

Compactação do solo – estudo de caso: recuperação do ramal das flores no Município de Manaus

Soil Compaction – case study: recovery of ramal das flores in the Municipality of Manaus

DOI:10.34117/bjdv8n5-291

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

Marlon Pinto Rodrigues

Discente de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Rua Av. Prof. Nilton Lins 3259 – Flores – Manaus – Am - Brasil

E-mail: pintorodriguesmarlon@gmail.com

Carlos Alberto Marques da Silva

Orientador – Engenheiro Civil– Professor Universitário

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Rua Av. Prof. Nilton Lins 3259 – Flores – Manaus – Am - Brasil

E-mail: carlos.silva@uniniltonlins.edu.br

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro

Especialista em didática no ensino superior tutoria e docência em EAD

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Rua Av. Prof. Nilton Lins 3259 – Flores – Manaus – AM – Brasil

E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

RESUMO

Tendo em vista que as estradas e rodovias não pavimentadas são predominantes na malha rodoviária brasileira, sendo estas responsáveis pelo escoamento da produção agrícola, a maioria das áreas produtivas estão localizadas em locais de difícil acesso. Estes locais são os meios de locomoção para população local, não somente para escoar produtos, mas também para receber insumos, acesso à educação, saúde e aos grandes centros urbanos. É de extrema importância que as estradas locais estejam em boas condições de rolamento. Este tipo de via pode dispor de revestimento ou não, mas não de pavimentos. Por tanto é necessário que estejam em boas condições de trafegabilidade o ano inteiro. Desta maneira realizou-se um estudo de caso no município de Manaus, sobre a execução de pavimentação em ramal, com objetivo de descrever uma breve revisão bibliográfica sobre as etapas da compactação. Optou-se por esse artigo tratar do tema “Compactação do Solo”, proposta de discussão do estudo de caso teve como base a execução da recuperação do Ramal dos Flores. Concluiu-se que estudos sobre a compactação tem uma grande importância nas construções de pavimentação em rodovias, pois ela é a base e ter uma boa execução faz toda diferença no decorrer de sua vida útil.

Palavras-chave: compactação, pavimentação, terraplanagem.

ABSTRACT

Considering that unpaved roads and highways are predominant in the Brazilian road network, which are responsible for the flow of agricultural production, most productive

areas are located in places of difficult access. These vicinals are the means of locomotion for the local population, not only to sell products, but also to receive inputs, access to education, health and to large urban centers. It is extremely important that the side roads are in good running condition. This type of road may or may not be covered, but not paved. Therefore, it is necessary that they are in good traffic conditions throughout the year. In this way, a case study was carried out in the city of Manaus, on the execution of paving in branch lines, with the objective of describing a brief bibliographic review on the stages of compaction. This article was chosen to deal with the theme "Soil Compaction", a proposal for discussion of the case study was based on the execution of the recovery of the Ramal dos Flores. It was concluded that studies on compaction are of great importance in road paving constructions, as it is the basis and having a good execution makes all the difference in the course of its useful life.

Keywords: compaction, paving, earthworks.

1 INTRODUÇÃO

Estradas não pavimentadas são predominante na malha rodoviária brasileira. As estradas vicinais são responsáveis pelo escoamento da produção agrícola, visto que a maioria das áreas produtivas estão localizadas em locais de difícil acesso. Esta por sua vez, é um dos maiores meios de locomoção para população local, não somente para escoar produtos, mas também para receber insumos, acesso à educação, saúde e aos grandes centros urbanos.

É de extrema importância que as estradas vicinais estejam em boas condições de rolamento. Este tipo de via pode dispor de revestimento ou não, mas não de pavimentos. Por tanto é necessário que estejam em boas condições de trafegabilidade o ano inteiro.

A atividade de terraplanagem consiste em modificar a topografia de um terreno, através da movimentação de terra. Para a pavimentação este processo tem vários usos, um deles é o nivelamento da área que receberá a pavimentação e exigirá terrenos regulares. Com isto, a terraplanagem acomodará projetos topográficos específicos para obra final.

Dentre esse contexto, a compactação das camadas de revestimento primário e subleito são imprescindíveis. Segundo, (PERAÇA, 2007), “a compactação aumenta a durabilidade do revestimento primário e melhora o desempenho do pavimento, na medida em que promove o aumento da resistência e melhora a diminuição da deformabilidade”.

De modo geral, as estruturas de pavimentos são construídas por diversas camadas, sendo de diferentes tipos, sendo compostas de materiais distintos como uma complexa interligação de propriedades diversas, a resistência e a deformabilidade, são calculadas quanto às tensões e deformações solicitadas.

Assim, este trabalho tem por conteúdo uma breve revisão bibliográfica sobre compactação do solo. Tendo como objetivo demonstrar as etapas da compactação através de estudo de caso realizado na recuperação do Ramal das Flores no município de Manaus.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

O objetivo geral deste trabalho é descrever uma breve revisão bibliográfica sobre as etapas da compactação do solo, demonstrando-as através do estudo de caso realizado no Ramal das Flores, no município de Manaus.

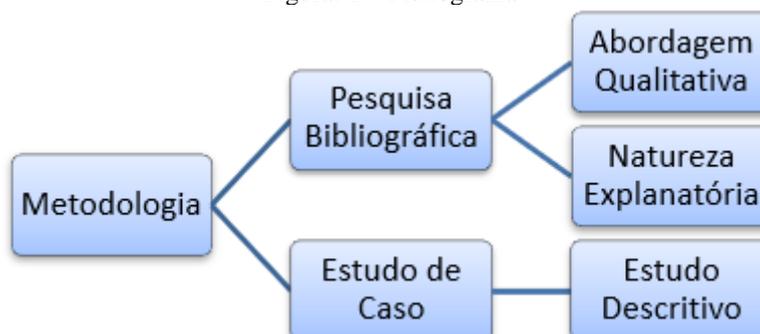
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✓ Realizar uma revisão bibliográfica sobre as etapas da compactação do solo.
- ✓ Demonstrar as etapas de compactação do solo, através do estudo de caso realizado na recuperação do ramal das Flores no município de Manaus.

3 METODOLOGIA

O presente artigo trata-se de um estudo de caso sobre a recuperação do Ramal das Flores no município de Manaus. O método de abordagem do artigo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e exploratória. Optou-se para esse artigo tratar do tema “Compactação do Solo”, através de obras de revitalização de ramais, com base nos dados coletados em campo e a literatura científica do qual traz uma análise mais técnica e específica sobre o mesmo, tendo em vista a sua natureza de aplicabilidade para o ramo das obras de estradas vicinais. A área de estudo compreende a recuperação do Ramal das Flores, no KM - 916 da BR – 174, no Município de Manaus - Am.

Figura: 1 – Fluxograma



Fonte: Autoria elaborado pelo autor

4 REVISÃO LITERÁRIA

4.1 COMPACTAÇÃO

De acordo com, (CAPUTO,1975), “entende-se como compactação de um solo, o processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios e, assim aumentar sua resistência, tornando-o mais estável”. A partir desse entendimento, a razão entre o volume de vazio e o volume de sólidos se tem o índice de vazios dado pela equação: $V = V_v/V_s$.

Desta maneira, percebe-se que quanto mais compactado for o solo, menor o volume de vazios e conseqüentemente, menor o índice de vazios, uma vez que os volumes dos grãos não se alteram. Quando o volume de vazios diminui há um aumento no grau de saturação devido à expulsão do ar, e com essa redução dos vazios as partículas tendem ficar mais próximas, com isso aumentam suas áreas de contatos o que ocasiona um aumento de resistência e estabilidade de forma a diminuir consideravelmente sua deformação. Como ocorre a aproximação das partículas, o solo fica em um estado mais denso onde dificulta a passagem de água aumentando dessa forma a impermeabilidade. Para um solo, o peso específico ainda depende da energia de compactação, que são os números de passadas com o equipamento de compactação e do teor de umidade do solo durante toda a duração do processo. Para, (JUNIOR & GOMES, 2019).

É importante destacar a diferença entre compactação e o adensamento, sendo a principal diferença a expulsão de ar durante a compactação e a expulsão de água durante o processo de adensamento. Só salientando que na compactação a expulsão do ar é conseguida de imediato, enquanto no adensamento a expulsão de água ocorre ao longo do tempo, podendo demorar mais de anos para ser expulsa.

Os objetivos da compactação são: aumento da resistência de ruptura; redução de possíveis variações volumétricas, (pela ação de cargas ou pela ação da água); impermeabilização, pela redução do coeficiente de permeabilidade, resultante do menor volume de vazios.

O crédito do início da técnica de compactação é dado ao engenheiro norte-americano Proctor, que, em 1933, publicou suas observações sobre a compactação de aterros. Para Proctor, os elementos que influenciam na qualidade da compactação do solo são: tipo de solo, teor de umidade do solo, esforço de compactação necessário.

A compactação é uma das etapas do aterro e pode ser considerada uma das mais importantes da terraplanagem, sendo responsável por garantir um adensamento uniforme em todo o maciço da terra, onde falhas cometidas podem resultar em escorregamentos,

processos erosivos e recalques excessivos gerando retrabalho. Ela depende também de fatores inexoráveis naturais como variações imprevistas do material nas jazidas e pluviometria. De acordo com, (RICARDO e CATALANI,2007), “esses fatores acabam agregando bastante responsabilidade ao trabalho de compactação executado, dadas as proporções financeiras de uma obra de terraplanagem”.

4.2 DEFINIÇÃO DE SOLO E SUA UTILIZAÇÃO

A definição depende de quem a utiliza, para a engenharia civil, os solos são aglomerado de partículas provenientes de decomposição da rocha, que podem ser escavados com facilidades, sem o emprego de explosivos, e que são utilizados como material de construção de suporte de estruturas. Na tabela abaixo, estão relacionadas suas utilizações.

Condição Natural	Fundação	Estruturas	Edifícios, Pontes, Viadutos
		Pavimento	Piso Industrial, Pátio, Estrada, Aeroporto
		Estrutura Enterrada	Casa de Força, Tubulações, Galerias
		Aterro	Barragem, Estrada, Industrial
	Solo Estrutural	Corte	Estrada, Mineração
		Vala	Fundação, Galeria
Material de Construção	Aterro		Barragem de Uso Múltiplos
	Bases e Sub-Bases		Estradas, Pátios

Geologicamente, define-se solo como o material resultante da decomposição das rochas pela ação de agentes de intemperismo. (DNER, 1996).

O solo em contato com a água perde totalmente sua resistência. Pode ser utilizado em suas condições normais e como material de construção. Em sua condição natural, será usado como elemento de suporte de uma estrutura ou como a própria estrutura, nem sempre sendo possível melhorar suas propriedades de uma forma econômica. Já como material de construção poderá ser usado, principalmente, na construção de aterros para finalidades diversas, como sub-bases de pavimentos. Sendo possível dar ao solo as características necessárias e desejadas em cada projeto.

É considerado um material heterogêneo, com propriedades variáveis, suas reações às tensões, principalmente à compressão, não são variáveis, podendo afetar enormemente seu comportamento, e anisotrópico, ou seja, suas propriedades e materiais que o compõem não são iguais. Com isso, se faz necessário o estudo do engenheiro geotécnico, que vem solucionar os problemas que um solo pode apresentar.

A partir da sondagem, se obtém variadas informações, como o perfil do solo metro a metro, o nível do lençol subterrâneo, que determina o fator da resistência dos solos e a determinação da resistência do solo às tensões. Existem vários métodos de investigação de subsolos, mas no Brasil o mais comum é a sondagem SPT, também conhecida como sondagem a percussão. Em posse dessas informações, o engenheiro poderá tomar decisões de projetos e sua execução mais eficiente, precisas, seguras e econômicas, como o melhor posicionamento da edificação no terreno.

4.3 TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade de um solo, define-se a umidade (h), sendo a razão entre o peso da água contida num certo volume de solo e o peso da parte sólida existente neste mesmo volume, sendo expresso em porcentagem.

$$h\% = \frac{P_a}{P_s} \times 100$$

Para sua determinação, basta determinar o peso da amostra no seu estado natural (razão pela qual a amostra a examinar não perder umidade) e o peso após completa secagem em uma estufa a 105° C ou 110° C. O seu valor varia entre limites muito afastados.

Sendo P_1 o peso original da amostra mais a tara.

$$P_1 = P + P_s + P_a$$

Onde P é o peso original da tara,

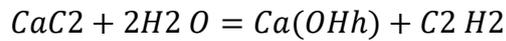
$$P_2 = P + P_s$$

O peso da amostra seca, tem-se

$$h = P_1 - \frac{P_s}{P_2} = \frac{P_a}{P_s}$$

Outro meio bem simples e rápido, para determinar a umidade, consiste no emprego Speedy. Ele é constituído por um reservatório metálico fechado que se comunica

com um manômetro destinado a medir a pressão interna. Dentro deste reservatório são colocados, em contato, uma certa quantidade de solo e uma determinada porção de carbureto de cálcio (CaC₂). Assim a água contida no solo combinando-se com o carbureto de cálcio, gera acetileno, tal como expressa pela equação:



Desta forma obtém-se quantidade de água existente no solo.

O excesso de umidade deixa água preenchendo espaços vazios e, subsequentemente, diminui a capacidade de suportar carga. Proctor, (apud MASSAD,2003), “observou que a densidade mais alta para a maioria dos solos está relacionada a um certo teor de água para um determinado esforço de compactação”.

4.4 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Compactação é um dos vários métodos para melhorar as propriedades mecânicas de um solo. É definido como um método mecânico baseado na expulsão de ar dos poros do solo reduzindo o índice de vazios sob umidade constante. As principais razões para compactação de solos em termos propriedades, de acordo com, (MITCHELL,1964).

- Redução de compressibilidade, (redução da variação do volume);
- Aumento de resistência (densificação através da variação da estrutura);
- Controle de tendência de variação volumétrica (com variação de umidade);
- Redução da permeabilidade (redução de vazios);
- Controle de propriedades resilientes (deflexão);
- Diminuição da sensibilidade ao congelamento (redução de vazios)

Segundo, (CRUZ, 1967), “quando se tratar de solos compactados deve-se considerar o tipo de compactação empregada (campo ou laboratório), e o fator relativo a destruição total, ou a permanência ou a reminiscência de uma estrutura original no solo resultante da compactação.

4.5 ENSAIO DE PROCTOR

Em 1930, o engenheiro Ralph Proctor, desenvolveu um método para a determinação do ponto ótimo de compactação dos solos, o ponto de máxima

compactação. Para ele, o resultado da compactação era a redução do volume de ar dos vazios, concluindo que ela era uma função da umidade dos solos.

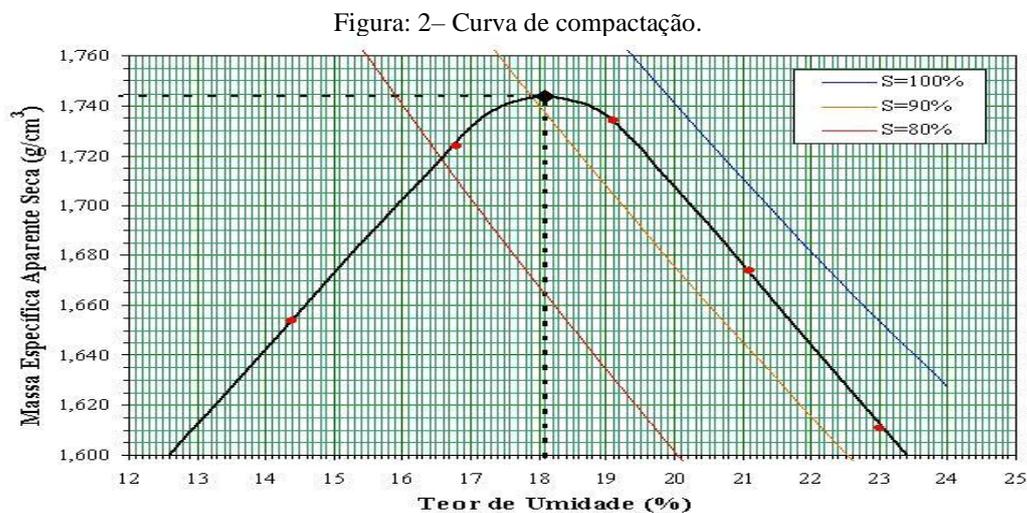
Então Proctor, aprimorou os trabalhos existentes, e tornou-se um nome de referência na compactação de solo.

Este ensaio consiste em compactar uma porção de solo em um cilindro com volume conhecido, fazendo-se variar a umidade de forma a obter o ponto de compactação máxima no qual obtém-se a umidade ótima de compactação. Podendo ser realizado em três níveis de energia de compactação, conforme a especificação da obra, normal, intermediária e modificada. A energia de compactação é dada pela equação:

$$E = (n * N * P * H) / V$$

- E - energia a ser aplicada na amostra de solo;
- n - número de camadas a serem compactadas no cilindro de moldagem;
- N – número de golpes aplicados por camadas;
- P – peso do pilão;
- H – altura de queda do pilão;
- V – volume do molde.

Geralmente, associa-se uma reta aos pontos ascendentes do ramo seco, outra aos pontos descendentes do ramo úmido e unem-se as duas por uma curva parabólica. Representado na figura:2, a curva de compactação.



Fonte: Wikipédia, (2022)

4.6 COMPACTAÇÃO EM LABORATÓRIO

Para, (MASSAD, 2003), “existem diversas forças de energia para a compactação e podem ser obtidas com cilindros, situações em que o único parâmetro diferenciador para a ser o número de golpes”.

Proctor Normal golpes com altura de 45,7 cm e peso de 4,5 kg com 5 camadas, e 55 para Proctor Modificado, com altura de 45,7cm e peso de 4,5kg com 5 camadas”.

O uso de equipamentos de pequeno porte visa compactar um solo com um menor dispêndio de tempo e com menores quantidades de solo.

Os principais tipos de compactação em laboratório são quatro:

- Por impacto: em que, para cada uma, dê um certo número de camadas. Deixa-se cair um peso de altura constante;
- Por pisoteamento; que, para moldes de 90 cm, consiste na aplicação de um esforço constante, através de um soquete com haste de 1,2 cm de diâmetro e mola, a força da mola pode ser ajustada.
- Por vibração: aplicável a solos granulares, em que se coloca uma sobrecarga no topo do solo, dentro do molde, ao mesmo tempo em que se vibra o conjunto;
- Estática: feita com aplicação de uma força a uma haste, acoplada a um disco com diâmetro pouco inferior ao do molde de compactação.

4.7 COMPACTAÇÃO DE CAMPO

No campo, após espalhar o material, uniformemente, em camadas mais ou menos horizontais, a compactação é feita, empregando, rolos compressores, pilões e vibradores, além de carros-pipa munidos de barra de distribuição, para irrigação. Podendo ser utilizado as vezes o material a ser compactado o permite, que é o caso de material siltoso, o próprio equipamento pesado de transporte, para obter a compactação.

Para, (CAPUTO, 1996), os equipamentos são empregados de acordo com a natureza do terreno.

Conforme as naturezas do terreno empregam-se rolos lisos (tipo “tandem” ou o de três rodas), rolos pé-de-carneiro ou rolos pneumáticos. Os primeiros para solos arenosos e os segundos para solos argilosos, sendo que os últimos são adaptáveis a quase todos os tipos de terreno. Os rolos pé-de-carneiro são arrastados por meio de tratores, a pressão sobre cada protuberância fixa ao tambor, varia com o peso do rolo, estando geralmente compreendida entre 10 e 40 kg/cm². Às vezes conjugam-se dois ou mais desses rolos, em série ou em bateria. A pesquisa de área de empréstimo começa com a execução de furos de sondagem.

Ainda de acordo com, (CAPUTO, 1996), a quantidade de água a ser adicionada ao solo é calculada em função da barra de distribuição e da velocidade dos equipamentos de compactação.

Pode ser determinado controlando-se os resultados em um trecho experimental, previamente escolhido. Constata-se que há um certo número de passadas (aproximadamente 10), além do qual é praticamente inútil prosseguir-se na compactação. É óbvio que esta será tanto mais econômica, quanto maior for a espessura das camadas e menor o número de passadas.

Os pilões manuais empregam-se apenas em trabalhos secundários, como aterros de valas, enquanto que os pilões a explosão, bem como os pilões a ar comprimido, têm grande aplicação, sobretudo pela sua adaptabilidade e todos os tipos de terreno.

Já os vibradores, são especialmente recordáveis para solos granulares, como são os solos arenosos ou pedregulhos. São vários os tipos e sistemas, entre os quais o processo chamado vibroflotation, que consiste em introduzir na camada de areia um vibrador provido com um injetor de água. A compactação é produzida ao se lançar o equipamento no terreno, pela ação simultânea dos efeitos de vibração e da injeção.

4.8 TERRAPLANAGEM

Terraplanagem é a operação destinada a conformar o terreno existente aos gabaritos definidos em projeto. De maneira geral ela engloba os serviços de corte (escavação de materiais) e de aterro (deposição e compactação de materiais escavados). Desta maneira a terraplanagem pode ser definida como sendo o movimento de terras necessários para modificar o terreno pré-existentes, de modo a se obter a forma desejada para o projeto de engenharia.

Para execução do serviço de terraplanagem, podem-se distinguir cinco operações básicas que ocorrem na sequência, ou, às vezes, com simultaneidade.

- Escavação;
- Carga do material escavado;
- Transporte;
- Descarga e espalhamento;
- Compactação.

Essas operações, podem ser executas pela mesma máquina ou por equipamentos diversos, exemplificando, um trator de esteira provido de lâmina, executa sozinho todas as operações acima indicadas, sendo que as quatro, primeiras simultaneidades. Estas

etapas estão inseridas desde o início da execução até os ensaios laboratoriais, que servem para testar a qualidade do material.

Para, (VARGAS,1978), “este método é utilizado para diversos tipos de execuções como o de aterros, estradas, aeroportos, prédios, barragens e até mesmo conjuntos habitacionais”.

A superfície terrestre é constituída de vários elementos, de uma maneira geral, para fins de terraplanagem, é constituída de rochas e solos.

- Rochas: materiais constituintes essenciais da crosta terrestre proveniente da solidificação do magma ou de lavas vulcânicas ou da consolidação de depósitos sedimentares, tendo ou não sofrido transformação metamórficas.

Esses materiais apresentam elevada resistência, somente modificável por contatos como ar ou água em casos muito especiais.

- Solos: materiais constituintes especiais da crosta terrestre provenientes da decomposição in situ das rochas, pelos diversos agentes geológicos, ou pela sedimentação não consolidada dos grãos elementares constituintes das rochas, com adição eventual de partículas fibrosas de material carbono e material orgânico coloidal.

Após a mecanização, a classificação baseia-se no equipamento, que será capaz de realizar economicamente o desmonte, desta forma as categorias são divididas em três:

- 1º a Categoria: são para os solos que podem ser escavados com auxílio de equipamentos comuns: trator de lâmina, motoscaper, pás-carregadeiras.
- 2º a Categoria: são os materiais removidos com equipamentos já citados, mas que pela sua maior consistência exigem um desmonte prévio feito com escarificador ou emprego descontínuo de explosivos de baixa potência.

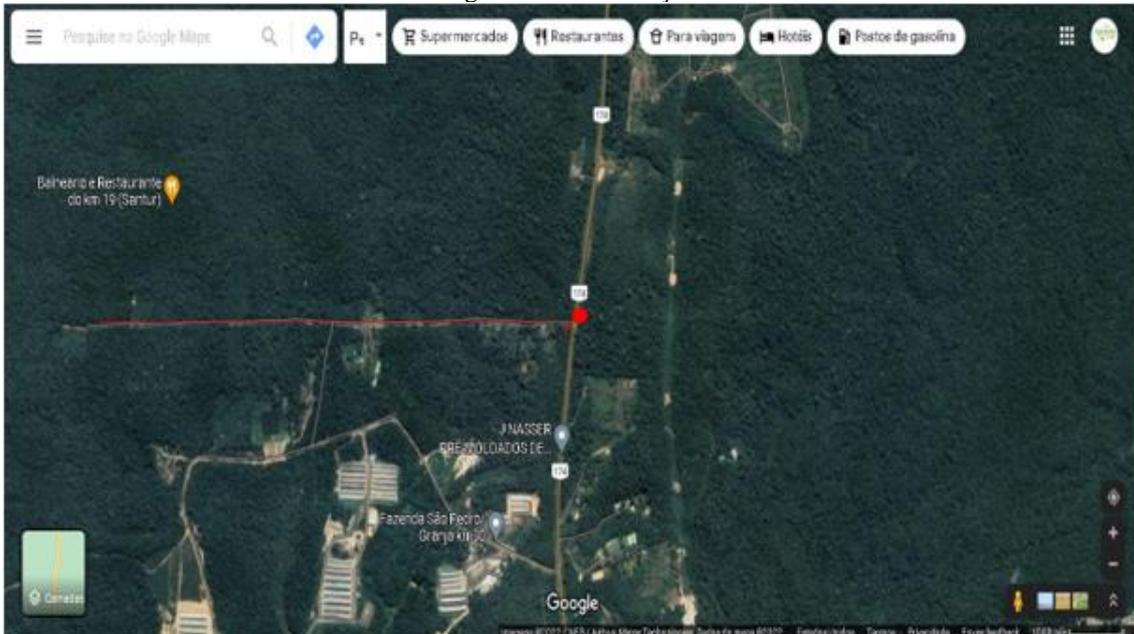
5 LOCALIZAÇÃO

Este estudo de caso trata-se da compactação do solo, com base no estudo de caso da recuperação do ramal, localizado no município de Manaus, a obra trata-se da “RECUPERAÇÃO DO RAMAL DAS FLORES, KM - 916 DA BR - 174”.

A obra supracitada CT – 033/2021 SEINFRA, consiste na construção de pavimentos, desde o desmatamento, retirada da camada granular, regularização do subleito, sub-base, base e camada de revestimento em concreto asfáltico, este estudo foi

realizado durante a execução das etapas de compactação. Conforme localização demonstrado na figura:3.

Figura: 3 – Localização.

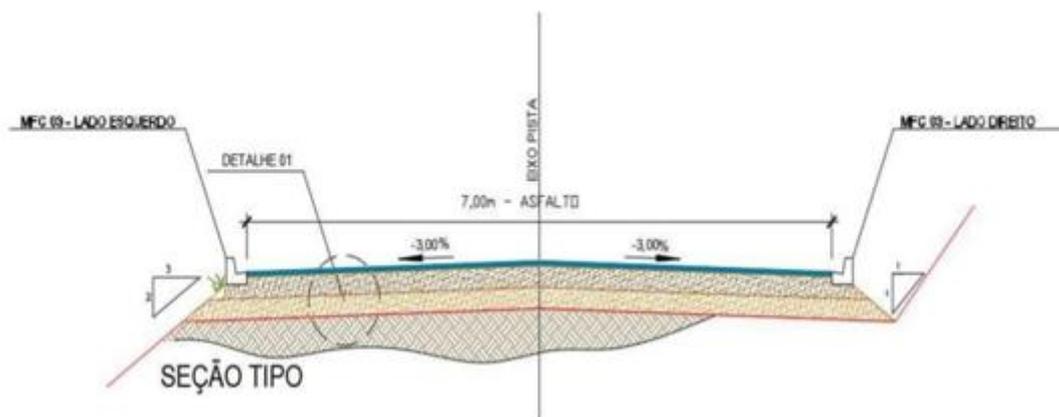


Fonte: Google Maps, 2022.

6 PROJETO

O projeto de recuperação do Ramal das Flores, foi disponibilizado pelo governo do Estado do Amazonas, através do processo licitatório N° CT-00032/2021 – CSC (Centro de Serviços Compartilhados).

Figura: 4 – Seção e perfil do pavimento



Fonte: Seinfra (2021)

DETALHAMENTO 1

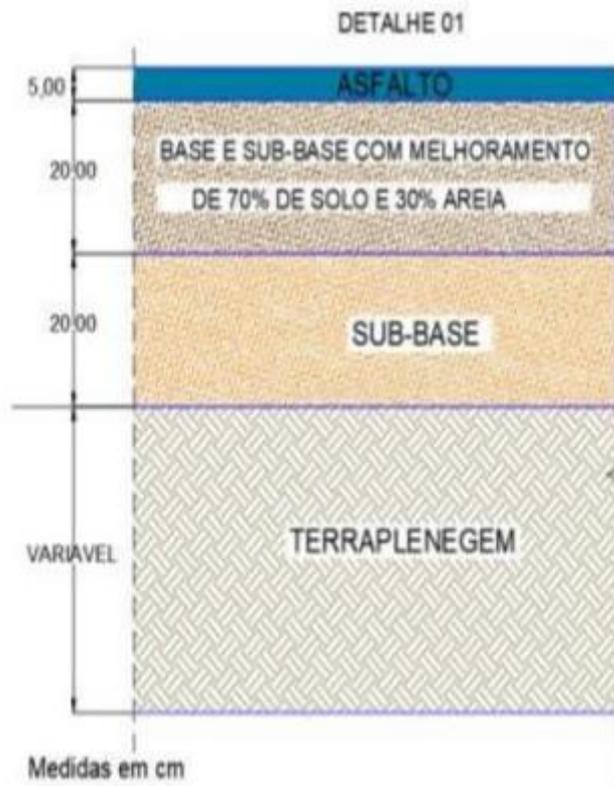


Figura: 5 – Placa de Identificação



7 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

7.1 LIMPEZA E DESMATAMENTO

Esta etapa iniciou logo após a aprovação do projeto juntamente com as licenças ambientais. Nesta etapa foi realizado o desmatamento, destocamento, retiras de restos de raízes. A remoção de toda vegetação foi realiza de forma mecanizada, juntamente com a remoção de tocos e raízes da camada solo vegetal. Por se tratar de estradas, havia muita matéria orgânica, que foi feito também a remoção. Conforme figura: 6

Figura: 6 – Limpeza.



7.2 FATOR DE COMPACTAÇÃO

Para o cálculo dos volumes compensados, foi levado em conta um fator de compactação que permitiu estabelecer a equivalência entre os volumes de corte e aterro. Considerou para os cálculos dos volumes a serem o fator de homogeneização conforme definido no Manual de Implantação Básica – DNIT/1996, ou seja, o parâmetro inverso do fator de contração, representado pela relação entre o volume compactado e o correspondente volume escavado nos cortes.

Adotou-se para a homogeneização entre os volumes de corte e aterro um fator multiplicativo médio igual a 1,27, alcançados a partir da relação entre a densidade máxima de laboratório, obtida no ensaio de compactação, e a densidade “in situ” dos cortes, acrescido das perdas sistemáticas no coroamento, fundo de transportadores em deslocamento, como, esteiras, fugas de materiais por chuvas torrenciais e recalques naturais na função dos aterros sob os pneus dos transportadores.

Este fator de acréscimo definido a partir de apropriação de campo é representado por um incremento de 5% sobre a relação y_{smax} e y_{nat} dos cortes e/ou empréstimos, conforme se apresenta:

$$\% \text{ compactação} = \frac{y_{sMax}}{y_{NAT}}$$

Sendo o fator de homogeneização (fh) = $1 + (1\% \text{ compactação}) = 1,21$, tendo como fator final = $fh \cdot 1,05 = 1,27$.

O emprego deste fator permitiu referir os volumes de terraplanagem a uma unidade comum, ou seja, à unidade de volume escavado (corte).

Nos que foram necessários executar o alargamento da plataforma de aterro, foi feito, previamente o denteamento do talude de aterro existente, do lado alargado, evitando o surgimento de trica provocados pela diferença de comportamento entre o aterro existente e o aterro novo. O volume de material escavado, proveniente do denteamento, foi utilizado na execução do alargamento tendo em vista que o mesmo já se encontrava compactado no corpo de aterro existente.

7.3 COMPACTAÇÃO DE ATERROS

Para conformação do corpo de aterro o material foi compactado a 100% da energia do Proctor Normal, exceto para as três últimas camadas, correspondente aos 60, 0 cm finais, onde foi aplicado a energia de compactação equivalente. Para os segmentos executado o alargamento foi aplicado a energia de compactação de 100% de Proctor Intermediário. Para os segmentos de alargamento a compactação aplicada foi equivalente a 100% do Proctor Intermediário.

7.4 MOVIMENTAÇÃO DAS MASSAS DE TERRAPLANAGEM

Para as distancias médias de transporte foram aplicadas as etapas abaixo:

Os volumes foram calculados através da utilização do software Auto CadCivil 3D, versão 2018, segundo o método da semissoma das áreas em cada par de seções sucessivas de projeto, gabaritadas, considerada a classificação dos horizontes como material de 1º categorias.

A análise da terraplanagem foi realizada com auxílio do Diagrama de Bruckner, para diminuir a distância de transporte entre os eixos de gravidade dos cortes e aterros projetados.

7.5 PROCESSO DE EXECUÇÃO DA COMPACTAÇÃO

Logo após o serviço de desmatamento, que realizou a retirada de toda a vegetação existente na faixa de domínio, realizado com a utilização de tratores de esteira e motosserras. Iniciou-se o processo de compactação, conforme figura:7 e 8.

Figura: 7 – Rolo compresso.



Figura: 8 – Compactação do material.



Foi passado oito vezes de cada lado o rolo vibratório da borda da estrada para seu centro. Com a camada de 30 cm, compactadas. Foi realizado o ensaio de grau de compactação, constatou-se 85% Proctor Normal, com desvio de umidade de +/- 2%. Sendo necessário realizar mais quatro passadas de em cada lado com o rolo vibratório.

Após a execução de regularização do subleito e sub-base, realizou-se a correção e homogeneização da umidade, adotando-se a especificação de serviço DNIT 139/-ES, onde determina a variação do teor de umidade admitido para o material é de menos de 2% até mais 1%, de umidade ótima.

Dando continuidade a etapa de compactação, foi determinado o número de passadas também de oito passadas para cada lado, da borda para o centro, finalizando de acordo com figura: 9.

Figura: 9 – Solo compactado.



8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estradas não pavimentadas são predominante na malha rodoviária brasileira. As estradas vicinais são responsáveis pelo escoamento da produção agrícola, visto que a maioria das áreas produtivas estão localizadas em locais de difícil acesso. Esta por sua vez, é um dos maiores meios de locomoção para população local, não somente para escoar produtos, mas também para receber insumos, ter acesso à educação, saúde e aos grandes centros urbanos.

É de extrema importância que as estradas vicinais estejam em boas condições de rolamento. Este tipo de via pode dispor de revestimento ou não, mas não de pavimentos. Por tanto é necessário que estejam em boas condições de trafegabilidade o ano inteiro. Como não há pavimento, estas estradas recebem apenas a compactação em sua recuperação.

Conforme apresentado neste trabalho, a compactação aumenta mecanicamente a densidade do mesmo através da expulsão do ar existente entre seus vazios. Desta maneira,

percebe-se que quanto mais compactado for o solo, menor o volume de vazios e consequentemente, menor o índice de vazios, uma vez que os volumes dos grãos não se alteram.

Isso possibilita que este tipo de estrada, possa proporcionar a população uma melhor trafegabilidade, porém requer constantes recuperações, uma vez que, estas estradas não recebem a pavimentação.

Este artigo, atendeu seu objetivo geral, apresentando a revisão bibliográfica sobre as etapas de compactação, o estudo de caso realizado no Ramal das Flores, no município de Manaus, explanou de forma clara e precisa as etapas de compactação na recuperação do ramal. Desta maneira, concluiu-se que estudos sobre a compactação tem uma grande importância nas construções de pavimentação em rodovias, pois ela é a base e ter uma boa execução faz toda diferença no decorrer de sua vida útil.

REFERÊNCIAS

- CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Volume 1: Fundamentos. 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos**. Volume I, Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos S.S., 1975.
- CRUZ, Paulo Teixeira da. **Propriedades de engenharia de solos residuais compactados da região Centro Sul – do Brasil**. Escola Politécnica, USP, pp. 21-29. São Paulo. 1967
- DNER. **Manual de pavimentação**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1996.
- ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS, **Recuperação do Ramal das Flores (15,3Km) Localizado no Município de Manaus/AM** – Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana de Manaus – SEINFRA. Manaus, 2022.
- JUNIOR, E.G.; GOMES, M. **Compactação do Solo no Campo**. Universidade Federal Rural do Semiárido- Ufersa, Mossóro, 2019.
- MASSAD, F. **Obras da terra** – curso básico de geotécnica, Oficina de Textos, São Paulo, SP 2003.
- MITCHELL, James K. “ Panel discussion on compaction, teting, and test results”. **Compaction of Soils. American Society for Testing and Materials**, pp. 80-135.
- PEREIRA, D.R.M. e COSTA, R. – **Terraplanagem**, Tomo I - Editora EDUCUA - 1983.
- RICARDO, G.; CATALANI, H. de S. **Manual prático de escavação – terraplenagem e escavação de rocha**. PINI, São Paulo - SP, 2007.
- VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos**. Mcgraw Hill do Brasil, São Paulo, SP, 1978, 509p.