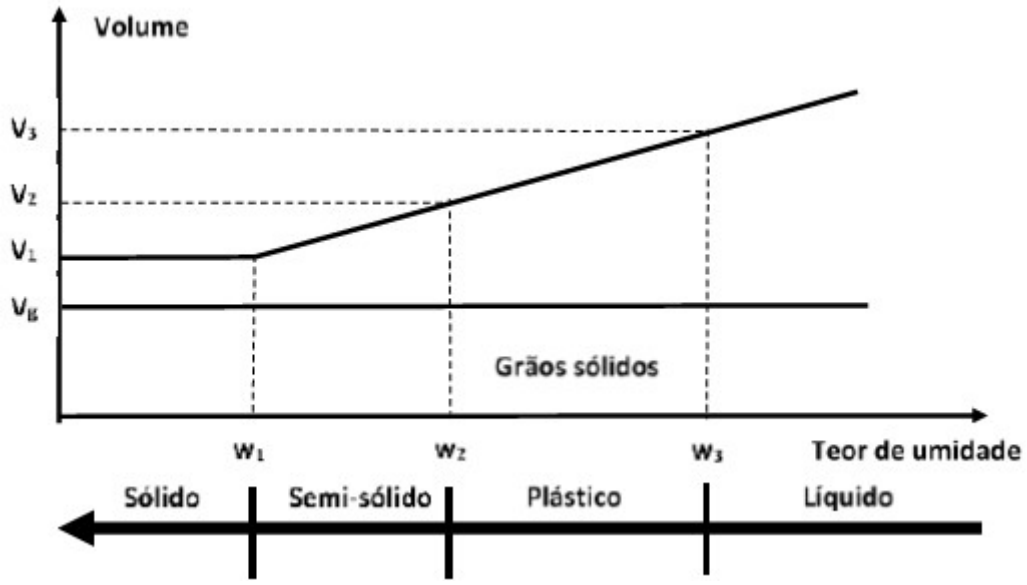
b) O grau de saturação relaciona Vg e Vv.

c) O teor de umidade relaciona Pa e Va.

d) O índice de vazios relaciona Vt e Vg.

e) A porosidade relaciona Vv e Var

17. (Polícia Civil/RJ-2021-FGV) A figura a seguir apresenta as faixas de estado do solo, desde sólido até líquido.



A partir dos dados da figura acima, o índice de plasticidade do solo é:

a) o teor de umidade w_2;
b) o volume v_3;
c) o teor de umidade w_3;
d) $w_3 - w_2$;
e) o volume v_2.

18. (Pref. Resende/RJ-2019-Consulpam) Com relação aos objetivos da compactação do solo, marque a alternativa INCORRETA:

a) Visa obter a máxima estabilidade do solo.
b) O resultado final do ensaio é a curva de saturação.
c) Procura obter o menor volume de vazios do solo.
d) A massa específica aparente seca máxima corresponde à umidade ótima.

19. (Pref. Mandaguari/PR-2019-FAUEL) É um método de estabilização dos solos que ocorre por aplicação de algum tipo de energia, por exemplo: vibração ou impacto. Também provoca diminuição do índice de vazios dos solos. Trata-se de:

a) Segmentação.
b) Compactação.
c) Permeabilidade.
d) Plasticidade.

20. (IMBEL-2021-FGV) O sistema unificado de classificação dos solos denomina como solos finos aqueles que possuem mais de 50% do material passando na peneira #200.

De acordo com essa classificação, são classificados como solos finos:

a) a argila, somente
b) a argila e o silte, somente
c) a argila, o silte e a areia, somente
d) a argila, o silte, a areia e o pedregulho, somente
e) a argila, o silte, a areia, o pedregulho e a pedra.

21. (Pref. CRATO/CE-2021-CEV/URCA) A capacidade de suporte de um solo, útil para a inferência da qualidade de compactação das camadas de pavimentos rodoviários, pode ser avaliada pelo ensaio:

a) California Bearing Ratio – CBR
b) Cone Penetration Test – CPT
c) Standard Penetration Test – SPT
d) Transportation Research Board – TRB
e) Highway Research Board – HRB

22. (EBSERH-2019-VUNESP) O Índice de Suporte Califórnia, também conhecido como ensaio CBR (California Bearing Ratio), é útil para o dimensionamento da espessura de pavimento flexível necessária em função do tráfego de uma rodovia a ser construída.

Assinale a alternativa que indica corretamente qual(is) valor(es) característico(s) é(são) determinado(s) pelo ensaio CBR:

a) Granulometria de um corpo-de-prova do solo, em relação às peneiras específicas
b) O limite de liquidez de um corpo-de-prova do solo
c) Relação entre a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada
d) O limite de plasticidade de um corpo-de-prova do solo
e) Umidade ótima e massa específica aparente seca máxima de um corpo-de-prova do solo

23. (MPC/PA-2019-CEBRASPE) Com relação ao ensaio técnico Índice de Suporte Califórnia (ISC), popularmente conhecido como CBR (California Bearing Ratio), desenvolvido especificamente para o dimensionamento de pavimentos rodoviários, julgue os itens a seguir.

I. Esse ensaio permite determinar a expansão de solos.

II. É recomendável que esse ensaio seja feito com, no mínimo, três corpos de prova, utilizando-se amostras indeformadas.

III. A energia especificada para esse ensaio é a modificada, com 26 golpes por camada, em um total de três camadas.

IV. Na determinação do ISC, adota-se o maior dos valores obtidos nas penetrações de 0,1 e 0,2 polegada.

Estão certos apenas os itens:

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

24. (Pref. Rurópolis/PA-2019-FADESP) O ensaio que é baseado na medida da resistência à penetração de uma amostra saturada compactada de solo, segundo o método Proctor, conhecido mundialmente e consagrado como referência para o dimensionamento de pavimentações flexíveis é denominado:

a) ensaio de compressão triaxial.
b) ensaio de adensamento.
c) ensaio de densidade e massa específica.
d) ensaio de Índice de Suporte Califórnia - CBR.

25. (IFSP-2019-IFSP) Tendo como finalidade o uso do solo nas camadas de pavimentação rodoviária, é fundamental fazer a classificação do material.

Dentro desse contexto, o sistema classificatório usado em solos tropicais é

a) MCT (Miniatura compactado tropical).
b) Classificação Unificada de Solos.
c) Classificação de índices físicos tradicionais (Limites de Atterberg).
d) Classificação mini – MCV.

GABARITO

1. a)
2. a)
3. a)
4. a)
5. a)
6. b)
7. c)
8. a)
9. d)
10. c)
11. b)
12. b)
13. c)
14. b)
15. a)
16. a)
17. d)
18. b)
19. b)
20. b)
21. a)
22. c)
23. b)
24. d)
25. a)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181 - Solo - Análise granulométrica**. 2016. Rio de Janeiro.

• Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9895 - Solo - Índice de suporte Califórnia**. 2016. Rio de Janeiro.

• Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório geral 2018**. São Paulo, 2020.

• Bernucci, L. B., Motta, L. M. G., Ceratti, J. A. P., Soares, J. B., **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros** – Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006. 504 f.

• Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários** - Rio de Janeiro, 1997. 296p. (IPR. Publ., 700).

• Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Método de Ensaio DNER-ME 054/97 - Equivalente de areia** - Rio de Janeiro

• Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias**. Manual de estudos de tráfego** - Rio de Janeiro, 2006a. 384 p. (IPR. Publ., 723).

• Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação**. 3.ed. – Rio de Janeiro, 2006b. 274 p. (IPR. Publ., 719).

• Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. 2010. (IPR. Publ., 740).

• Hoel, Lester A.; Garber, Nicholas. J.; Sadek, Adel W. **Engenharia de infraestrutura de transportes: uma integração multimodal**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2011.

• Prefeitura Municipal de São Paulo; **Manual de Desenho Urbano e Obras Viárias**. https://manualurbano.prefeitura.sp.gov.br/manual, 2020. Acessado em 02/08/2022.

• Senço, W., **Manual de Técnicas de Pavimentação**, Ed. Pini, São Paulo, 1997.

• Senço, W., **Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários**, Ed. Pini, São Paulo, 2008.

RESUMO

❍ **Importância**: o Brasil é uma país eminentemente rodoviário, com grande investimento na construção, operação e manutenção de vias urbanas e rurais. Esta malha viária está irregularmente distribuída pelo País, com as condições mais diversas de construção e conservação.

❍ **Vias rurais e vias urbanas**

↳ **vias rurais**: rodovias e estradas - Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais

↳ **vias urbanas**: vias de trânsito rápido, arterial, coletora e local - Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas

❍ **Classificação das vias**

↳ **propriedades**

- *Mobilidade*: qualidade da via de promover viagens longas em tempos reduzidos
- *Acessibilidade*: qualidade da via de promover acesso aos lotes lindeiros (o terreno que se situa ao longo da via)

↳ **classificação administrativa**: responsabilidade governamental sobre determinada via

↳ **classificação funcional**: função a cumprir dentro do sistema viário

- **via rural**:
  - **Sistema viário local –** composto de vias locais (alta acessibilidade e baixa mobilidade);
  - **Sistema viário coletor –** composto de vias coletoras (acessibilidade menor que as vias locais, mas com mobilidade e capacidade superior);
  - **Sistema arterial secundário –** composto de vias arteriais secundárias (com acessibilidade restrita quando comparadas às vias coletoras, mas com maior mobilidade, pois sofre com menos interrupção por ter menor acessibilidade);
  - **Sistema arterial primário –** composto de vias arteriais primárias (com restrição quase total de acesso e com poucas interseções, permitindo alta mobilidade); e
  - **Sistema arterial principal –** composto de vias expressas (com grande capacidade, controle total de acesso e maior velocidade).
- **via urbana**:
  - **Sistema arterial principal**: serve os principais centros de atividade das áreas urbanas, os corredores de maior volume de tráfego e as viagens mais longas;
    - **Vias expressas primárias**: As vias com controle total de acesso e todas as interseções em desnível, destinando-se a atender grandes fluxos de tráfego.
    - **Vias expressas secundárias**: Podem ter interseções em nível com algumas vias transversais e apresentar critérios operacionais e de projeto ligeiramente inferiores às vias expressas primárias.
    - **Vias arteriais primárias**: Essa categoria inclui aquelas vias que atendem principalmente ao tráfego direto, geralmente em percurso contínuo.

- **Sistema arterial secundário**: O Sistema Arterial Secundário de vias urbanas se interconecta com o Sistema Arterial Principal e o suplementa.
- **Sistema coletor**: O Sistema Coletor tem a função principal de conectar as ruas locais com as vias arteriais
- **Sistema local**: Sua função primária é permitir o acesso das propriedades que lhe são adjacentes aos sistemas de ordem superior.

- **Nível de serviço:** qualidade da viagem em função das características da via e do tráfego
- **Classes de projeto de vias rurais:**
  - **Classe 0 (via expressa)**
  - **Classe I**: dividido em I-A e I-B
  - **Classe II**
  - **Classe III**
  - **Classe IV**: dividido em IV-A e IV-B

Componentes de uma via

↳ Via rural:

- faixa de trânsito ou faixa de rolamento
- acostamento
- plataforma
- faixa de domínio
- área non aedificandi

↳ Via urbana:

- pista de rolamento, faixas de segurança, acostamentos, plataforma, sarjetas, valetas e taludes
- calçada e passeio
- guia ou meio-fio e sarjeta

Pavimento: estrutura construída após a terraplenagem e destinada a:

a) resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos;
b) melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança; e
c) resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento.

Solo

todo tipo de material orgânico ou inorgânico, inconsolidado ou parcialmente cimentado, encontrado na superfície da terra.

↳**estrutura do solo** é a organização das partículas que compõe a mesma: a partir da rocha mãe, após intemperismos, resulta na rocha alterada, que a continua a sofrer intemperismo, transforma em solo residual, que pode através da ação de agentes como a água, gelo, vento e gravidade, ser um solo transportado.

↳ **fases do solo**: sólida, líquida e gasosa, com respectivos massas e volumes.

↳ a combinação das massas e volumes fornecem os **índices físicos** com teor de umidade, massa específica, volume de vazios, entre outros.

↳ **análise granulométrica**: tamanho dos grãos e sua proporção determina comportamentos distintos

- Fração grossa: pedregulhos e areias
- Fração fina: siltes e argilas

↳ **índices de consistência**: redução de umidade: Estado Líquido → Limite de Liquidez → Estado Plástico → Limite de Plasticidade → Estado Semi-sólido → Limite de Contração → Estado Sólido

- Índice de Plasticidade: a diferença entre o Limite de Liquidez e o Limite de Plasticidade

↳ **compactação de solos**: redução de volume dos vazios de um solo ou outro material, com a finalidade de aumentar-lhe a massa específica, resistência e estabilidade.

↳ **classificação de solos**: classificar conforme as características e finalidade.

- Sistema Unificado de Classificação de Solos (**SUCS**): baseia-se na avaliação da granulometria e na plasticidade do solo.
- Sistema de classificação da Highway Research Board (**H.R.B.**): baseia-se na avaliação da granulometria e na plasticidade do solo. Também pode ser determinado o Índice de Grupo do Solo (IG), que determina a capacidade de suporte do material.
- California Bearing Ratio (CBR) ou Índice de Suporte de California (**ISC**): o parâmetro mais utilizado para caracterização de material para uso na pavimentação, sendo a relação, em percentagem, entre a pressão obtida na penetração de um pistão em um corpo-de-prova de solo preparado de modo padronizado e uma pressão tomada como padrão.
- Metodologia **MCT** (Miniatura, Compacto e Tropical): específico para os solos tropicais que apresentam bom desempenho por conta das lateritas.

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.