

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA22

QUESTÃO Nº 02

O projeto e a construção de estradas envolve uma série de etapas, desde os reconhecimentos em cartas, exploração em campo, projeto geométrico, projeto de terraplanagem, até o controle tecnológico dos processos. Na etapa de projeto geométrico é necessário que o projetista dimensione as curvas circulares simples, as curvas circulares de transição, as curvas verticais, a superelevação, as inclinações de aclives e declives, as rampas das seções transversais e outros elementos. Nesse sentido, é necessário haver um controle rigoroso de alguns parâmetros que mantenham a segurança e o conforto do usuário na via. O primeiro processo a ser verificado é se os raios das curvas circulares atendem aos valores mínimos estipulados que variam de acordo com o tipo de terreno - montanhoso, ondulado, plano - e a classe de rodovia, que segue da classe 0 a classe IV. Esses raios visam garantir que o encontro das tangentes, no ponto de interseção (PI) possam ter um desnivelamento de curva (D) que garanta a execução da curva com visibilidade e segurança ao usuário. Ainda nas curvas circulares, há o efeito da força centrífuga, que tende a tirar o veículo da estrada. Para que haja uma força resistiva à ela, deve-se dimensionar a superelevação

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA22

QUESTÃO N° 02 (continuação)

densas curvas, que permitam que o veículo não saia da trajetória e nem perca a aderência do pneu-pavimento. Contudo, essa ~~ele~~ superelevação não pode ser tão alta, pois pode impedir que o veículo tenha força para subir as acilias ou ganhar uma aceleração elevada nos declives. Dessa forma, o cálculo da superelevação deve ser feito e controlado a partir do tipo de terreno e classe da rodovia. Esses valores variam de 4 a 10%, geralmente, e devem ser monitorados. Ainda com relação ao projeto geométrico e o seu controle, deve-se verificar se nas curvas verticais o comprimento mínimo (L_{min}) é atendido, possibilitando a segurança nas rampas. Atualmente existem algumas ferramentas tecnológicas que auxiliam nesse controle, como a utilização do AutoCAD Civil 3D. Essa ferramenta também é útil na etapa de terraplanagem e no seu controle tecnológico. O sistema de informações geográficas (SIG), acoplado com outras tecnologias como o LIDAR e o GPSRTK, permitem a criação de modelos digitais de terrenos (MDT), onde se pode visualizar todas as informações de curvas de nível e relevo do local de implantação da rodovia. Nesse contexto, o AutoCAD Civil 3D permite, a partir do Diagrama de



PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA22

QUESTÃO Nº 02 (Continuação)

Mamoa, identificar o volume de material que será destinado para corte externo, permitindo criar e ter um controle do quadro de cubação, auxiliando no processo de controle tecnológico da terraplanagem, identificando os locais de boca-fora e se é possível utilizar os mamoa de corte para as regiões de aterro, compensando os mamoa e diminuindo a distância média de transporte. Na etapa de construção, para haver um controle do projeto geométrico e identificar a localização exata de cada estaca, o projetista pode utilizar de estações totais e dos sistemas LIDAR e SIG. Esses ~~para~~ recursos permitem que o projetista controle e verifique se os ângulos, distâncias e demais parâmetros da diretriz estão sendo locados corretamente. Depois das estações locadas, o projetista e os demais técnicos responsáveis precisam dar sequência ao controle tecnológico dos materiais utilizados para o processo da terraplanagem e da superestrutura da estrada. Nesse sentido, tendo sido escolhida a jazida ou depósito que o material de corte será utilizado como aterro, os solos precisam passar por ensaios de caracterização visando as propriedades físicas e mecânicas mínimas a serem obtidas e consideradas no projeto. Dentre estes ensaios,

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 02 (continuado)

podem ser citados os de granulometria, verificando se não há excesso de argila nos materiais e possibilitando encontrar materiais com ~~uma~~ uma curva bem graduada. Após a granulometria, realizar os ensaios de limite de Atterberg para que se identifique os limites de liquidez^(LL), plasticidade e o índice de plasticidade (IP). Por normativas como a AASHTO, esses limites não devem ultrapassar 25% para o LL e 6% para o IP. Contudo, no Brasil, há a ocorrência de solos lateríticos, que geralmente possuem maior susceptibilidade a eles, apresentando elevados valores de LL e IP, mas com boas características e comportamentos mecânicos. Então, os responsáveis devem proceder a classificação MCT (miniatura compactada tropical), caso os limites sejam acima dos estipulados, para verificar se pode ou não descartar esses materiais. Às vezes isso é necessário pois não há outras jazidas próximas do local da obra que permitam uma nova coleta de material. Prosseguindo a caracterização do material para fins de controle tecnológico, deve ser realizado o ensaio de California Bearing Ratio (CBR) ou no português, Índice de Suporte Califórnia (ISC), para verificar se o material atende a parâmetros mínimos de resistência à pe-

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 02 (continuação)

retracção e expansão. Para o subleito e camada de tena-
planagem, esse material precisa ter um CBR $\geq 2\%$ e expan-
são $\leq 2,0\%$. Quando se analisa os materiais das demais es-
tradas, deve-se considerar CBR $\geq 20\%$ para a sub-base e exp.
 $\leq 1,0\%$ e para a base um CBR $\geq 60\%$ ou 80% , a depender
do nível de tráfego, com expansão $\leq 0,5\%$. Contudo, esse ensai-
o está em desuso, pois não permite analisar os efeitos dinâmicos
das cargas, então para seguir o novo método de dimensiona-
mento nacional de pavimentos (MeDiNa), é realizado o ensaio de
Módulo de Resiliência, com a aplicação de 18 estágios de carga,
que permite obter a resistência resiliente daquele material. Para
subleito geralmente se obtém valores de 80 a 150 MPa. Ainda,
com relação ao controle tecnológico, esses materiais precisam
ser ensaiados com relação a compactação, obtendo a umidade
de ótima e a massa específica aparente seca máxima, a partir
da análise de 5 pontos com umidades no ramo seco e no
ramo úmido. Em campo, deve haver um controle rigoroso
da umidade, pois isso pode acarretar em consequências
como erosão do solo ou deformações excessivas e afundame-
ntos. Em campo se aceita uma variação de $\pm 2\%$ da umidade

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA22

QUESTÃO Nº 02 (continuação)

ótima. Contudo, essas variações podem acarretar em mudanças no comportamento do material com relação à Deformação Permanente e a resistência, principalmente em solos muito finos. Nesse contexto, ensaios como o Speedy e o método da fugacidade ajudam que haja um controle rigoroso de umidade no local de aplicação do solo. Com relação à compactação, deve haver um controle ainda mais firme. Alguns solos necessitam que haja um grau de compactação (GC) de 100% para que não haja desagregação de material e nem bombeamento de finos após a liberação do tráfego ou contato com água. Normativas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) permitem uma variação do GC de $\pm 5\%$, ficando na faixa de 95% a 105%. O controle tecnológico dessa etapa deve ser realizado a partir da densidade do material obtida no ensaio de Proctor Normal. Outro parâmetro que deve ser controlado é a instalação de dispositivos de drenagem, que juntamente com as inclinações dos aterros de corte, aterro ou mistos, garantem que a água não infiltre na superestrutura ou na infraestrutura a partir dos escoamentos superficial e subterâneos. Dessa forma, devem ser bem definidos os locais de instalação das sarjetas, drenos, canalitas e outros

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UF RJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 02 (continuação)

dispositivos de drenagem. O controle deve contemplar a vazão de projeto e a vazão hidráulica, monitorando esses elementos quanto ao escoamento. Por fim, deve-se também fazer o controle das larguras das faixas de rolamento para atender ao tráfego e as características de projeto. Com relação às misturas asfálticas da camada de revestimento, deve haver um controle da temperatura de aplicação da mistura em campo, considerando se é uma mistura quente ou morna. Além disso, métodos como a dosagem Marshall e o Superpave servem para controle tecnológico de volume de vazios, teor de ligante, massa específica máxima da mistura e outros parâmetros volumétricos. Algumas técnicas como a Análise do Ciclo de Vida (ACV) e a Dosagem Balanceada de Misturas ajudam nesse controle tecnológico, de forma a garantir um projeto de estradas mais econômico, prático e sustentável. A ACV auxilia no controle tecnológico de processos de transportes, definindo o quanto de combustível é utilizado e o quanto pode ser reduzido para diminuir as emissões de CO₂. Dessa maneira, se observa que há uma gama de atributos a serem monitorados pelo controle geométrico e tecnológico de estradas. Eles permitem mais conforto e segurança ao usuário, aumentam a vida útil da estrada.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UF RJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 03

O projeto de pavimentos está susceptível a variação do clima, sendo este uma das variáveis consideradas no seu dimensionamento. Assim, desde a camada de revestimento até as camadas granulares, há uma preocupação constante com o efeito da umidade, principalmente quando há infiltração por defeitos como trinças e fissuras. Então, para evitar que os materiais não sofram com esse efeito, devem ser instalados elementos no sistema de drenagem de estadas para coletar, interceptar ou desviar os escoamentos advindos das precipitações. Dentre os elementos considerados, cita-se primeiramente os naturais como os taludes de corte e/ou aterro, que servem para conduzir as águas, impedindo que infiltrem ou perdam na superestrutura. Nesses elementos, geralmente, opta-se por instalar vegetação para facilitar o escoamento e a infiltração, fora da superestrutura. Além dos aterros e cortes, tem-se outros elementos como sarjetas, valetas, bueiros, canaletas, dissipadores de vazão, receptores, entre outros, que se juntam ao sistema de drenagem do pavimento. Para o seu correto dimensionamento e instalação, devem ser considerados parâmetros como a declividade, largura, área da seção, coeficiente de rugosidade, coeficiente de escoamento, velocidade de

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 03 (continuação).

permeabilidade, vazão, índice de infiltração e outros elementos que serão descritos posteriormente. Primeiramente devem ser realizados estudos hidrológicos na região de implementação da rodovia. Alguns elementos que possibilitam esses estudos são os registros de pontos pluviométricos nas intermediárias. A partir de estudos estatísticos e utilização de métodos como o diagrama de Thiessen, pode-se encontrar a precipitação média do local e assim possibilitar o cálculo da intensidade de chuva. Com a intensidade de chuva, que é calculada a partir de curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) e do tempo de retorno daquela chuva (5, 10, 100 ou 1000 anos), calcula-se a vazão de projeto. A vazão de projeto pode ser calculada por $Q = c i A$, onde c é o coeficiente de escoamento, que varia de acordo com o tipo de solo. Para solos urbanos que são mais impermeáveis o valor de c é maior, enquanto que para solos naturais e com vegetação, o valor de c é menor; i é a intensidade da chuva, dada em mm/h e A é a área da recepção de drenagem. Um bueiro, por exemplo, pode ser verificado quanto à eficiência de drenagem a partir da vazão de projeto e do nível de falha, que considera o tempo de retorno e a vida de projeto do elemento de drenagem. Após o cálculo

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 03 (continuação)

da vazão de projeto, se verifica o dimensionamento hidráulico. Esse dimensionamento pode ser feito com a equação de Manning, em que são calculadas as vazões de escoamento a partir de parâmetros como a área da seção, o coeficiente de rugosidade do material (concreto armado ou aço galvanizado), a declividade do local de instalação, a área e a intensidade de chuva. Os elementos de drenagem vão estar sujeitos ao escoamento superficial, que pode infiltrar pelo superior do pavimento, e o escoamento subterrâneo, que pode percolar pelos vazios do solo, ocasionando em bombeamento de águas e prejudicando também a estrutura quanto a erosão do solo. Nesse caso, deve ser verificado o coeficiente hidráulico do solo e a permeabilidade do material para o caso dele ser utilizado como camada drenante. Outros parâmetros que podem ser dimensionados são a altura dos drenos verticais para realizar esse procedimento de apoio ao processo de percolação e a largura e inclinação das sarjetas e valotas. Elas devem ser instaladas de forma a conduzir a água do escoamento para os bueiros ou sistemas de recepção. Os sistemas de recepção servem para armazenar a água de grande volume de chuvas que não seriam suportadas pelo sistema de microdrena-

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 03 (continuação)

gem. Quando existem áreas densamente urbanizadas, o escoamento superficial cresce em volume e velocidade, o que pode gerar enchentes ou alagamentos. Deixa forma os sistemas de recepção servem para armazenar essa água numa região próxima de estrada e possibilitando que ela seja evacuada de forma controlada posteriormente. Para dimensionar esses sistemas, é necessário saber a precipitação efetiva, as vazões de projeto e a taxa de infiltração. Outro elemento de um sistema de drenagem de uma estrada é o canal, que pode ser aberto ou fechado. Esse canal é dimensionado com a fórmula de Manning, para encontrar a altura máxima, a sua largura e a lâmina de escoamento, de forma que essa água não infiltre ou perca nos comandos do pavimento. Um elemento importante a ser dimensionado é o dissipador de vazões, que podem ser instalados em regiões de declive para que a água não seja escoada em grande velocidade. A escolha do solo também é um parâmetro que deve ser considerado. Solos com baixa permeabilidade, como as argilas, podem fazer com que a água não consiga infiltrar nos taludes auxiliares e aumentar o escoamento superficial. Deixa forma, nos ~~ter~~ taludes de corte e aterro deve-se

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 03 (continuação)

optar por materiais com uma permeabilidade mais alta. O projetista também precisa verificar o comportamento do solo quanto à erosão, fazendo com que não ocorra, pois pode gerar a ruptura do material. Então, dessa forma, deve ser verificada a região na qual se ~~está~~ construirá a rodovia, os índices pluviométricos, a intensidade da chuva, as vazões de projeto e hidráulica, permitindo a partir de métodos consolidados como a equação de Manning e a lei de Darcy, encontrar as dimensões de largura, altura e comprimento de dispositivos de drenagem, além das inclinações e materiais adequados nos taludes de corte e aterro. Com isso, as chances de infiltração e/ou percolação na estrutura da estrada serão baixas, contribuindo para materiais mais resistentes e sem a ocorrência de deformações excessivas ou erosão do solo.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 01

O projeto de estradas passa por diversas etapas até chegar na implantação da camada de revestimento. Essas etapas objetivam investigar os parâmetros e materiais a serem utilizados na estrada e o local de instalação e construção da infraestrutura e da superestrutura. Uma das primeiras etapas é o processo de reconhecimento em carta do local de construção da estrada. Esse processo é importante pois permitirá identificar todos os elementos que estão situados naquela região, desde a vegetação, cursos de rios, relevo, até a ocorrência ou não de materiais. Para isso, são realizadas algumas técnicas que auxiliam nos estudos de reconhecimento. Dentre elas, pode-se citar a identificação dos rios, vegetação e outros elementos naturais por meio de mapas ou fotogrametria. Alguns desses mapas permitem identificar as curvas de níveis derivadas do conjunto de acidentes topográficos. Essas curvas auxiliam a identificar as depressões no local de implantação da diretriz e futuramente como compensar os movimentos de corte e aterro pelo diagrama de massas. Além disso, o sistema de informações geográficas (SIG), permite identificar as coordenadas e posição de cada elemento. Quando não se detém desse tipo de informação, também podem ser utilizadas imagens de saté-

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 01 (continuado)

lute, mesmo que em resolução e precisão menores. A aerofotogrametria também contribui para a obtenção de imagens com alta resolução, de áreas maiores, para análise da ocorrência de pontos a serem locados. Contudo, são extremamente onerosos. Mas há outras opções como o GPS RTK e o sistema LIDAR, que por meio de sensores, obtêm a localização exata de pontos no local da rodovia. Assim, com o auxílio desses recursos, são estabelecidos os princípios (ou regras) nos estudos de reconhecimento. Dentre esses princípios, a definição do local de partida e chegada da estrada e as possíveis diretrizes, permeando por menores diferenças de cotas nas curvas de nível. O passo seguinte é definir os pontos obrigatórios de passagem, que podem ser definidos para serem atendidos ou não pelo traçado. Por exemplo, evitar a passagem do traçado por uma encosta ou desviá-lo do curso de um rio. Também há a possibilidade de passagem do traçado por uma escola, ou localidade, por exemplo. Esses pontos obrigatórios de passagem são definidos por razões de ordem social, ambiental ou econômica. Há também os pontos obrigatórios de parada, que devem ser contemplados ou não pelo traçado, seguindo critérios estritamente técnicos.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA 211 – BLOCO D – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 02/12/2024	LUA 22

QUESTÃO Nº 01 (continuação)

Como exemplos desses pontos de parada pode se citar o desvio do traçado por uma reserva ambiental ou a passagem por um local que garantirá uma melhor distância de visibilidade ou menor distância de transporte ou segurança à rodovia. Além desses princípios, também podem ser citados as regras de locação desses pontos no processo de reconhecimento, com o uso de estacões totais ou elementos a laser. Outros princípios dizem respeito ao tipo e escala dos mapas, sejam eles geotécnicos, geológicos ou hidrologicos. Esses mapas, em escala adequada, permitem identificar se a passagem da diretriz por determinado elemento ou curso d'água ocasionará erosão na estrada ou prejuízos ambientais. Esse reconhecimento por cartas também permitem definir se não será mais possível desviar do curso de um rio, tendo que construir pontes para conduzir a diretriz. Dessa forma, essas técnicas de reconhecimento e definição de pontos a serem atendidos ou não, podem conduzir um processo de reconhecimento da região mais adequada, contribuindo para a otimização do processo de exploração, já sendo elencadas as possíveis jazidas, locais de botafume ou outros elementos cruciais para o projeto da rodovia.