

ANÁLISE DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADA NO OESTE DA BAHIA ATRAVÉS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO, COMPACTAÇÃO E EXPANSÃO DO SOLO.

Pedro Henrique Rocha Santana¹

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo avaliar uma importante estrada não pavimentada localizada no Oeste da Bahia, que possui fundamental importância no escoamento de grãos dessa região. Essa avaliação ocorreu em duas etapas, sendo a primeira relacionada a análise visual da superfície da via e posteriormente a investigação geotécnica dos trechos da estrada. Para a verificação das possíveis patologias da estrada e da sua análise, dividiu-se a mesma em 10 trechos iguais levando para o laboratório uma amostra de cada trecho de solo. Com base nos resultados dos ensaios, pode-se verificar a predominância no solo de material arenoso, com uma importante porcentagem de material fino e uma ausência de material de maior resistência, o que culminou na maioria dos defeitos encontrados na estrada. Com os resultados da caracterização visual e das investigações, foi possível propor algumas soluções para a correção e melhoria dos defeitos da via.

Palavras-chave: Caracterização, ensaios, estrada, solo.

ABSTRACT

This paper has the objective of evaluating an important unpaved road located in the West of Bahia, which has fundamental importance in the flow of grains of this region. This evaluation happened in two steps, the first one was related to the visual analysis of the surface of the road, and, then, the geotechnical investigation of stretches of road. In order to do an inspection of the road pathologies and its analysis, the road was divided in ten equals stretches, because of that, ten soil samples was taken to the lab. Based on this result, it was possible to confirm the predominance of sandy material in the soil, with mainly percentage of thin material, and the absence of the more resistant material, that resulted on the majority of the defects found on the road. With the results of the visual characterization and the investigation, it was possible to propose corrections for the defects and solutions for the improvement of the road.

Keywords: Characterization, trials, road, soil.

*

1 INTRODUÇÃO

Segundo CORREIO (2015), a região oeste é caracterizada por ser uma das principais áreas agrícolas do Estado da Bahia, onde se concentra mais de um terço de toda a riqueza do estado. As principais culturas agrícolas da região são: soja, algodão e milho. Sendo que em 2014 a região exportou mais de 2 milhões de toneladas de soja e derivados, cerca de 220mil

¹ Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), Barreiras-Bahia, Brasil.

Pós-Graduado em Engenharia Geotécnica com ênfase em Fundações, Unigrad, Vitória da Conquista-Bahia, Brasil

Email: pedrohrs@outlook.com

toneladas de algodão e subprodutos e aproximadamente 62 mil toneladas de milho e derivados. Sendo grande parte do transporte desses grãos feitos através das rodovias da região até os principais portos nacionais.

Segundo Santos Filho e Rios Filho (2008), a fundação de Brasília no ano de 1960 possibilitou uma maior interligação das regiões do país. O governo federal passou a investir na ampliação da sua malha rodoviária, a partir do projeto de Integração Nacional. Nesse contexto, surgem rodovias de extrema importância no oeste baiano, como é o caso da BR-135 e BR-242. Elas possibilitaram a ligação da região oeste com a capital Federal e a capital do Estado. A partir de então, outras importantes estradas pavimentadas e não pavimentadas foram surgindo na região, possibilitando a ligação do Oeste da Bahia com outros grandes centros urbanos.

Conforme Moreira (2003), a maior parte das estradas no país não são pavimentadas, seu surgimento normalmente está atrelado a ligação das zonas rurais com as cidades próximas, possibilitando assim, o acesso da população rural aos serviços disponíveis na zona urbana. Além disso, essas estradas são essenciais para os deslocamentos de produtos oriundos das regiões agrícolas para os principais centros comerciais.

Segundo Oda (1995), as estradas não pavimentadas são geralmente resultados de uma evolução de trilhas e caminhos críticos, que com o aumento do volume de tráfego passam a necessitar de melhorias nas suas condições de rolamento. O principal material de estudo das vias não pavimentadas é o solo local, a partir do qual se faz uma análise visual juntamente com ensaios laboratoriais. Com isso, possibilita-se o levantamento de informações para que se possa empregar os materiais adequados para a construção e/ou recuperação de estradas de terra. No Brasil, ainda é pequeno o investimento em pesquisas para manutenção e conservação desse tipo de estrada, além disso, a falta de mão de obra qualificada dificulta a execução desse tipo de via com boa durabilidade e segurança.

Para Cabral (2011), as estradas de terra possuem uma infraestrutura complexa tanto quanto uma rodovia pavimentada. Logo, é fundamental que as estradas não pavimentadas possuam boas condições de rolamento, além de apresentarem um sistema de drenagem eficiente.

Conforme Alves (2009), sem uma adequada manutenção, as estradas não pavimentadas entram em um processo de deterioração que provoca imensuráveis prejuízos tanto para o condutor quanto para a região, seja nos custos operacionais dos veículos como também prejudicando no desenvolvimento da economia regional.

Segundo Pinto (2006), o solo tem participação fundamental em qualquer obra da engenharia, seja participando como fundação ou até mesmo sendo utilizado como material de construção. Por isso, é de extrema importância o seu estudo. Logo, o estudo geotécnico surge com a responsabilidade de investigar o solo com o intuito de prever o seu comportamento para qualquer obra construtiva, além de fornecer os parâmetros básicos para determinação da capacidade resistiva do solo.

O objetivo desse trabalho é fazer a avaliação de uma importante estrada não pavimentada no Oeste Baiano. Para isso, foi feito um levantamento das principais patologias encontradas em campo, com base no Manual de Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais de Terra, IPT (1988). Além da avaliação visual foram obtidas informações a respeito da composição do solo através da execução dos principais ensaios geotécnicos de caracterização e de resistência: Ensaio de Granulometria, Limite de liquidez, Limite de plasticidade, compactação e expansão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Escolha da via

A estrada em estudo fica localizada no extremo Oeste da Bahia, próximo a divisa com Tocantins e Piauí. Ela contempla uma importante região agrária brasileira, conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). O estudo foi realizado em 30km de extensão dessa via não pavimentada. Ela serve para escoar os grãos de várias fazendas da região, com destino aos principais portos passando pelas rodovias BA-225, TO -247 e BR-135. Na Figura 1 é mostrada a localização da estrada em estudo e as principais vias em seu entorno.



Figura 1 – Estrada em estudo e as principais vias da região.

Fonte: Modificado de Google Earth, 2018.

Os 30km de extensão da via foram divididos em 10 trechos, cada um contendo 3,0km. Foram avaliados em cada trecho, a existência ou não das patologias definidas no Manual de Conservação e Recuperação das Estradas Vicinais, pelo IPT (1988). O intuito dessa avaliação foi para relatar a porcentagem de cada tipo de patologia encontrada em campo e, posteriormente, propor soluções viáveis para melhorar o conforto e a segurança dos usuários dessa via. Após a análise visual das patologias, foram retiradas 10 amostras de solo e executados os ensaios de caracterização, compactação e expansão.

2.2 Ensaios de caracterização

2.2.1 Ensaio de Granulometria

O ensaio de granulometria foi realizado de acordo com a ABNT NBR 7181:2016. Nessa norma, a análise granulométrica pode ser feita por sedimentação, acompanhada de peneiramento, ou simplesmente por peneiramento. Optou-se pela análise granulométrica apenas por peneiramento.

Após a secagem prévia do material, tomou-se cerca de 120 gramas de solo passante na peneira de 2,0mm. A norma prescreve a lavagem dos 120 gramas do solo na peneira de 0,075mm, utilizando para isso, água à baixa pressão, conforme mostrado na Figura 2. Para determinar a porcentagem de material que passava em cada peneira utilizada no processo, foi necessário primeiramente encontrar a umidade higroscópica do material passado na peneira de 2,0mm.



Figura 2 – Lavagem de 120 gramas de solo na peneira 0,075mm.
Fonte: O autor.

Após a lavagem, o material foi levado para a estufa há uma temperatura entre 105°C a 110°C, até que a massa do solo apresentasse constância. Com isso, utilizou-se o peneiramento fino nas 10 amostras do ensaio. Esse tipo de peneiramento só foi possível pois, após o desmanche dos torrões, 100% do material passava nas peneiras acima de 2,0mm. Dessa forma, após a secagem da massa, foram usadas as seguintes peneiras no agitador mecânico: 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15 e 0,075mm.

2.2.2 Limite de Liquidez e Plasticidade

De acordo com a ABNT NBR 6459:2016, o ensaio do limite de liquidez pode ser expresso como o teor de umidade do material sob o qual o solo “fecha” certa ranhura, sob o impacto de 25 golpes do aparelho de Casagrande.

Para a execução desse ensaio, foi necessário inicialmente a pesagem de 200 gramas do solo passados na peneira de 0,42mm, no qual metade foi utilizado para o ensaio de limite de liquidez e o restante para o ensaio de plasticidade, conforme a ABNT NBR 6457:2016. Após o fechamento da ranhura, transferiram-se pequenas quantidades do material próximo das bordas unidas para as cápsulas de pesagem, de forma que se obtivesse a umidade do solo. O ensaio foi repetido para 5 pontos cobrindo um intervalo de 15 a 35 golpes (energia de compactação). Na Figura 3 são mostrados os materiais utilizados neste ensaio, juntamente com a pasta de solo no aparelho de Casagrande.



Figura 3– Aparelho de Casagrande com o material para ensaio.
Fonte: O autor.

Já para a obtenção do limite de plasticidade, utilizou-se os 100 gramas restantes que foram pesados previamente no ensaio de Casagrande. Essa quantidade de material foi levada para dentro da cápsula de porcelana, sendo posteriormente adicionados pequenos incrementos de água, para que se pudesse obter uma pasta homogênea do solo. Para total homogeneização, foram levados cerca de 15 a 30 minutos. Em seguida, foram tomados cerca de 10 gramas da pasta e colados sobre a placa de vidro. Com o auxílio da palma da mão, a pasta foi rolada e pressionada sobre a placa até a obtenção de uma forma cilíndrica contendo 3mm de diâmetro. Como base de comparação foi necessário a utilização do gabarito cilíndrico conforme mostrado na Figura 4.



Figura 4– Ensaio de plasticidade com seus respectivos materiais.
Fonte: O autor.

Conforme a ABNT NBR 6457:2016, após a fragmentação do cilindro de solo feito com diâmetro de 3mm, levaram-se as partes para determinação da umidade. O ensaio foi repetido para 5 pontos de cada amostra. O resultado final foi expresso em porcentagem, obtido pela média dos valores que não se diferenciaram em 5% da média dos 5 pontos, conforme a NBR 7180:2016.

No caso de não obtenção de um solo cilíndrico com diâmetro de 3mm, foi considerado que o solo não apresentava plasticidade (NP).

2.2.3 Ensaio de Massa Específica

O ensaio de massa específica foi realizado de acordo com as determinações da ABNT NBR 6508:1984. Feito a secagem prévia da amostra, tomou-se cerca de 60 gramas de material, em virtude do solo estudado ser de caráter arenoso. Logo em seguida, o material foi submetido a imersão completa em água destilada em um período de 24 horas, realizando-se 3 ensaios para cada amostra. A Figura 5 apresenta a imersão de 3 amostras de solo com 60g.



Figura 5– Imersão do solo em água destilada.
Fonte: O autor.

Após o período de 24 horas, o material foi transferido para o copo de dispersão e adicionou-se água destilada a cerca de metade do copo. Após a dispersão em 15 minutos, o material foi levado até o balão volumétrico de 500cm³ e colocado na bomba de vácuo, em um período de aproximadamente 30 minutos. Foi necessária a agitação do balão em intervalos regulares para facilitar o processo de desprendimento de oxigênio. Em seguida, o balão volumétrico foi colocado na chapa quente em uma temperatura variando entre 200°C a 220°C.

2.3 Ensaios de Compactação e Resistência

Para a determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de solos compactados, foi necessário a utilização dos procedimentos expostos na NBR 7182 :2016.

Para o início da execução do ensaio foi necessária a fixação do molde cilíndrico com sua base rígida, colocando sobre a base um papel filtro com as mesmas dimensões do molde.

Na bandeja metálica com auxílio da proveta de vidro, foi adicionada água destilada de forma gradativa, até a obtenção de solo com teor de umidade em torno de 5% abaixo da umidade ótima presumível.

Foi adotado energia de compactação normal (12 golpes) para o ensaio, em virtude do material em estudo ser utilizado para subleito, conforme descrito no ME 172 :2016.

Após a compactação da última camada, foi retirado o excesso de solo acima do molde com o auxílio de uma régua biselada. Posteriormente, o conjunto cilindro e solo compactado foram pesados, conforme mostrado na Figura 6.



Figura 6— Pesagem do conjunto solo e cilindro após compactação da amostra.

Fonte: O autor.

Foram executados 5 pontos para elaboração da curva de compactação de cada amostra da estrada, sendo que, a partir do segundo ponto, incrementaram-se cerca de 2% de teor de umidade. Foram retirados em cada ponto 3 amostras do material para determinação da umidade, conforme solicitado na NBR 6457:2016.

A curva de compactação foi formada no eixo das ordenadas pela massa específica aparente seca de cada ponto e no eixo das abscissas pelos teores de umidade. A massa

específica aparente máxima foi encontrada pelo maior valor no eixo das ordenadas e, a sua correspondente no eixo das abscissas, gera o valor do teor de umidade ótima.

Obtidos os 5 pontos de compactação, foi colocado na parte superior do corpo de prova uma haste de expansão com um extensômetro, juntamente com sobrecargas de pesos anelares. Os corpos de prova foram colocados no reservatório por um período de 4 dias, em que a cada 24 horas anotaram-se as expansões do solo dados no extensômetro. Na Figura 7 é mostrado os corpos de prova com extensômetro no período de imersão.



Figura 7 – Colocação do extensômetro na haste de expansão.
Fonte: O autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação das Patologias

Na avaliação superficial dos 30 km da estrada, cerca de 80% (24,00 km) encontrava-se sem nenhum tipo de abaulamento em sua seção transversal, enquanto que o restante, 20% (6,00km), possuía uma certa inclinação para o escoamento das águas provenientes da chuva. Em alguns pontos foram encontrados buracos de variados tamanhos, além de “sumidouros” em pontos específicos da estrada, conforme mostrado nas Figuras 8 e 9.

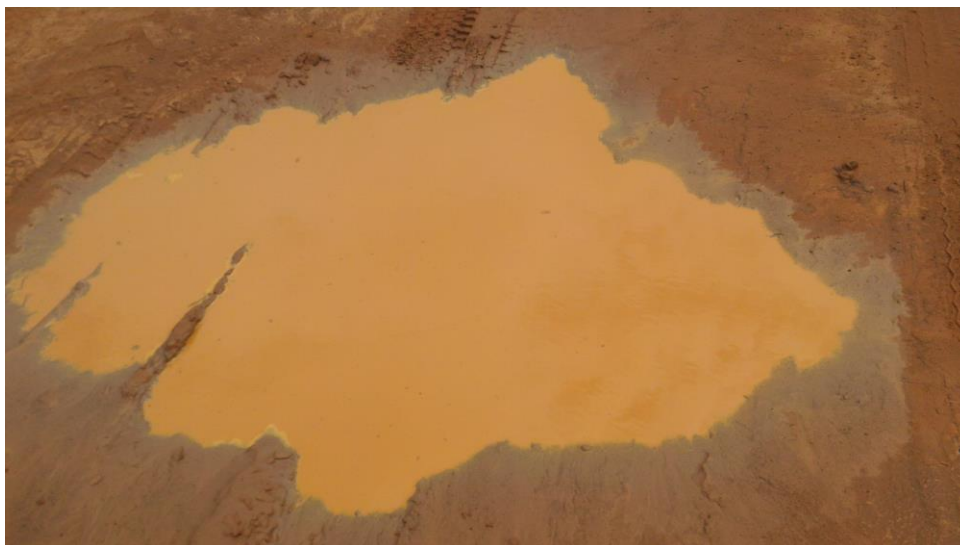


Figura 8– Formação de buracos no eixo da pista.

Fonte: O autor.



Figura 9 – Formação de grandes vazios no solo, conhecido como “sumidouros”.

Fonte: O autor.

Os “sumidouros” são grandes vazios internos no solo, que na falta de investigação geotécnica adequada, pode ocasionar grandes desastres nas construções em que eles aparecem. No Oeste da Bahia, é comum encontrar esse tipo de patologia em estradas vicinais, devido em grande parte ao carreamento de finos para o interior do solo em períodos chuvosos.

Como a investigação superficial da estrada foi feita no período chuvoso da região, pode-se observar bem os atoleiros formados nas bordas da pista. Esse problema pode ser causado pela falta de um sistema de drenagem nas laterais e, também, devido a presença de material fino com características plásticas, conforme mostrado na Figura 10.



Figura 10– Formação de Atoleiros ao longo da borda da pista.
Fonte: O autor.

Pela análise dos 10 trechos, verificou-se que 40% da estrada possuía excesso de pó, 30% de ondulações, 20% de buraco, 15% de atoleiro e 10% de trilha de roda, conforme mostrado na Figura 11.

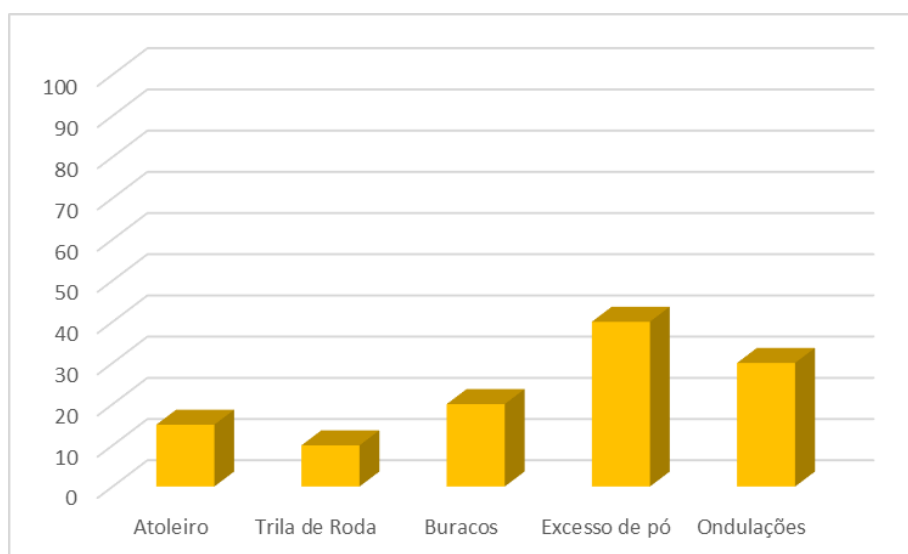


Figura 11 – Patologias encontradas nos 30 km de extensão da via.
Fonte: O autor.

3.2 Caracterização do solo

3.2.1 Análise Granulométrica do Solo

As curvas granulométricas das 10 amostras da estrada são apresentadas nas Figura 12. As curvas possuem formato, distribuição de grãos e porcentagem de finos bem semelhantes, o que evidencia o caráter uniforme do material em toda a estrada.

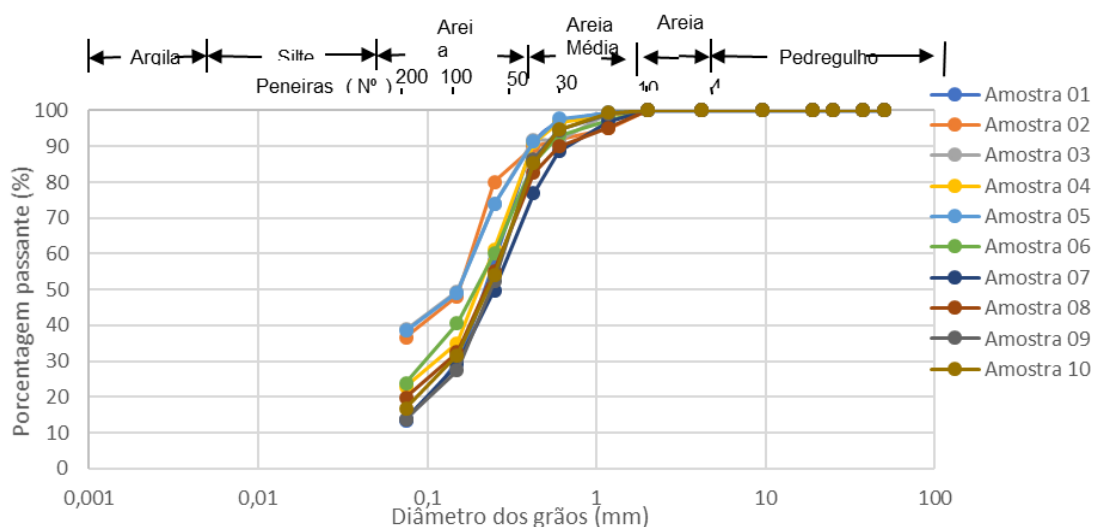


Figura 12– Curvas granulométricas das 10 amostras.

Fonte: O autor.

Na análise granulométrica da estrada, pôde-se notar a presença de material fino presente em todas as amostras. Em contrapartida, os grãos de grande dimensão (pedregulho e areia grossa) não foram encontrados no ensaio. Esse tipo de solo revela um desequilíbrio de material presente na estrada, favorecendo o surgimento de patologias como: trilha de rodas, excesso de pó, segregação lateral, ondulações, entre outros. Grande parte do material se apresenta na faixa de 2,0mm a 0,42mm, sendo correspondente à faixa de areia média. Em virtude desse solo apresentar predominância de partículas com o mesmo diâmetro, pode-se considerá-lo como um solo mal graduado. Esse tipo de solo não é o ideal para se utilizar nas construções rodoviárias. Ao contrário deles, os solos bem graduados apresentam melhor comportamento sob o ponto de vista da engenharia, em virtude das partículas menores ocuparem os espaços vazios correspondentes as maiores, criando um melhor entrosamento, o que resulta em uma menor compressibilidade e maior resistência. Nesse caso, o solo em questão precisa ser misturado com partículas com maiores dimensões, como é o caso da areia grossa e pedregulho, para que possa suportar as solicitações provenientes dos caminhões pesados.

Como o estudo é para fins rodoviários e notou-se por observação visual que as amostras possuíam em grande parte material arenoso, optou-se por realizar apenas ensaio de peneiramento, sem ensaio de sedimentação, não sendo necessário a utilização do defloculante, conforme preconizado na NBR 7181:2016.

3.2.2 Limites de Consistência e Massa Específica

Para uma caracterização completa das amostras, foi necessário determinar o comportamento do material fino presente no solo. Por esse motivo, foi determinado a massa específica, o limite de liquidez, plasticidade e, conseqüentemente, o índice de plasticidade das 10 amostras, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1– Limites de consistência e massa específica das 10 amostras da estrada.

Amostra	Massa específica (g/cm³)	Limite de liquidez (%)	Limite de plasticidade (%)	Índice de plasticidade (%)
1	2,910	17,10	14,83	2,27
2	2,700	17,59	12,00	5,59
3	2,705	16,20	11,4	4,80
4	2,899	11,80	10,4	1,40
5	2,790	15,60	12,4	3,20
6	2,912	8,60	NP	NP
7	2,915	13,90	10,70	3,20
8	2,954	11,30	9,90	1,40
9	3,004	11,90	NP	NP
10	2,853	13,90	10,9	3,00

Fonte: O autor.

Conforme Caputo (1998), o material fino tem uma grande influência no comportamento plástico do solo. É possível, por meio da classificação de Jenkins, determinar se um solo é fracamente plástico, ou até mesmo se possui alta plasticidade, conforme mostrado na Tabela 2. Esse tipo de estudo é de extrema importância para estradas não pavimentadas, pois determina se será necessário composição do solo para combater essa expansão.

Tabela 2– Plasticidade do solo conforme o Índice de Plasticidade.

Plasticidade	Índice de Plasticidade (IP)
Fracamente plástico	$1 < IP < 7$
Medianamente plástico	$7 < IP < 15$
Altamente plástico	$IP > 15$

Fonte: Caputo, 1988.

Os solos que apresentam grande quantidade de material fino são mais plásticos. Logo, esses tipos de solo não são recomendados para obras rodoviárias, em virtude da sua baixa capacidade de suporte, além da sua alta deformação com a passagem de tráfego pesado. Na análise da Tabela 1, verificou-se que 80% das amostras se encontrava na faixa de fraca plasticidade, ou seja, apesar de apresentarem porcentagens de material fino, o material

arenoso foi predominante. Além disso, 20% das amostras se encontravam como Não Plástica (NP), comprovando a predominância de material arenoso em relação ao fino.

Na massa específica das amostras, pôde-se notar uma diminuição do seu valor em virtude do crescimento do material fino presente no solo. Isso ocorre devido os solos de granulometria fina possuírem massa específica menor do que os solos mais grosseiros. Para obras rodoviárias é necessário que haja uma melhor distribuição dos grãos, tornando estruturas mais densas e compactas, para que se possa resistir a tensões provocadas pelo tráfego, sem se deformarem de forma considerável.

Para vias não pavimentadas, é necessário que haja um equilíbrio na composição do solo, visto que, estradas com boas condições de rolamento e segurança são compostas por materiais granulares em conjunto com materiais finos (ligantes).

3.2.3 Ensaio de Compactação

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte - DNIT (2006), a compactação é a operação da qual resulta-se um aumento da massa específica aparente de um solo gerada pela aplicação de pressão, impacto ou vibração, ocorrendo assim, uma maior interação entre as partículas, em virtude da expulsão de ar dos vazios existentes no solo.

As curvas de compactação das 10 amostras estão apresentadas nas Figuras 13 e 14. Para baixos teores de umidade, o solo ofereceu resistência a compactação, resultando baixos valores de massa específica aparente. Consequentemente nesses pontos, com o solo detendo de altas porcentagens de vazios de ar, o acréscimo de umidade no solo tornou-se o material mais trabalhável, resultando em maiores valores de massa específica aparente e menores porcentagens de vazios de ar até um certo limite. Neste ponto, o material apresentou sua densidade específica aparente máxima, correspondendo a sua menor porcentagem de vazios de ar, o que obtém o valor da sua umidade ótima.

A partir desse ponto, de densidade aparente máxima e umidade ótima, à medida que se acrescentava umidade nas amostras, a interação água e ar mantinha as partículas de solo afastadas, dificultando assim, a diminuição dos vazios de ar presente no material. Logo, existe um novo aumento de vazios de ar e diminuição da massa específica aparente.

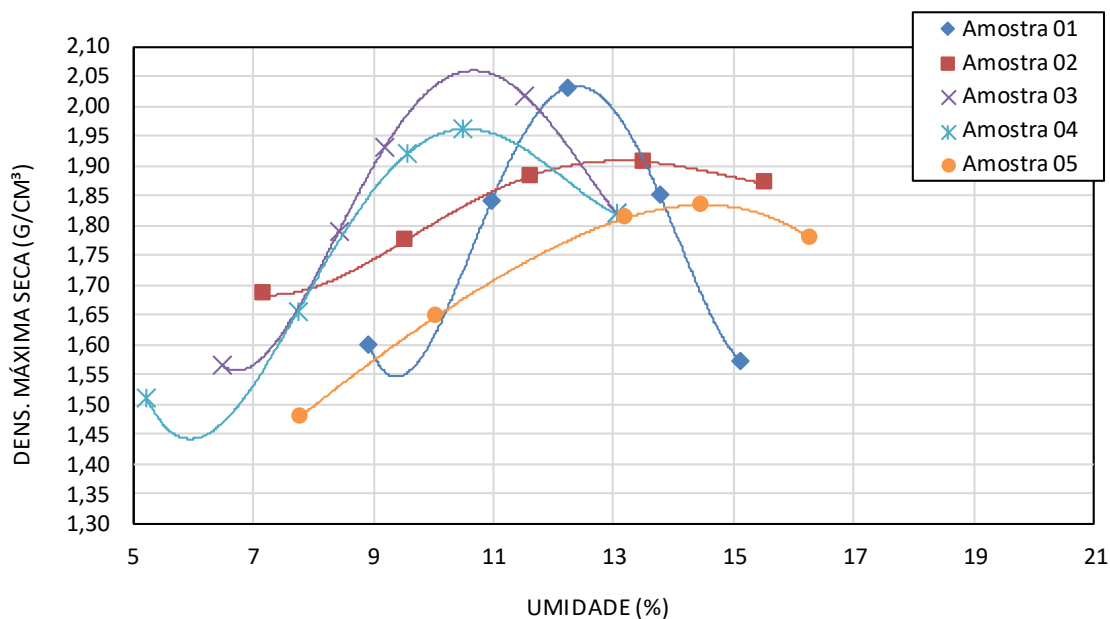


Figura 13 – Ensaio de Compactação das amostras 01 a 05.
Fonte: O autor.

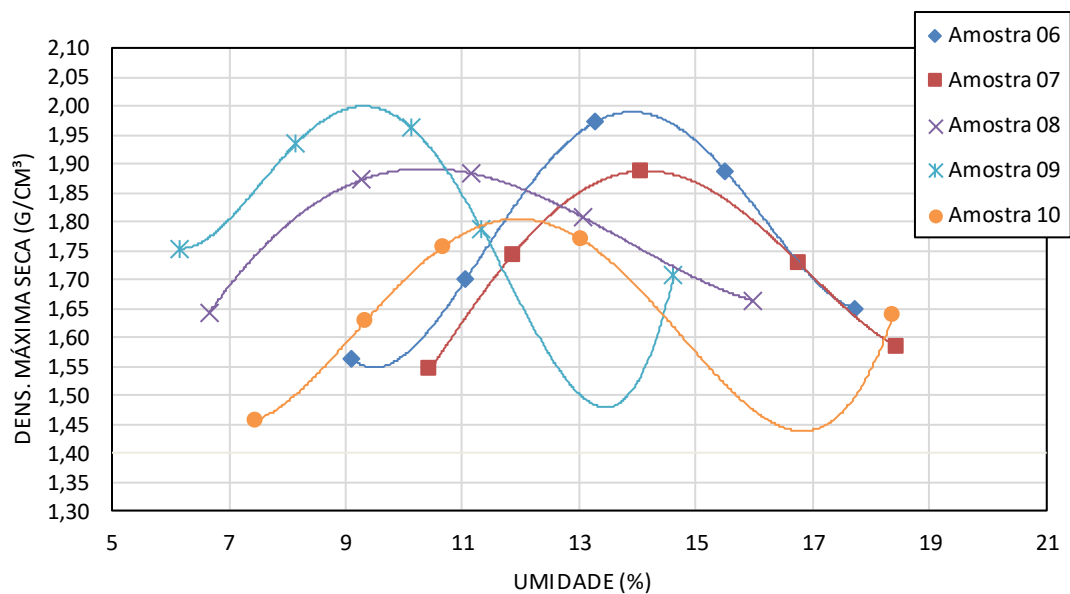


Figura 14 – Ensaio de Compactação das amostras 06 a 10.
Fonte: O autor.

Para as curvas que apresentaram determinada acentuação, segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), são as amostras que possuem maior resistência, ou seja, possuem material de maior granulometria, além de uma maior coesão. Já para as curvas de compactação mais achatadas, o material formador do solo é de granulometria fina, de menor resistência, culminando em solos mais deformáveis.

Para fins de obras rodoviárias é recomendado que, os solos apresentem curvas de granulometria acentuada, em virtude de apresentarem melhor interação entre os grãos, formando camadas mais resistentes e homogêneas. Logo, existe nesse tipo de solo materiais melhores graduados, possuindo uma curva granulométrica que se aproxima mais de uma reta inclinada em 45° (situação ideal).

No momento da execução do ensaio, observou-se que as amostras com maiores porcentagens de finos apresentaram alta deformabilidade e teores de umidade acima da ótima. Em campo, o aumento do teor de umidade acima da ótima em solos com boas porcentagens de finos, em especial as argilas, podem gerar solos “borrachudos”, ou seja, solos altamente plásticos e com baixa capacidade de suporte. Em contrapartida, solos compactados com teores de umidade abaixo da ótima, podem gerar solos sem coesão, acarretando em desagregação do material das camadas. Logo, é fundamental o adequado teor de umidade no processo de compactação de uma estrada, atrelado ao correto número de passadas do equipamento de compactação.

3.2.4 Ensaio de Expansão

Após 24h de imersão, anotaram-se os valores de expansão dos corpos de prova durante o período de 4 dias. Os valores estão expressos na tabela abaixo.

Tabela 3– Expansão das 10 amostras de solo.

Amostra	Expansão (%)					Total
	1º Ponto	2º Ponto	3º Ponto	4º Ponto	5º Ponto	
1	1,02	0,55	0,40	0,1	0	2,07
2	3,08	2,22	1,54	1,42	1,06	9,32
3	3,36	3,44	1,71	1,31	1,02	10,38
4	2,52	1,86	1,10	0,90	0,40	6,78
5	2,04	1,79	1,00	0,90	0	5,73
6	1,68	1,25	1,20	1,00	0	5,13
7	1,5	1,2	0,95	0,90	0	4,55
8	2,60	1,40	1,30	0	0	5,30
9	1,50	1,00	0,80	0,4	0	3,70
10	2,40	1,80	1,20	0,90	0	6,30

Fonte: O autor.

A característica de expansibilidade do solo é uma virtude do material fino presente nas amostras, em especial das argilas. A norma D 4829:1995a apresenta os valores limites que classificam o potencial de expansão do solo, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do potencial de expansão.

Índice de Expansão (I_e)	Potencial de expansão
0-2	Muito baixo
2,1-50	Baixo
5,1-9,0	Médio
9,1-13,0	Alto
>13,0	Muito alto

Fonte: ASTM D 4829,1995.

Com base na análise das Tabelas 3 e 4, verificou-se alta expansão do solo em 20% das amostras, além de médio potencial de expansão em 50% das amostras e baixo potencial de expansão em 30% delas. Esses dados mostram que em uma futura pavimentação da estrada, patologias associadas na expansão dos argilominerais presentes no solo pode ocorrer, o que pode ocasionar trincas nesse trecho e deformações transversais ao longo da estrada. Como forma de correção dessa alta expansão do solo, alguns autores mostram que a adição de certos teores de cal no solo pode ajudar nessa característica, além de resultar em um importante ganho de resistência do material.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados encontrados na investigação geotécnica, associados ao levantamento das principais patologias encontradas em campo, foi possível relacionar as causas e consequências do material da estrada. Um importante aspecto observado com os resultados encontrados foi a uniformidade do material em praticamente os 30km de estrada. O tráfego pesado de caminhões de carga, juntamente com a ausência de material de maior resistência, culminou em grande parte dos defeitos encontrados. Outro fator preponderante, foi o fato da via não passar por manutenção já há algum tempo. Esse é um problema determinante pois, devido principalmente ao período chuvoso causar grande degradação do

material, é fundamental que estradas de terra passem por revisão de suas características de 2 em 2 anos.

Devido as características apresentadas pelo solo, é necessário que haja uma mistura do material natural com grãos de maiores dimensões, para que assim se forme uma estrutura bem graduada, compacta e durável. Para isso, a região dispõe de áreas de cascalheiras, que serviriam com uma solução economicamente viável.

Outro ponto para importante intervenção na estrada, está na adição de material que diminua a expansão do solo, para que a estrada não apresente trechos deteriorados, fissurados e deformados ao longo da extensão da via. Entretanto, mesmo com essas melhorias, não se pode abrir mão de uma adequada manutenção, visto que, manutenção preventiva (no caso das estradas não pavimentadas, de 2 em 2 anos) potencializa o uso das vias e, diminui o gasto com futuros reparos.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.A.N. **Características Geotécnicas de Estradas Não Pavimentadas do Município de Bauru-SP**, Campinas, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D 4829**: Standard Test method for Expansion Index of Soils, Philadelphia, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS.**NBR 6457**: Amostras de Solo – Preparação Para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

_____.**NBR 6459**: Solo – Determinação do Limite de Liquidez – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

_____.**NBR 6508**: Grãos de Solos que Passam na Peneira de 4,8 mm – Determinação da Massa Específica – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

_____.**NBR 7180**: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

_____.**NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

_____.**NBR 7182**: Solo – Ensaio de Compactação – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

CABRAL, E.S.P. **Estudo de Caso sobre Conservação de Rodovias Não Pavimentadas**, Belo Horizonte, 2011.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**, 6 ed. Vol.1. Rio de Janeiro, 1998.

CORREIO, **Região Oeste concentra mais de um terço de toda riqueza agrícola da Bahia**-Disponível em < <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/regiao-oeste-concentra-mais-de-um-terco-de-toda-riqueza-agricola-da-bahia/>> Acesso em 31 de janeiro, 2019.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **IPR 719: Manual de Pavimentação**, 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2006, 274 p.

_____. **ME 172: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Estradas vicinais de terra: Manual de Técnico para Conservação e Recuperação**, 2ª Ed. São Paulo, 1988.

MOREIRA, F.E.B. **Um Modelo de Avaliação da Evolução Geométrica das Patologias de vias Não Pavimentadas: Aplicação de caso do Município de Aquiraz**. Dissertação (Mestrado Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. Oficina de textos. 2006.

ODA, S. **Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas Não Pavimentadas**. Dissertação de Mestrado, São Carlos-SP, 1995.

SANTOS FILHO, A.M. E RIOS FILHO, J.N.V. **A Revalorização Econômica do Oeste Baiano a partir da Expansão da Agricultura e Surgimento de um Novo Território: O município de Luís Eduardo Magalhães-BA**, 2008.