



ÍNDICE DE ARIDEZ

CLASSIFICAÇÃO

$IA < 20$

ÁRIDO

$20 \leq IA < 50$

SEMI-ÁRIDO

$50 \leq IA < 65$

SUB-ÚMIDO SECO

$65 \leq IA < 100$

SUB-ÚMIDO ÚMIDO

$IA \geq 100$

ÚMIDO

APLICAÇÃO:

Município: Santana do Acaraú - CE

Posto Pluviométrico: Santana do Acaraú

$Pr = 787,20$ (FUNCEME)

$ET0 = 1.823,09$ (FUNCEME)

$IA = 43,18$

CLASSIFICAÇÃO: Semi-Árido



09 - ESTUDO DE VIABILIDADE SÓCIO ECONÔMICA

OBJETO DO ESTUDO

Viabilidade socioeconômica de conservação de estrada vicinal no trecho: SEDE/SANTA RITA, com extensão de 13,88Km.

PROPRIETÁRIO E INTERESSADO

Prefeitura Municipal de SANTANA DO ACARAÚ - CE.

FINALIDADE

Complementar as informações necessárias à aprovação do projeto de engenharia e financeiro.

ELEMENTO DO PROJETO DE ENGENHARIA

Estamos focalizando a conservação de 13,88km de estrada vicinal com as seguintes características técnicas:

Item	Designações	Características
01	Tipo	Estrada com revestimento primário
02	Material	Solo
03	Coroamento (comp.X larg)	13,88 km x 7,00 m

DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

O município de Santana do Acaraú, localizado no Sertão de Sobral do estado-CE, não é diferente dos demais municípios do Ceará no que diz respeito ao problema de Infraestrutura viária para o escoamento de produção e deslocamento de pessoas.

A conservação dessa Estrada Vicinal é um pleito antigo das comunidades que trafegam por ela.

O sistema viário do município não permite outras opções de acesso, impondo grandes prejuízos aos moradores da região por ocasião da estação chuvosa.

O atual Governo Municipal, com seus poucos recursos financeiros, não tem medido esforços para sanar a carência, entre outras, da infraestrutura viária do município, não deixando também de pleitear o aporte de recursos financeiros externos, principalmente do Governo Federal, como é o caso dessa obra.



BENEFÍCIOS

A pavimentação dessa estrada após concluída beneficiará 100 famílias social e economicamente.

Maior facilidade no escoamento da produção, elevando o nível de renda do setor primário;

Promoção do bem estar social, através de deslocamentos rápidos e seguros;

Maior eficácia no deslocamento de doentes e estudantes;

Geração de 20 empregos diretos e 05 indiretos.

CONCLUSÃO

Em face do que foi relatado neste documento, temos a plena convicção de que o conteúdo dos dados numéricos e informações apresentadas justificam social e economicamente a aplicação do investimento pleiteado a fundo perdido pela prefeitura Municipal de Santana do Acaraú-CE, no atendimento das demandas sociais insatisfeitas (dominantes), principalmente no seio das populações rurais do município e do Ceará de modo geral.



10 - ESTUDO TOPOGRÁFICO

O estudo topográfico foi realizado visando o atendimento necessário para o desenvolvimento do projeto.

Do estudo topográfico foi tirado as informações constantes em planta, que permitirão a quantificação dos volumes de terraplanagem.

O levantamento topográfico contém: locação e nivelamento do eixo da via a cada 100,0m para lançamento da diretriz da estrada e do greide do revestimento primário.



11 - ESTUDO GEOTÉCNICO

Os estudos geotécnicos para o projeto de terraplanagem consistiram dos seguintes serviços:

- Estudo do subleito;
- Estudo de empréstimo.

11.1 - ESTUDO DO SUB LEITO

O sub leito é constituído por solos A-4 e A-2-6 da classificação HRB, com suporte superior a 12%, do tipo areia fina siltosa e argilosa e pedregulhos argilosos ou mistura de pedra areia e argila.

11.2 - ESTUDO DE EMPRÉSTIMO

O estudo consistiu na localização e prospecção de uma caixa de empréstimo situada na margem esquerda da via na estaca 600. O material de empréstimo é constituído por solo do tipo A-1 e A-2, classificação GC - pedregulhos argilosos, ou mistura de pedra areia e argila.



12 - ESTUDO DE TRÁFEGO

No que diz respeito a uma rodovia, um dos principais elementos que vai determinar as suas características futuras é o tráfego que a mesma deverá suportar. O projeto geométrico de uma estrada de rodagem é condicionado, principalmente, pelo tráfego previsto para nela circular.

O tráfego permite o estabelecimento da Classe de Projeto da Estrada e o adequado dimensionamento de todos os seus elementos. Assim, um dos principais aspectos a considerar na Classificação Técnica das Estradas é, certamente, o aspecto operacional, o qual depende, basicamente, da demanda de tráfego, ou seja, o seu volume de tráfego.

12.1 - Volume de tráfego

Por definição é o número de veículos que passa por uma determinada seção de uma estrada, num determinado intervalo de tempo (volume anual, mensal, semanal, diário, etc.). Dependendo do objetivo do estudo, os volumes podem ser referidos a um ou dois sentidos do movimento. Na avaliação do tráfego existente de uma estrada faz-se contagens volumétricas em Postos Permanentes (contagem 24 horas por dia, o ano todo), Postos Sazonais (contagem com vista às safras, ao turismo, festas regionais, etc) e em Postos de Cobertura (contagem uma vez por ano, durante 48 horas, com vistas à determinação do VMD). Estas contagens permitem, quando estatisticamente representativas, estabelecer tendências de crescimento do tráfego, bem como permitir fazer correções nos dados de tráfego obtidos, considerando as variações porventura existentes. Desta forma, poder-se-á fazer projeções de tráfego para o ano-horizonte, definidor da Classe de Projeto da Estrada (Classificação Técnica), projeções estas também úteis na programação de melhorias na malha rodoviária.

Na concepção do Projeto de Pavimentação em Revestimento Primário foi adotado o estudo de VMD - Volume Médio Diário. Ele é utilizado para avaliar a distribuição do tráfego, medir a demanda atual de uma estrada, programação de melhorias, etc. É muito empregada, na linguagem corrente, a expressão equivalente Tráfego Médio Diário. As contagens de tráfego são feitas com o objetivo de conhecer-se o número de veículos que passa através de um determinado ponto da estrada, durante um certo período, podendo-se determinar o Volume Médio Diário (VMD), a composição do tráfego, etc.. Tais dados servem para a avaliação do número de acidentes, classificação das estradas e fornecem subsídios para o planejamento rodoviário, projeto geométrico de estradas, estudos de viabilidade e projetos de construção e conservação. Permitem,

ainda, aglomerar dados essenciais para a obtenção de séries temporais para análise de diversos elementos, tais como a tendência de crescimento do tráfego e variações de volume.

Foi realizada contagem de veículos em intervalos de tempo e horários diferentes, o que por estimativa fornecerá a este projeto o dado de VMD igual a 20 veículos.

Importante frisar que esse VMD estimado absorveu variações horárias, diárias e semanais, não sendo possível determinar nesse estudo a variação mensal que é sensivelmente influenciada por eventos sazonais (períodos de colheita, pagamento de benefícios sociais, férias escolares, etc), e a variação anual, que possui acumulação de grande período de interferências e geralmente atrelada ao desenvolvimento econômico da região.

12.2 - NÍVEL DE SERVIÇO

O conceito de Nível de Serviço está associado às diversas condições de operação de uma via, quando ela acomoda diferentes volumes de tráfego.

É uma medida qualitativa do efeito de uma série de fatores, tangíveis e intangíveis, que para efeito prático é estabelecido apenas em função da velocidade desenvolvida na via e da relação entre o volume de tráfego e a capacidade da via (V/C).

Qualquer seção de uma via pode operar em diferentes níveis de serviço, dependendo do instante considerado. De acordo com o "Highway Capacity Manual", foram classificados 6 níveis de serviço, desde o A (condições ideais de escoamento livre) até o F (congestionamento completo).

A estrada em estudo possui classificação de NÍVEL A (Condição de escoamento livre, acompanhada por baixos volumes e altas velocidades. A densidade do tráfego é baixa, com velocidade controlada pelo motorista dentro dos limites de velocidade e condições físicas da via. Não há restrições devido a presença de outros veículos), sendo justificada a melhoria da faixa de rolamento proposta nesse projeto (revestimento primário), de forma a perenizar o tráfego o ano inteiro.



12.3 - CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS

As RODOVIAS MUNICIPAIS não possuem uma normalização única quanto à denominação.

12.4 - QUANTO A FUNÇÃO E JURISDIÇÃO

A) FUNÇÃO:

Rodovias Locais: constituídas geralmente por rodovias de pequena extensão, destinadas basicamente a proporcionar acesso ao tráfego intramunicipal de áreas rurais e de pequenas localidades às rodovias mais importantes.

B) JURISDIÇÃO:

Estradas Vicinais: são, em geral, estradas municipais, pavimentadas ou não, de uma só pista, locais, e de padrão técnico modesto. Promovem a integração demográfica e territorial da região na qual se situam e possibilitam a elevação do nível de renda do setor primário. Podem também ser privadas, no caso de pertencerem a particulares.

12.4 - QUANTO A FINALIDADE

A utilização da estrada é feita livremente por habitantes e visitantes, estabelecendo finalidade comercial da estrada: são as de objetivo econômico, que proporcionam a circulação de riquezas, facilitando a troca de utilidades e o tráfego de passageiros.

12.4 - QUANTO A CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA

Recomenda-se adotar, como critério para a classificação técnica de rodovias, o volume de tráfego que deverá utilizar a rodovia no 10o ano após sua abertura ao tráfego (VMD no ano-horizonte de projeto).

O Projeto Geométrico de uma estrada é condicionado principalmente pelo tráfego previsto para nela circular. Tal tráfego permite o estabelecimento da Classe da Estrada e o adequado dimensionamento de todos os seus elementos.

As Normas para Projeto das Estradas de Rodagem, aprovadas em 1973 e usadas originalmente pelo DNER, classificavam as estradas da seguinte forma:

- Classe Especial: Acima de 2000 veículos/dia;
- Classe I: De 1000 a 2000 veículos/dia;

- Classe II: De 500 a 1000 veículos/dia;
- Classe III: até 500 veículos/dia.

Atualmente, além do tráfego, a importância e a função da rodovia constituem elementos para seu enquadramento em determinada classe de projeto, podendo as estradas serem classificadas em:

- Classe 0 (via expressa): rodovia do mais elevado padrão técnico, com controle total de acesso. O critério de seleção dessas rodovias será o de decisão administrativa dos órgãos competentes.
 - Classe I: as rodovias integrantes desta classe são subdivididas em estradas de Classe IA (pista dupla) e Classe IB (pista simples). A rodovia classificada na Classe IA possui pista dupla e controle parcial de acesso. Sua necessidade decorrerá quando os volumes de tráfego causarem níveis de serviço inferiores aos níveis C ou D, numa pista simples. O número total de faixas será função dos volumes de tráfego previstos para o ano-horizonte de projeto. Já as estradas pertencentes a Classe IB são caracterizadas por rodovias de alto padrão, suportando volumes de tráfego, conforme projetados para o 10o ano após a abertura ao tráfego, com Volume Médio Horário (VMH) > 200 veículos, bidirecionais, ou VMD > 1400 veículos, bidirecionais.
 - Classe II: rodovia de pista simples, suportando volumes de tráfego (10o ano) compreendidos entre os seguintes limites: $1400 \leq \text{VMD} < 700$ veículos, bidirecionais.
 - Classe III: rodovia de pista simples, suportando volumes de tráfego (10o ano) compreendidos entre os seguintes limites: $700 \leq \text{VMD} < 300$ veículos, bidirecionais.
 - Classe IV: rodovia de pista simples, as quais podem ser subdivididas em estradas Classe IVA (veículos, bidirecionais) e estradas Classe IVB (VMD < 50 veículos, bidirecionais).
- No Projeto de Estradas em estudo, enquadra-se de acordo com os dois critérios:



A) VMD Volume Médio Diário: Enquadramento em Classe III

B) IMPORTÂNCIA E FUNÇÃO DA RODOVIA: Enquadramento em Classe IVB



13 - ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE MATERIAIS

Para a execução do serviço de terraplanagem na estrada, foi escolhida a jazida, a qual apresenta volume suficiente para atender ao volume previsto no quadro de cubação.

As jazidas são apresentados através das seguintes informações:

- Exame tato-visual preliminar;
- Croqui de situação.



14 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DE JAZIDAS

O gráfico de distribuição das jazidas, mostra a localização e a capacidade da jazida, feito preliminarmente através de estudos tato-visual.



15 - GRÁFICO DE DIMENSIONAMENTO DE REVESTIMENTO

O gráfico de dimensionamento de revestimento mostra a espessura de cada camada componente do pavimento.


LUCIO CARNEIRO
ENC.º CIVIL CREA 6560-D-CE



16 - MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÕES

16.1 - OBJETIVO:

O presente Memorial Descritivo e Especificações, tem por objetivo estabelecer as normas à serem obedecidas na recuperação de Estradas Vicinais no município de Santana do Acaraú - CE.

16.2 - DISPOSIÇÕES GERAIS:

Além do que preceitua as normas da ABNT, toda a legislação pertinente em vigor e do que está explicitamente indicado nos desenhos, os serviços deverão obedecer também as presentes especificações.

16.3 - DELIMITAÇÃO DOS SERVIÇOS:

- SERVIÇOS PRELIMINARES;
- TERRAPLANAGEM;
- PROTEÇÃO AMBIENTAL.

16.3.1 - SERVIÇOS PRELIMINARES

16.3.1.1 - PLACA DA OBRA

A placa da obra deverá ser afixada em local bem visível, conforme padrão da Prefeitura Municipal de Santana do Acaraú - CE e/ou convênio, nas dimensões (3,00 x 1,50)m.

A placa será estruturada em madeira, com chapa de aço galvanizado na superfície externa, pintada com sulfato a pistola e posterior pintura a base de esmalte sintético para fundo e letra.

16.3.1.2 - INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS

Antes do início da construção propriamente dita, deverão ser executadas todas as instalações provisórias, de tal modo que facilite a recepção, estocagem e o manuseio dos materiais.

As instalações provisórias deverão constar pelo menos dos seguintes itens:

- a) Almoxarifado (escritório);
- b) Refeitório;
- c) Sanitários e vestiários.

A ausência do responsável pela obra no local da mesma, implicará na presença de um preposto, previamente aprovado pela fiscalização.



16.3.2 - TERRAPLANAGEM

16.3.2.1 - DESMATAMENTO E LIMPEZA DA AREA DE INTERVENÇÃO

Deverá ser desmatado apenas o local de empréstimo e toda madeira existente no local deverá ser aproveitada.

16.3.2.2 - LOCAÇÃO

No início do serviço será feito a relocação do eixo da via, bem como, o nivelamento e marcação dos OFF-SETS. A execução da obra deverá se realizar com acompanhamento de topógrafo, para garantir a execução plena do projeto.

No controle Geométrico do maciço serão aceitas apenas variações a maior e sempre no sentido de suavizar os taludes.

16.3.2.3 - REGULARIZAÇÃO DO SUB LEITO

O serviço de regularização do sub leito, tem como objetivo tornar a plataforma da estrada uniforme (sem lombadas ou depressões), devendo ser executado sem adição de material, procurando dar forma a plataforma da estrada de maneira que evite o acúmulo de água em sua superfície.

16.3.2.4 - REVESTIMENTO PRIMÁRIO

16.3.2.4.1 - DEFINIÇÃO

O revestimento primário por ser uma camada granular, que pelas suas características de granulometria e plasticidade pode desempenhar ao mesmo tempo as funções de base e revestimento para pequeno volume de tráfego, deverá ser executado com rocha em decomposição ou cascalho.

A espessura final deverá ficar em média 20 cm, com compactação mínima de 100% e caimento eixo/lateral de 3,0%.

16.3.2.4.2 - MATERIAIS EMPREGADOS

Poderão ser empregados na execução de revestimento primário materiais que tenham resistência elevada (misturados ou não) o suficiente para suportar o desgaste provocado pelo tráfego de veículos pesados (rocha em decomposição, cascalho, seixo, pedregulho, etc), obedecendo o seguinte:

- Partículas com diâmetro máximo igual ou inferior a 25mm;
- Isenção total de matéria orgânica;
- Retenção na peneira 10 de materiais resistentes a solicitação exigida pela rodovia;
- A fração que passa na peneira 10 deverá ser constituída de areia natural;

- A fração que passa na peneira 40 deve ter LL menor que 35% e o IP máximo de 7%;
- Desgaste Los Angeles superior a 55;
- CBR mínimo de 20% e expansão máxima de 1%;
- Percentual máximo de argila em cascalho de 20% a 30%.

16.3.2.4.2.1 - MATERIAL MISTURADO

A mistura pode ser feita previamente ou no local da aplicação. A mistura prévia é feita com base no peso seco de cada um dos materiais que irão fazer parte da mesma, podendo ser usado como medida a concha do equipamento que irá misturá-los.

A mistura feita na pista terá o mesmo procedimento da mistura prévia, colocando-se na pista primeiro o material de maior proporção, em seguida o de menor proporção e seguida o espalhamento através da motoniveladora.

O material não poderá conter matéria orgânica, a granulometria deve ser superior a 25mm e o percentual de material argiloso não poderá superar a 20% a 30% da mistura total.

16.3.2.4.2.2 - MATERIAL SEM MISTURA

O material pronto para uso já na jazida deve ser transportado para o local de aplicação disposto em montes espaçados de tal forma que após o espalhamento com motoniveladora apresente uma camada regular entre 15 e 20cm.

16.3.2.4.3 - EXECUÇÃO

O serviço de execução da terraplanagem deve obedecer as seguintes condições:

- Execução da regularização do subleito;
- Execução do revestimento primário sobre o subleito limpo e na umidade ideal;

Destaca-se que nenhum serviço deve ser realizado em dias chuvosos.

16.3.2.4.3.1 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- 1 Escavadeira hidráulica (Marca: Case, Modelo: Cx 220) ou similar;
- 1 Motoniveladora (Marca: Caterpillar, Modelo: 140 H) ou similar;
- 1 Trator de pneus com grade de discos (Marca: xx, Modelo: xx) ou similar;
- 1 Rolo Compactador (Marca: Dynapac, Modelo: Ca - 250) ou similar;
- 1 Retroescavadeira (Marca: Case, Modelo: 580N) ou similar;
- 1 Caminhão-tanque equipado com motor bomba e esguicho;
- 1 Caminhão-pipa com capacidade de 8m³;
- 3 Caminhões basculante com capacidade de 12m³ cada.

16.3.2.4.3.2 - UMEDECIMENTO, ESPALHAMENTO E HOMOGENEIZAÇÃO

O teor de umidade ótima tirado no campo não deve exceder em 1 ponto percentual e nem ficar inferior a 2 percentuais da umidade ótima para compactação do material.

Se o teor de umidade ficar inferior ao limite mínimo, o material deverá ser revolvido com grade discos ou motoniveladora e umedecido, homogeneizado e compactado novamente.

Se o teor de umidade ficar superior ao limite mínimo o material deverá ser aerado com a grade de discos e com a motoniveladora simultaneamente, até que o material atinja a umidade adequada para uso.

16.3.2.4.3.3 - COMPACTAÇÃO DOS SOLOS

16.3.2.4.3.3.1 - COMENTÁRIO

A compactação é um método de estabilização e melhoria do solo através de processo manual ou mecânico, visando reduzir o volume de vazios do solo. A compactação tem em vista estes dois aspectos: aumentar a intimidade de contato entre os grãos e tornar o aterro mais homogêneo melhorando as suas características de resistência, deformabilidade e permeabilidade.

A compactação de um solo é a sua densificação por meio de equipamento mecânico, geralmente um rolo compactador, embora, em alguns casos, como em pequenas valetas até soquetes manuais podem ser empregados. Um solo, quando transportado e depositado para a construção de um aterro, fica num estado relativamente fofo e heterogêneo e, portanto, além de pouco resistente e muito deformável, apresenta comportamento diferente de local para local.

16.3.2.4.3.3.2 - ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Aplicando-se uma certa energia de compactação (um certo número de passadas de um determinado equipamento no campo ou um certo número de golpes de um soquete sobre o solo contido num molde), a massa específica resultante é função da umidade em que o solo estiver. Quando se compacta com umidade baixa, o atrito entre as partículas é muito alto e não se consegue uma significativa redução de vazios. Para umidades mais elevadas, a água provoca um certo efeito de lubrificação entre as partículas, que deslizam entre si, acomodando-se num arranjo mais compacto.

Na compactação, as quantidades de partículas e de água permanecem constantes; o aumento da massa específica corresponde à eliminação de ar dos vazios. Há, portanto, para a energia aplicada, um certo teor de umidade, denominado umidade ótima, que conduz a uma massa específica máxima, ou uma densidade máxima.

16.3.2.4.3.3.3 - ENSAIO NORMAL DE COMPACTAÇÃO

O ensaio de Proctor é padronizado no Brasil pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas por meio da NBR 7.182/2016 (Solo - Ensaio de compactação). Em última revisão, esta norma apresenta diversas alternativas para a realização do ensaio. Descreveremos inicialmente, nos seus aspectos principais, aquela que corresponde ao ensaio original e que ainda é a mais empregada.

A amostra deve ser previamente seca ao ar e destorroada. Inicia-se o ensaio, acrescentando-se água até que o solo fique com cerca de 5% de umidade abaixo da umidade ótima. Não é tão difícil perceber isto, como poderia parecer à primeira vista. Ao se manusear um solo, percebe-se uma umidade relativa que depende dos limites de liquidez e de plasticidade.

1. Uma porção do solo é colocada num cilindro padrão (10cm de diâmetro, altura de 12,73cm, volume de 1.000cm³) e submetida a 26 golpes de um soquete com massa de 2,5Kg e caindo de 30,5cm, ver Figura 01. Anteriormente, o número de golpes era de 25; a alteração da norma para 26 foi feita para ajustar a energia de compactação ao valor de outras normas internacionais. Levando em conta que as dimensões do cilindro padronizado no Brasil são um pouco diferente das demais. A porção do solo compactado deve ocupar cerca de um terço da altura do cilindro. O processo é repetido mais duas vezes, atingindo-se uma altura um pouco superior à do cilindro, o que é possibilitado por um anel complementar. Acerta-se o volume raspando o excesso.
2. Determina-se a massa específica do corpo de prova obtido. Com uma amostra de seu interior, determina-se a umidade. Com estes dois valores, calcula-se a densidade seca. A amostra é destorroada, a umidade aumentada (cerca de 2%), nova compactação é feita, e novo par de valores umidade-densidade seca é obtido. A operação é repetida até que se perceba que a densidade, depois de ter subido, já tenha caído em duas ou três operações sucessivas. Note-se que, quando a densidade úmida se mantém constante em duas

tentativas sucessivas, a densidade seca já caiu. Se o ensaio começou, de fato, com umidade 5% abaixo da ótima, e os acréscimos forem de 2% a cada tentativa, com 5 determinações o ensaio estará concluído (geralmente não são necessárias mais do que 6 determinações).

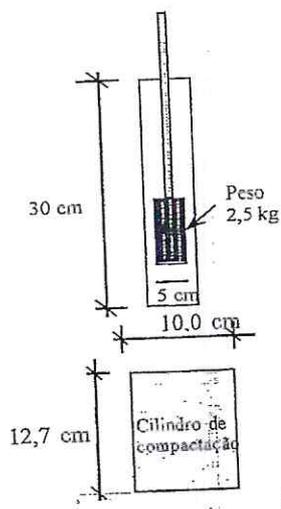


Figura 01: Cilindro para ensaio de compactação

16.3.2.4.3.3.4 - VALORES TÍPICOS

De maneira geral, os solos argilosos apresentam densidades secas baixas e umidade ótimas elevadas. Solos siltsosos apresentam também valores baixos de densidade, frequentemente com curvas de laboratório bem abatidas. As areias com pedregulhos, bem graduados e pouco argilosos, apresentam densidades secas máximas elevadas e umidades ótimas baixas.

16.3.2.4.3.3.5 - MÉTODOS ALTERNATIVOS DE COMPACTAÇÃO

A NBR 7.182/2016 de ensaio de compactação prevê as seguintes alternativas de ensaio:

- Ensaio sem reuso do material: é utilizada uma amostra virgem para cada ponto da curva;
- Ensaio sem secagem previa do material: dificulta a homogeneização da umidade. Para alguns solos a influência da pré-secagem é considerável;



Ensaio em solo com pedregulho: quando o solo tiver pedregulho a norma NBR 7.182/86 indica que a compactação seja feita num cilindro maior, com 15,24cm de diâmetro e 11,43 cm de altura, volume de 2.085 cm³. Neste caso o solo é compactado em cinco camadas, aplicando-se 12 golpes por camada, com um soquete mais pesado e com maior altura de queda do que o anterior (massa de 4,536 kg e altura de queda de 47,5 cm).

- Ensaio Proctor Normal

O ensaio Proctor Normal utiliza o cilindro de 10 cm de diâmetro, altura de 12,73cm e volume de 1.000cm³ é submetida a 26 golpes de um soquete com massa de 2,5Kg e caindo de 30,5cm. Corresponde ao efeito de compactação com os equipamentos convencionais de campo.

- Ensaio Modificado

O ensaio Modificado utiliza o cilindro de 15,24 cm de diâmetro, 11,43 cm de altura, 2.085 cm³ de volume, peso do soquete de 4,536 kg e altura de queda de 45,7 cm aplicando-se 55 golpes por camada. É utilizado nas camadas mais importantes do pavimento, para os quais a melhoria das propriedades do solo, justifica o emprego de uma maior energia de compactação.

- Ensaio Intermediário

O ensaio denominado Intermediário difere do modificado só pelo número de golpes por camada que corresponde a 26 golpes por camada, sendo aplicado nas camadas intermediárias do pavimento.

16.3.2.4.3.3.6 - EQUIPAMENTOS DE CAMPO

Os princípios que estabelecem a compactação dos solos no campo são essencialmente os mesmos discutidos anteriormente para os ensaios em laboratórios. Assim, os valores de peso específico seco máximo obtidos são fundamentalmente função do tipo do solo, da quantidade de água utilizada e da energia específica aplicada pelo equipamento que será utilizado, a qual depende do tipo e peso do equipamento e do número de passadas sucessivas aplicadas.

A energia de compactação no campo pode ser aplicada, como em laboratório, de três maneiras diferentes: por meios de esforços de pressão, impacto, vibração ou por uma combinação destes. Os processos de compactação de campo geralmente combinam a vibração com a pressão, já que a vibração utilizada isoladamente se mostra pouco eficiente, sendo a pressão necessária para diminuir, com maior eficácia, o volume de vazios interpartículas do solo.

Os equipamentos de compactação são divididos em três categorias: os soquetes mecânicos, os rolos estáticos e os rolos vibratórios.

1- Soquetes

São compactadores de impacto utilizados em locais de difícil acesso para os rolos compressores, como em valas, trincheiras, etc. Possuem peso mínimo de 15Kg, podendo ser manuais ou mecânicos (tipo sapo). A camada compactada deve ter 10cm a 15cm para o caso dos solos finos e em torno de 15cm para o caso dos solos grossos.

2- Rolos Estáticos

Os rolos estáticos compreendem os rolos pé-de-carneiro, os rolos lisos de roda de aço e os rolos pneumáticos.

- Pé-de-Carneiro

Os rolos pé-de-carneiro são constituídos por cilindros metálicos com protuberâncias (patas) solidarizadas, em forma tronco-cônica e com altura de aproximadamente de 20cm. Podem ser alto propulsivos ou arrastados por trator. É indicado na compactação de outros tipos de solo que não a areia e promove um grande entrosamento entre as camadas compactadas.

A camada compactada possui geralmente 15cm, com número de passadas variando entre 4 e 6 para solos finos e de 6 e 8 para solos grossos. A Figura 02 ilustra um rolo compactador do tipo pé-de-carneiro alto propulsivo.

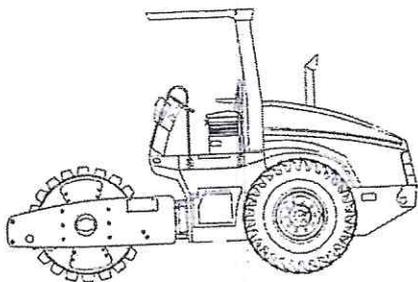


Figura 02: Rolo Pé-de-Carneiro

As características que afetam a performance dos rolos pé-de-carneiro são a pressão de contato, a área de contato de cada pé, o número de passadas por cobertura e estes elementos dependem do peso total do rolo, o número de pés em contato com o solo e do número de pés por tambor.

- Rolo Liso

Trata-se de um cilindro oco de aço, podendo ser preenchido por areia úmida ou água, a fim de que seja aumentada a pressão aplicada. São usados em bases de estradas, em capeamentos e são indicados para solos arenosos, pedregulhos e pedra britada, lançados em espessuras inferiores a 15cm.

Este tipo de rolo compacta bem camadas finas de 5 a 15cm com 4 a 5 passadas. Os rolos lisos possuem pesos de 1 a 20t e frequentemente são utilizados para o acabamento superficial das camadas compactadas. Para a compactação de solos finos utilizam-se rolos com três rodas com pesos em torno de 7t para materiais de baixa plasticidade e 10t, para materiais de alta plasticidade. A figura 03 ilustra um rolo compactador do tipo liso.

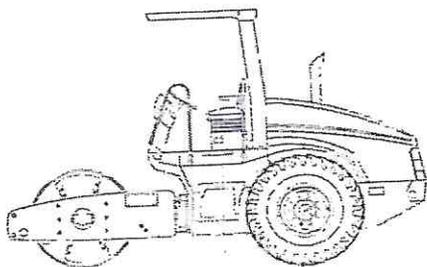


Figura 03: Rolo Liso

Os rolos lisos possuem certas desvantagens como, pequena área de contato e em solos mole afundá demasiadamente dificultando a tração.

- Rolo Pneumático

Os rolos pneumáticos são eficientes na compactação de capas asfálticas, bases e sub-bases de estradas e indicados para solos de granulação fina e arenosa. Os rolos pneumáticos podem ser utilizados em camadas de até 40 cm e possuem área de contato variável, função da pressão nos pneus e do peso do equipamento.

Pode-se usar rolos com cargas elevadas obtendo-se bons resultados. Neste caso, muito cuidado deve ser tomado no sentido de se evitar a ruptura do solo. A Figura 04 ilustra um rolo pneumático.

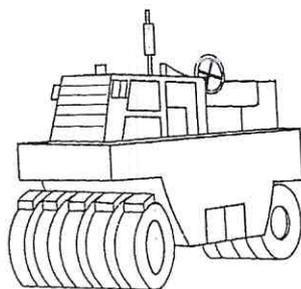


Figura 04: Rolo Pneumático

- Rolos Vibratórios

Nos rolos vibratórios, a frequência da vibração influi de maneira extraordinária no processo de compactação do solo. São utilizados eficientemente na compactação de solos granulares (areias), onde os rolos pneumáticos ou pé-de-carneiro não atuam com eficiência. Este tipo de rolo quando não são usados corretamente produzem super compactação. A espessura máxima da camada é de 15cm.

16.3.2.4.3.3.7 - EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO

Solos Coesivos

Nos solos coesivos há uma parcela preponderante de partículas finas e muito finas (silte e argila), nas quais as forças de coesão desempenham papel muito importante, sendo indicado a utilização de rolos pé-de-carneiro e os rolos conjugados.

Solos Granulares

Nos solos granulares há pouca ou nenhuma coesão entre os grãos existindo, entretanto atrito interno entre os grãos existindo, entretanto atrito interno entre eles, sendo indicado a utilização rolo liso vibratório.

Mistura de Solos

Nos solos misturados encontra-se materiais coesivos e granulares em porções diversas, não apresenta característica típica nem de solo coesivo nem de solo granular, sendo indicado a utilização de pé-de-carneiro vibratório.

Mistura de argila, silte e areia

Rolo pneumático com rodas oscilantes.

Qualquer tipo de solo

Rolo pneumático pesado, com pneus de grande diâmetro e largura.