



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

ANTONIO ADEDSON DIAS DE ALMEIDA

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UMA JAZIDA PARA ATERRO DE ESTRADA RURAL

Palmas – TO

2017

ANTONIO ADEDSON DIAS DE ALMEIDA

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UMA JAZIDA PARA ATERRO DE
ESTRADA RURAL

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. M.Sc. Jacqueline Henrique.

Palmas – TO

2017

ANTONIO ADEDSON DIAS DE ALMEIDA
ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UMA JAZIDA PARA ATERRO DE
ESTRADA RURAL NA FAZENDA ESTRELA DO NORTE, COUTO MAGALHÃES-TO

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. M.Sc. Jacqueline Henrique.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Jacqueline Henrique
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.Sc. Roberta Mara Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Euzir Chagas
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO
2017

RESUMO

ALMEIDA, Antonio Adedson Dias. Análise Das Características Físicas De Uma Jazida Para Aterro de Estrada Rural Na Fazenda Estrela do Norte, Couto Magalhães - TO. 2017. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO.

Esta pesquisa tem como tema central a análise das características físicas de uma jazida para aterro de estrada rural na fazenda Estrela do Norte, Couto Magalhães - TO para utilização em aterro de estradas vicinais. Existem poucos locais destinados à exploração de jazidas na região nordeste de Couto Magalhães, justificando a grande importância da investigação dessas áreas. O processo da análise das características físicas é o que possibilita a caracterização da jazida em vários aspectos, como características da região, e do solo, além da quantidade do material. Observando-se o que foi exposto, este trabalho tem como objetivo caracterizar as áreas com ocorrências de materiais, realizar a caracterização do solo para emprego em aterros de estrada vicinal e por fim verificar se essas jazidas atendem aos requisitos exigidos na etapa de prospecção preliminar. A metodologia utilizada baseia-se em revisão bibliográfica para caracterização e procedimentos de sondagem e coleta, ensaios laboratoriais para caracterização dos solos estudados e para análise dos resultados foram utilizadas as normas do DNIT de base estabilizada granulometricamente com a utilização de solos lateríticos, sub-base e reforço do subleito. O presente estudo demonstrou que os volumes encontrados para as duas jazidas estudadas apresentaram um valor satisfatório para uma exploração, em relação à utilização desses solos, em relação aos índices, constatou-se que os materiais apresentam características mínimas para utilização como camada de reforço do subleito, enquanto que para a utilização desses materiais como camadas de base e sub-base é necessário se realizar um processo de estabilização granulométrica através de misturas de materiais. Dessa forma recomenda-se um estudo completo para as duas jazidas estudadas para emprego em pavimentos flexíveis.

Palavras-chave: Análise Das Características Físicas, jazidas, Aterro.

ABSTRACT

ALMEIDA, Antonio Adedson Dias. Analysis of the Physical Characteristics of a Rural Road Landfill in the North Star Farm, Couto Magalhães - TO. 2017. Dissertation (Undergraduate in Civil Engineering). Luterano University Center of Palmas, Palmas - TO.

This research has as its central theme the analysis of the physical characteristics of a landfill for rural road landfill at the Estrela do Norte farm, Couto Magalhães - TO for landfill use. There are few sites destined to the exploitation of deposits in the northeast region of Couto Magalhães, justifying the great importance of the investigation of these areas. The process of the physical characteristics analysis is what allows the characterization of the deposit in several aspects, as characteristics of the region, and of the soil, besides the quantity of the material. The objective of this work is to characterize the areas with occurrences of materials, to perform the characterization of the soil for use in landfills and to verify if these deposits meet the requirements of the preliminary prospecting stage. The methodology used is based on literature review for characterization and sampling and collection procedures, laboratory tests to characterize the studied soils and for the analysis of the results were used the DNIT standards of stabilized base granulometrically with the use of lateritic soils, sub-base and reinforcement of the subgrade. The present study demonstrated that the volumes found for the two fields studied presented a satisfactory value for an exploration, in relation to the use of these soils, in relation to the indexes, it was verified that the materials present minimal characteristics for use as layer of reinforcement of the subgrade, whereas for the use of these materials as base and sub-base layers it is necessary to carry out a granulometric stabilization process through mixtures of materials. In this way, a complete study is recommended for the two reservoirs studied for use in flexible pavements.

Keywords: Analysis of Physical Characteristics, deposits, Landfill.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Perfis de solo com cores distintas, relacionadas a processos de formação de solo.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2 - Variação do volume do solo em função do teor de umidade.....	19
Figura 3 – Tipos de solos do município de Couto Magalhães	Erro! Indicador não definido.
Figura 4 - Localização do município de Couto Magalhães	Erro! Indicador não definido.
Figura 5 - Área de ocorrência do material	Erro! Indicador não definido.
Figura 6 - limpeza e retirada do expurgo	27
Figura 7 - Armazenamento das amostras	27
Figura 8 - Amostras no laboratório de solos CEULP/ULBRA I	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 - Esquema de preparo de amostra de solos para os ensaios de caracterização	29
Figura 10 - : Secagem do material ao ar	29
Figura 11 - Retirada de pedregulhos por peneiramento	30
Figura 12 - Lavagem do material retido na peneira #10	30
Figura 13 - Amostras na estufa para secagem.....	30
Figura 14 - Execução de peneiramento.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 15 - : Material retido na peneira 0,42mm	Erro! Indicador não definido.
Figura 16 - Dosagem do material com água	Erro! Indicador não definido.
Figura 17 - Material no aparelho Casa Grande	32
Figura 18 - Moldando sobre placa esmerilhada.....	32
Figura 19 - : Amostras de LL e LP	32
Figura 20 - Homogeneização do material.....	34

Figura 21 - Operador compactando amostra em cilindro	34
Figura 22 - Moldagem do material no cilindro.....	34
Figura 23 - Amostras imersas no tanque	36
Figura 24 - Cilindro com extensor para aferição da expansão	36
Figura 25 - Corpo de prova na prensa	36
Figura 26 - Localização da jazida A e B na região Nordeste de Couto Magalhães...	37
Figura 27 - Frente da Jazida A	39
Figura 28 - Frente da Jazida B	40
Figura 29 - Composição Granulométrica do Furo 01 da Jazida A, relacionada com as faixas do DNIT.....	43
Figura 30 - Composição Granulométrica do Furo 02 da Jazida A, relacionada com as faixas do DNIT.....	43
Figura 31 - Composição Granulométrica do Furo 01 da Jazida B, relacionada com as faixas do DNIT.....	44
Figura 32 - Composição Granulométrica do Furo 02 da Jazida B, relacionada com as faixas do DNIT.....	40

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Índices de grupos para cada amostra	40
Tabela 2 - Composição granulométrica de cada amostra estudada relacionada com as faixas do DNIT	45
Tabela 3 - Limites de Liquidez de cada amostra estudada	46
Tabela 4 - IP calculados para os solos ensaiados das jazidas A e B.....	47
Tabela 5 - Relação de massa específica máxima seca e umidade ótima obtidas nos ensaios com energia de compactação Proctor intermediário	49
Tabela 6 - ISC encontrado nas amostras ensaiadas das jazidas A e B	50
Tabela 7 - Expansão encontrada nas amostras ensaiadas das jazidas A e B	50
Quadro 1 - Classes de solo segundo a AASHO.....	40
Quadro 2 -: Classificação TRB dos solos ensaiados segundo a AASHO	40
Quadro 3 - Resumo das frações granulométricas encontradas no ensaio de granulometria para cada amostra.....	46
Quadro 4 - Classificação dos solos em função do IP	47
Quadro 5 - Resumo análise das características físicas das jazidas A e B	Erro!
Indicador não definido.	

Quadro 6 - Resumo dos índices extraídos das normas de base, sub-base e reforço do subleito analisados na análise das características físicas.....	43
---	----

LISTA DE FÓRMULAS

FORMULA 01: Equação do Índice de Grupo.....	21
FORMULA 02: Teor de Humidade.....	31
FORMULA 03: Limite de Liquidez.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AASHO	American Association of State Highway and Transportation
CBR	Califórnia Bearing Ratio
DNER	Departamento Nacional de Estrada de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
HRB	<i>Highway Research Board</i>
IG	Índice de Grupo
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
ISC	Índice de Suporte Califórnia
LC	Limite de Contração
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
MCT	Mini – Compacto – Tropical
ME	Método de Ensaio
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PRO	Procedimento
SUCS	Sistema Único de Classificação de Solos
TRB	Transportation Research Board
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos:	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
1.2	Justificativa	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Conceitos, características e classificações dos solos	13
2.1.1	Conceitos	13
2.1.2	Características	14
2.1.3	Classificações dos solos	16
2.2	Estabilização de solos	22
2.2.1	Estabilização Mecânica	23
3	Índice de Suporte Califórnia (ISC)	23
4	METODOLOGIA	25
4.1	Definição da jazida com ocorrências de materiais	25
4.2	Procedimento para análises das características físicas e coletas das amostras. 26	
4.3	Determinação do volume estimado na jazida de ocorrência de materiais.	28
4.4	Caracterização do solo através dos ensaios de análise granulométrica por peneiramento, LL, LP e ISC.	28
4.4.1	Preparo das amostras	28
4.4.2	Análise Granulométrica por Peneiramento	29
4.4.3	Limites de Consistência	31
4.5	Ensaio de Compactação	33
4.6	Ensaio de Índice de Suporte Califórnia	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1.1	Localização das áreas com ocorrências de materiais	37
6	CONCLUSÕES	53
7	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

As estradas rurais, também denominadas estradas vicinais de terra ou agrovias, exercem grande importância econômica e social para as comunidades rurais. Existe uma importância funcional dessas vias, ao postular que, por exemplo, o desenvolvimento da agricultura, a distribuição e produção de alimentos dependem, em larga escala, das instalações de transportes representadas significativamente por estradas vicinais, as quais, em sua maioria, encontram-se não-pavimentadas.

As grandes cargas dos caminhões que transportam os grãos e os insumos alimentícios dos produtores em regiões rurais refletem, de certo modo, o desenvolvimento rural de determinada região. Porém, com a distribuição de cargas, em virtude da viação de elementos pesados, com produtos rurais, advindos de produção agrícola, as estradas vicinais, por vezes, sofrem com grandes recalques em suas estruturas de aterro.

Com a ampla extensão da malha rodoviária não-pavimentada e o tratamento que vem sendo dado a essas estradas, justificam que este campo mereça maior atenção dos órgãos de pesquisa e dos poderes públicos locais, com vistas ao desenvolvimento de alternativas que auxiliem a manutenção e a reabilitação dessas vias.

O município de Couto Magalhães, no Tocantins, é uma região que se destaca no Estado, no que tange as atividades agrícolas e a agroindustriais, com distinção a produção de soja, milho, arroz e outros. Então, pensar sobre as propostas de melhorias desta estrada é algo que os proprietários das fazendas e das transportadoras tem reivindicado, no que refere à infraestrutura desta agrovia, como a qualidade do tráfego, a fim de impulsionar ainda mais o desenvolvimento rural desta região.

Partindo desta premissa, é fundamental decidir um material de qualidade que assuma os princípios exigidas em normas de estradas rurais. Incluído nessas referências, o solo deverá ser visto como um dos principais materiais de uma estrada rural, fazendo com que os estudos preliminares do mesmo possam atingir a solução do problema solicitado.

Diante deste contexto, o presente estudo pretende analisar o solo de uma jazida para aterro de estrada rural localizada na Fazenda Estrela do Norte no município de Couto Magalhães - TO, com o intuito de verificar se o solo atende os

parâmetros em normas, através de ensaios no laboratório para a estrutura de aterro da estrada, na qual, foi citada e, ao mesmo tempo, verificar a viabilidade do material para a construção da mesma.

1.1 Objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar o solo de uma jazida e propor recomendações para uso de aterro em estrada rural situada na Fazenda Estrela do Norte no Município de Couto Magalhães –TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Localizar esses solos;
- Determinar o volume necessário para o serviço de aterro;
- Caracterizar o solo através dos ensaios laboratoriais;
- Determinar o índice de suporte Califórnia;
- Classificar o solo pelo Sistema Rodoviário: HRB, IG, MCT, SUCS;

1.2 Justificativa

Em certos estados brasileiros, há locais com restrições de acesso e que dependem quase que exclusivamente do transporte fluvial, o que torna certas regiões isoladas. Já algumas comunidades conseguiram se estabelecer graças às estradas vicinais, que exerceram a função de ligação entre as comunidades rurais e os centros urbanos.

Nessas comunidades, percebeu-se com o tempo que o aumento de veículos que trafegavam estas estradas impactava, por vezes, as pastagens de gados, principalmente, em tempos chuvosos, os condutores dos automóveis e caminhões de cargas de produtos agrícolas desviavam-se da sua rota principal, utilizando caminhos alternativos, como locais em que estavam situados os alimentos dos animais, provocando desgastes em tais alimentos, por consequência, diminuindo sua produtividade e produção. Verificou-se, portanto, ao longo dos anos, a necessidade do melhoramento dessa agrovia, com uma melhor estrutura de aterro, na menor distância possível de transporte destes materiais.

Neste contexto, primeiramente, faz importante estudar as jazidas da região mais próximas possíveis dessa estrada, para os serviços de aterro que serão realizados, objetivando sua caracterização. É através das análises preliminares de uma jazida que é capaz de conseguir informações e dados aceitáveis para a comprovação da viabilidade da mesma. Nesse ínterim, buscamos analisar o solo de uma jazida para aterro de estrada rural, situada na fazenda Estrela do Norte no município de Couto Magalhães, no estado do Tocantins.

Estes ensaios laboratoriais nos possibilitam realizar uma análise geral de suas características físicas, a fim de se constatar se realmente esse material servirá para determinado fim. Assim, as nossas análises alvejam o reconhecimento de superfícies com técnicas mais viáveis possíveis para um bom conhecimento acadêmico e, além de tudo, os benefícios econômicos, segurança e conforto tanto para o proprietário da fazenda, quanto para os condutores desta região que trafegam no dia a dia nesta estrada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos, características e classificações dos solos

2.1.1 Conceitos

O termo solo origina-se do Latim *solum* = suporte, superfície, base. No dicionário Houassiss (*versão eletrônica*, 2009), o termo solo possui diversas designações, é compreendido como: a superfície sólida da crosta terrestre onde pisamos, construímos etc.; chão, terra; conjunto das acumulações de partículas sólidas que constituem a crosta terrestre, desde os profundos depósitos geológicos até as camadas de superfície, como um suporte das fundações de obras de engenharia.

DNIT (2006) afirma que se considera solo todo e qualquer tipo de material orgânico ou inorgânico, inconsolidado, ou seja, estabilizado ou mesmo que parcialmente cimentado, que se encontre na superfície terrestre. Dokuchaev (1846-1903), considerado o geólogo que fundou a ciência que estuda o solo, define que o

solo é um corpo natural organizado, cujo estudo é feito através de descrição e análise dos horizontes que o constituem. Esse geólogo aponta que os solos são “produtos de interações complexas entre clima, plantas e animais, rochas, relevo e estabilidade (idade) de superfícies onde se encontram” (*apud* REICHERT, 2007, p. 7).

Como exposto, o conceito de solo é abrangente, pode estar associado a diversas áreas: Geologia, Biologia, Geografia, Agronomia, Engenharia e outras. Portanto, a concepção de solo depende do conhecimento adquirido a seu respeito, conforme o modelo conceptual que ele representa nas diferentes atividades humanas.

2.1.2 Características

As características do solo são resultantes de um longo processo de formação, no qual são combinados os fatores: material de origem, clima, topografia, organismos e tempo (Resende et al., 1997).

Quando se fala das características do solo, logo nos remetemos à morfologia dos solos. A morfologia trata do “estudo das formas de um corpo natural. Essa se refere à descrição das características do solo, diagnosticadas geralmente em um perfil de solo” (REICHERT, 2007, p. 71). Segundo este autor, a cor, por exemplo, é uma das características morfológicas de fácil visualização e identificação.

Segundo Reichert (2007, p. 72) a importância da cor do solo está ligada a “inferência sobre a ocorrência de processos pedogenéticos ou avaliação de características importantes no solo e, além disso, os sistemas de classificação dos solos consideram a cor para a distinção de classes”. Como exemplo, o autor mencionado expõe que no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos fala-se em latossolo vermelho e argissolo acinzentado.

Figura 01: Perfis de solo com cores distintas, relacionadas a processos de formação de solo



Fonte: Reichert (2007, p. 78).

Outra característica morfológica de fácil identificação é a textura. A textura do solo diz respeito ao “conteúdo percentual das fragmentações de areia (partículas maiores que 2 mm), silte (entre 2 e 0,05 mm) presentes no solo” (REICHERT, 2007, p. 79). Sua determinação no campo se baseia na sensibilidade ao tato e requer habilidade e prática, “onde a areia dá a sensação de aspereza (tipo lixa), o silte de sua suavidade (tipo talco ou roupa de seda) e a argila de pegajosidade (tipo barro)” (REICHERT, 2007, p. 79). Ainda segundo este autor, a textura do solo nos informa sobre a facilidade de mecanização do solo, suscetibilidade à erosão, porosidade, armazenamento de água, entre outros aspectos.

A consistência é outra característica morfológica do solo. O estado de consistência, na visão de (REICHERT, 2007, p. 80), “é resultante das manifestações das forças físicas de coesão (solo-solo) e adesão (solo-água) entre as partículas do solo, conforme variações da umidade (teor de água) do solo”. Segundo este autor (p. 82), a consistência é determinada em três estados de umidade:

- a) Em solo seco, avaliando-se a dureza, estimada pela resistência do torrão seco a ruptura ou fragmentação, quando comprimido;
- b) Em solo úmido, avaliando-se a friabilidade, a qual é feita quando o solo está úmido e consiste em comprimir um torrão, fragmentando-o e posteriormente tentar reconstruí-lo por nova compressão;
- c) Em solo molhado, avaliando-se a plasticidade e pegajosidade, onde a plasticidade refere-se a moldabilidade do solo e é feita pela formação de um fino cilindro, enquanto a pegajosidade é feita pela sensação de aderência que o solo produz entre os dedos.

Assim, conforme REICHERT (2007, p. 83), a consistência do solo é afetada pela umidade, textura, tipo de argilominerais e matéria orgânica do solo.

A cerosidade também é uma característica morfológica do solo. Diz respeito a um “filme ou película de argila de aspecto lustroso e brilho graxo que ocorre na superfície das unidades estruturais de horizontes subsuperficiais, decorrente de material coloidal (argila ou óxido de ferro)” (REICHERT, 2007, p. 83).

A porosidade do solo é outra importante característica morfológica do solo. Essa característica está relacionada ao de uma amostra de solo não ocupado por partículas sólidas (conjunto de componente orgânicos e inorgânicos), ou seja, corresponde aos espaços vazios existentes entre as partículas de solo, que pode estar ocupado com ar ou água.

2.1.3 Classificações dos solos

Devido a sua abrangência, o solo tem sido objeto de estudo de inúmeros ramos da ciência e tecnologia, a saber, a própria agricultura, a geologia e, nesse caso, a engenharia. Cada área estuda esse recurso natural renovável de forma distinta, desenvolvendo classificações particulares para finalidades científicas ou pragmáticas. Classificar um solo é determinar previamente suas propriedades e então elencar um ou mais atributos como base para a finalidade proposta. No cenário da Engenharia Civil, objetivando-se uma otimização dos estudos referentes a esse recurso, este tem-se sido classificado em duas vertentes: genéticas e geotécnicas.

2.1.3.1 Classificação Genética

De modo geral, são diversas e distintas as maneiras de se classificar os solos, como: pela origem, pela sua evolução, pela presença ou não de matéria orgânica, pela estrutura, etc. No que tange esta classificação, os solos são divididos em dois grandes grupos:

1) Classificações Pedológicas

Com base em Almeida (2005), o formato do solo¹, normalmente, “indica uma sequência de camadas (conhecida de horizontes) que se expande de 1,5m a 3,0m

¹ Prado (1995, p. 1) enfatiza que o perfil do solo é uma seção vertical que contém horizontes ou camadas subjacentes ao material de origem.

abaixo da superfície terrestre”. Conforme o autor (2005, p. 122), as características destes horizontes “ponderam nos elementos que lhe deram o princípios e afeta as fontes do ecossistema tais como clima, ângulo do talude, e a vegetação sobre o processo de composição”. Assim, na concepção do autor, este sistema classifica os solos “de acordo com as propriedades dos horizontes consecutivos”, na qual [...] “as características usadas para classificação incluem cor, textura, espessura dos horizontes, etc.”.

2) Classificações Geológicas

Medrado (2009, p. 12) destaca, claramente, que a classificação geológica de um solo corresponde à “interpretação da gênese do mesmo, com base na análise táctil-visual” – procedimento que descreve um conjunto de aspectos, tais como, textura, cor, estrutura, plasticidade, entre outros. O autor explicita que aliado “a outras observações de campo acerca da morfologia e estratigrafia da ocorrência, esta classificação pode permitir uma interpretação dos processos responsáveis pela gênese e, eventualmente, a caracterização da rocha de origem”.

Acerca da origem, Pinto (2006) descreve que os solos podem ser considerados em dois grandes grupos: Quando o solo, produto no estado de “decomposição” das rochas permanece no próprio local em que se deu o fenômeno, ele se chama “*residual*” ou “*autóctone*”. Quando em seguida é carregado pela água das enxurradas ou rios, pelo vento ou pela gravidade - ou por vários desses agentes simultaneamente - ele é dito “*transportado*”, “*sedimentar*” ou “*Alóctone*”.

A) Solo Residual ou Autóctone

BLIGHT (1997) *apud* Mendes (2008, p. 29) conceitua os solos residuais como “um material terroso proveniente do processo de intemperização e decomposição da rocha *in situ* e que não tenha sido transportado de sua posição original”.

Medrado (2009, p. 13), em outras palavras, afirma que os solos residuais são formados a partir da decomposição das rochas pelo intemperismo físico, químico ou o somatório de ambos. Mendes (2008) reitera que os solos residuais ou autóctones

são formados por diferentes processos de intemperismo: “Os processos intempéricos agem a partir de mecanismos modificadores das propriedades físicas dos minerais e rochas (intemperismo físico) e de suas características químicas (intemperismo químico)”.

Este autor destaca que “a pedogênese atua no processo de reorganização estrutural do perfil de solo e permite a transferência dos minerais formadores dos níveis superiores do manto de alteração”. Em síntese, os solos residuais ou autóctones são aqueles que “permanecem no local onde se formaram” e para que estes ocorram faz-se necessário que a “velocidade da decomposição da rocha seja maior do que a velocidade de remoção do solo por agentes externos” (MEDRADO, 2009, 13).

B) Solo Transportado, Sedimentar ou Alóctone

O solo transportado diz respeito ao material que, em geral, é transportado pela água ou pelo vento, por consequência, sendo depositado num lugar diferente de sua origem. Medrado (2009, p. 14) complementa, em outras palavras, este tipo de solo trata-se das substâncias deslocadas do local onde foram originalmente, sendo formadas por diversos agentes geológicos, que são encontradas na sua forma inconsolidada. Ou seja, “são aqueles os quais sofreram com ação de agentes transportadores e não estão mais em seu local de formação” (AGUIAR, 2013, p.6). Medrado (2009, p. 14) destaca que entre os solos transportados encontram-se: os aluvionares, “que são constituídos de materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d’água e depositados nos leitos ou margem dos mesmos”; os terraços fluviais, que são “os aluviões diferentes por serem mais antigos e terem sido depositados quando o nível do curso d’água se encontrava em posição superior a atual, sendo sempre encontrados em cotas superiores as dos aluviões”.

2.1.3.2 Classificação Geotécnicas

Santos (2006, p. 6) aponta que, frequentemente, os solos têm sido utilizados como “material de construção de rodovias, constituindo alguma de suas camadas (base, sub-base e reforço do subleito) além de constituírem aterros, barragens e

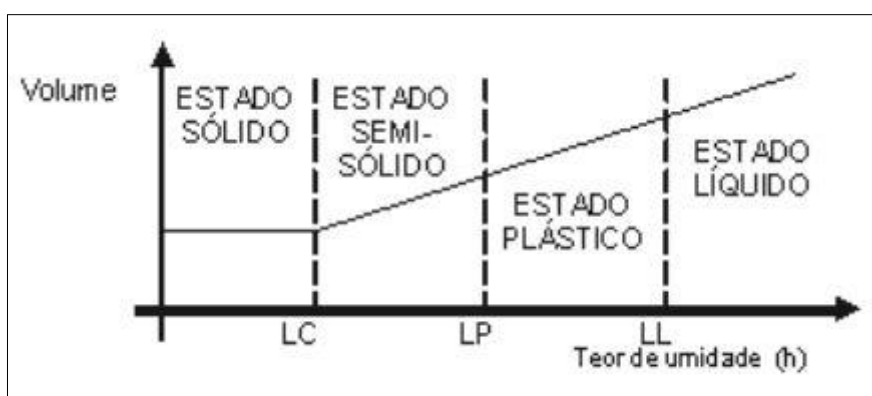
estruturas de contenção”. Contudo, o autor reitera que para que isso seja possível, é imprescindível que “o engenheiro conheça as propriedades geotécnicas dos solos envolvidos na construção de obras de terra e pavimentação”.

Paralelo a isso, Aguiar (2013, p. 8) expõe que “para que este seja utilizado como material de construção ou mesmo fundação, é necessário classificá-lo de forma que seja possível adotar soluções de projetos, considerando algumas propriedades de cada grupo”. Nesse sentido, foram desenvolvidos alguns sistemas de classificação geotécnicas do solo. E, dentre as classificações denominadas tradicionais, Santos (2006, p. 7) destaca que estas são essencialmente baseadas nas propriedades índices (limites de Atterberg) e na composição granulométrica dos solos.

A) *Limites de Atterberg*

Para adentrar esta discussão, vale enfatizar que o solo pode se apresentar nos seguintes estados físicos (vide figura 2), conforme foram definidos pelo engenheiro sueco Atterberg.

Figura 02: Variação do volume do solo em função do teor de umidade



Fonte: Almeida (2005, p. 95)

Conforme Mendes (2008, p. 98), os Limites de Atterberg “foram realizados segundo as normas da ABNT (NBR-6459/84 e NBR-7180/84) e serviram de procedimento para a definição dos limites de liquidez e de plasticidade, respectivamente”.

Na perspectiva do DNIT (2006), o limite de liquidez indica “a quantidade de água que pode ser absorvida pela fração do solo, a medida que desloca pela peneira nº 40. Observa-se que maior o LL, tanto mais compressível o solo”. Segundo DNIT

(2006, p. 36), o limite de liquidez é “realizado em um aparelho denominado aparelho de Casagrande², que consistia essencialmente de uma concha metálica, que acionada por uma manivela, golpeia a base do citado aparelho”. E o ensaio é feito [...] “com a fração da amostra representativa do solo que passa na peneira de 0,42 mm de abertura de malha (peneira nº 40)”.

Já o limite de plasticidade, conforme o DNIT (2006, P. 37), “é realizado com uma fração da amostra representativa do solo que passa na peneira de 0,42 mm de abertura de malha (peneira nº 40), sendo a quantidade de material necessária para o ensaio seja de 50 kg”. O DNIT (2006) ainda aponta que no limite de plasticidade “a amostra é colocada em uma capsula e homogeneizada com adição de água ao poucos, até resultar massa plástica”. Com uma quantidade de massa plástica obtida, forma-se uma pequena bola, que será rolada sobre uma placa de vidro esmerilhada com pressão suficiente da mão, de modo a resultar a forma cilindro.

B) Granulometria

O reconhecimento da porção de solo pela granulometria introduz na sua categorização nas partes grossos (ásperos) ou solos finos (maciço ao tato). E também o estudo visual das amostras autorizam qualificar a influência do tamanho do grão, Almeida (2005, p. 111).

Portanto, a granulometria diz respeito à proporção da textura do solo. Sendo que o ensaio de análise granulométrica do solo está normalizado pela NBR 7181.

C) Classificação Transportation Research Board (TRB) – antiga HRB

Almeida (2005, p. 114) aponta que esta classificação teve “origem na classificação do Public Roads Administration e embasa-se na granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade e foi sugestiva

. O DNIT (2006) até afirma que refere-se de um método sistemas de classificação de solos mais usados para pavimentos. O DNIT (2006) destaca que este

² Em 1908, A. Casagrande, tendo conhecimento desse trabalho, padronizou o ensaio. (FORTES, 1997)

sistema de classificação de solos é bastante utilizado nos processos de pavimentação. Assim, esta classificação acaba sendo bastante utilizada para fins rodoviários, sendo adotada pela maioria dos órgãos públicos nacionais.

Conforme Santos (2006, p. 13), nesta classificação os solos eram divididos em oito grupos (A1 a A8), de acordo com sua granulometria. Entre 1943 e 1945, esta classificação sofreu revisão pelo Highway Research Board, onde alguns grupos foram subdivididos e foi introduzido o índice de grupo³ (IG). Nas palavras do autor, o IG pode ser obtido através da equação:

Formula:01

$$IG = (F-35).[0,2+0,005.(LL-40)]+0,01.(F-15).(IP-10)$$

Onde:

F: Porcentagem de solo que passa na peneira nº 200, expressa em número inteiro.

LL: Limite de Liquidez (%)

IP: Índice de Plasticidade

Fonte: Santos (2006, p. 13)

Assim, o autor expõe que “este número auxilia no dimensionamento das camadas do pavimento, uma vez que, estabelece a ordenação dos solos dentro de um grupo, conforme suas aptidões, sendo pior o solo que apresentar maior valor do índice de grupo”.

D) Classificação Sistema Unificado de Classificação de Solo (SUCS)

O sistema SUCS, segundo Santos (2006, p. 117), é o melhoramento da qualificação de Casagrande para aplicação em aeroportos, conciliado para utilização no laboratório e no campo pelas filiais americanas "Bureau of Reclamation" e "U.S.

³ Santos (2006) aponta que o Índice de Grupo (IG) é um número inteiro com intervalo de variação entre 0 e 20 que é função da porcentagem de material que passa na peneira nº 200 e das propriedades índices (LL e IP).

Corps of Engenneers", com clareza que permitem a classificação sistemática. Foi apresentado por Arthur Casagrande no início da década de 40.

O DNIT (2006, p. 55) aponta que o SUCS se baseia “na identificação dos solos de acordo com as suas qualidades de textura e plasticidade, agrupando-os de acordo com seu comportamento, para uso em estradas, aeroportos, aterros e fundações”.

2.2 Estabilização de solos

A partir do surgimento do automóvel, passaram a existir os problemas que levaram à necessidade de estabilização⁴ do solo (TEIXEIRA, 2014, p. 17). Este autor expõe que os materiais argilosos, quando em contato com a água, por vezes de chuva, abriam-se “formando “arrieiras” sobre as rodas e atolavam os veículos com facilidade”.

Teixeira (2014, p. 17) aponta que “as primeiras tentativas de estabilização foram no sentido de empedramento das vias”: no final do século XVIII e início do século XIX, “Telford e McAdam na Inglaterra e Tressaguet na França dedicaram-se a isso ainda na época das diligências, com rodas de aro metálico e tração animal, período em que ainda se conhecia pouco sobre a Mecânica dos Solos”.

Segundo Azevedo (2010, p. 24), a estabilização dos solos pode ser obtida pelo uso de várias técnicas, que podem ser reunidas em dois grupos:

- Técnicas que empregam meios mecânicos, como a correção da granulometria e plasticidade, com adição e subtração de quantidades definidas de suas frações constituintes, até que se obtenham os parâmetros estabelecidos por norma (VARGAS, 1977). Para se atingir este fim, normalmente se usa proceder a adição de frações de areia e material britado;
- Técnicas que empregam meios químicos utilizando aditivos orgânicos ou inorgânicos como, por exemplo, materiais betuminosos e resinas, compostos de fósforo, silicatos de sódio, cal, cimento Portland e outros.

Em conformidade, para a construção de bases e sub-bases, a estabilização dos solos pode ser dividida em duas categorias: a estabilização dos materiais locais através de *estabilização mecânica* e a através da *Estabilização por adição de aglutinantes* - a incorporação de aditivos químicos como cal, cimento, betume, sais minerais ou materiais à base de enzimas.

⁴ O termo estabilização pode ser utilizado para qualquer processo ou tratamento que possa aumentar a estabilidade de um maciço terroso ou rochoso, é o que afirma Caputo, (1998).

2.2.1 Estabilização Mecânica

A estabilização mecânica ocorre através da variação da energia de compactação e da estabilização granulométrica (TEIXEIRA, 2014, p. 24). De acordo com Spence e Cook (1983) apud Carvalho (2011, p. 12), “a finalidade da compactação é elevar a densidade do solo, aumentando ao mesmo tempo a sua resistência”. Carvalho (2011) explicita que “para que a compactação atinja melhores resultados, solos que possuam grãos de variados tamanhos e com uma pequena quantidade de argila são preferíveis”. Nesse interim, Spence e Cook (1983) apud Carvalho (2011, p. 12) destacam ainda que “as melhores técnicas de construção com solo são aquelas nas quais a compactação é utilizada, mas para resultados ainda melhores, tal técnica pode ser combinada com a adição de um aglutinante ou um impermeabilizante”.

Teixeira (2014, p. 24) explicita que o aumento da carga propicia “a redução dos vazios e força os grãos a um melhor entrosamento, o que resulta em melhoria na capacidade de suporte”. Em consonância, Teixeira cita Souza Junior (2005), para enfatizar que os principais benefícios alcançados pela estabilização mecânica são: “a adição da massa específica, da resistência ao cisalhamento, rendimento de suporte através do Índice de Suporte Califórnia (CBR)⁵ e também a redução do índice de vazios, a permeabilidade, e contração e a compressibilidade”.

Em síntese, a estabilização mecânica é obtida através da compactação do solo, subsequente à correção granulométrica quando esta se fizer necessária. Deste processo resultam modificações na densidade, resistência mecânica, compressibilidade, permeabilidade e porosidade (CABALA, 2007, p. 37).

3 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

O Índice de Suporte Califórnia foi idealizado com o objetivo de avaliar o potencial de ruptura do subleito, sendo que até então, era o defeito mais comum, notado nas rodovias. Para tanto, o ensaio tem como principal objetivo avaliar quanto à resistência do material quando impostos a deslocamentos expressivos. É obtido por ensaio de penetração em laboratório. (BERNUCCI et al, 2006)

⁵ O Índice de Suporte Califórnia foi idealizado com o objetivo de avaliar o potencial de ruptura do subleito, sendo que até então, era o defeito mais comum, notado nas rodovias. Para tanto, o ensaio tem como principal objetivo avaliar quanto à resistência do material quando impostos a deslocamentos expressivos. É obtido por ensaio de penetração em laboratório (BERNUCCI et al, 2006 apud AGUIAR, 2013, p. 21).

Senço (1997) explica que esse índice nada mais é que uma relação de porcentagens entre a pressão mínima necessária, para que de forma uniforme, se faça penetrar um pistão em um corpo de prova e a pressão para fazer esse mesmo pistão, em uma mesma profundidade, penetrar em uma amostra convencionalizada como padrão, que pode ser pedra britada, ou material que corresponda a pressão exigida de 1.000 psi para penetrar 0,1" ou 1.500 psi para 0,2".

Em uma seleção dos melhores materiais, Bernucci (2006) afirma que foi convencionalizado que esse material seria um referencial de resistência, o que equivale a 100%, assim, qualquer material ensaiado seria relacionado com esse, que é o padrão, apresentando então uma resistência também em porcentagem, maior ou menor.

Caputo (1988) explica que o ensaio em questão apresenta grande importância na técnica rodoviária, e é respeitado até hoje, além de embasar um método de dimensionamento de pavimentos flexível bastante conhecido.

A expansão do material deve ser verificada de forma a garantir as características exigidas no dimensionamento das camadas de pavimento, sendo que para cada camada uma expansão máxima permitida. Caputo (1988) relaciona as etapas de determinação da expansão que segue da seguinte forma: com o corpo de prova já moldado, o que contém a umidade ótima, deve-se colocar sobre a amostra um papel filtro, e sobre este um disco perfurado, equipado com haste ajustável com uma sobrecarga que representa o peso do pavimento, que não deve ser inferior a 4,5kg.

Na sequência imerge o conjunto em tanque com água por um período de 4 dias, que pode variar conforme as características coesivas do material. Com auxílio de um extensômetro, será realizada a leitura a cada 24 horas no período de quatro dias a fim de se aferir a expansão do material. A unidade utilizada é em porcentagem em relação à altura inicial do corpo de prova.

4 METODOLOGIA

O estudo teve como o objetivo analisar as características físicas de uma jazida para aterro de estrada rural na Fazenda Estrela do Norte, em Couto Magalhães –TO, onde foi feito a caracterização desse solo através de ensaios no laboratório de solos do CEULP/ULBRA. Bem como calculado o volume estabelecido na jazida. Em sucessão realizou-se as análises das relações obtidas diante das normas pertinentes para este estudo.

A estrada possui 5000 m de extensão com 10m de largura e aproximadamente 0,90 m de profundidade de aterro, que no total o valor foi de aproximadamente 45.000,00 m³.

A figura abaixo trata-se dos tipos de solos do município e das regiões circunvizinhas na qual realizou a análise características desse solo.

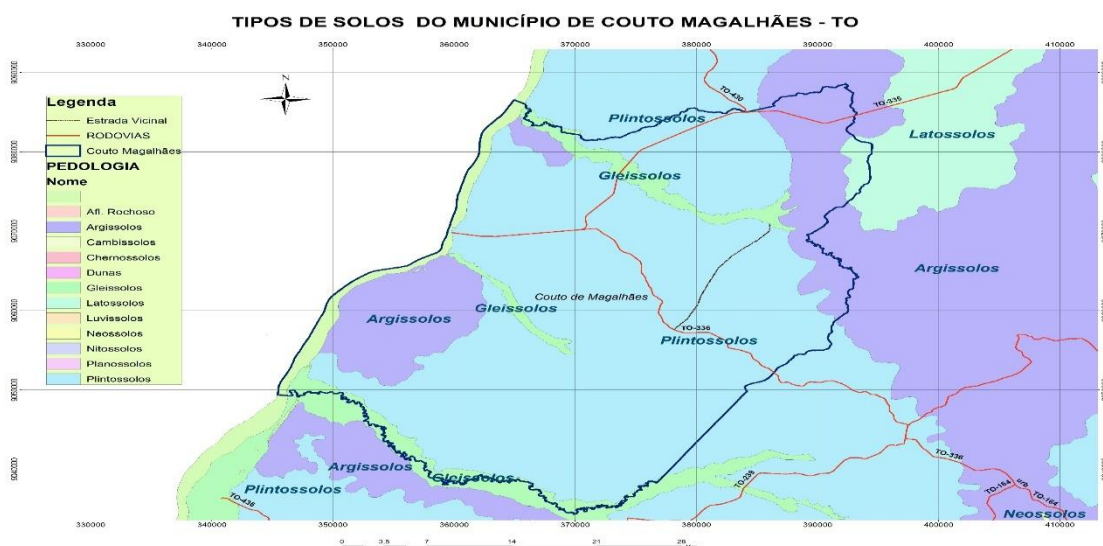


Figura 03: Localização da jazida que foi analisada; Fonte: Arquigiz

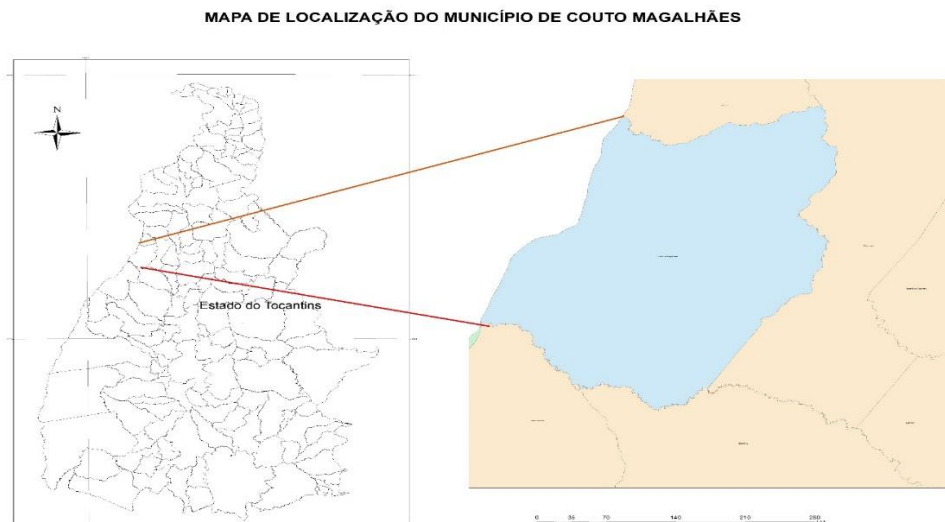
4.1 Definição da jazida com ocorrências de materiais.

A jazida escolhida situada no município de Couto Magalhães -TO, como mostra a figura 04. A mesma está localizada 500m da estrada, tendo fácil acesso de exploração e transporte.

De acordo com a norma DNER – Procedimento (PRO) 003 (1994), A caracterização da jazida de ocorrência deverá ser realizada diante pesquisa presta no

campo, de forma de aferir os vestígios dos materiais apropriado a serventia de aterro para estradas e pavimentações.

Figura 04: Localização do município de Couto Magalhães;



Fonte: Arquigiz

4.2 Procedimento para análises das características físicas e coletas das amostras.

A coleta das amostras foi realizada onde se determina os procedimentos pertinentes e a utilização dos equipamentos em campo no que se estabelece a norma DNER – PRO 003 (1994).

Com as características mínimas julgadas das ocorrências de materiais, foi escolhido um local procedendo-se da seguinte forma:

- A) De acordo a norma DNER – PRO 003 (1994), foi delimitado a área onde possui a ocorrência de material, tendo uma perspectiva visual de toda a superfície na qual apresentam as características semelhantes, como ilustra a figura 05.
- B) Em seguida fez-se a limpeza e retirada do expurgo com os seguintes materiais: cavadeira manual, enxada, alavanca e pá. Conforme a norma DNER-PRO 003 (1994). (figura 06)
- C) Foram feitos quatro furos, sendo dois furos em cada jazida, em que as distâncias entre os furos foram em média 50m definidos em campo, analisando-se visualmente a abrangência do material.

D) Em seguida foram armazenados em sacos impermeáveis e etiquetados com dados. A quantidade mínima de cada furo foi de 50 kg. (figura 07)

E) Logo após, transportou-se os solos para o laboratório de solos do CEUP/ULBRA. (figura 08).

Figura 05: Área de ocorrência do material.



Fonte: Autor (2017)

Figura 06: limpeza e retirada do expurgo.



Fonte: Autor (2017)

Figura 07: Armazenamento das amostras.



Fonte: Autor (2017)

Figura08: Amostras no laboratório de solos CEULP/ULBRA.



Fonte: Autor (2017)

4.3 Determinação do volume estimado na jazida de ocorrência de materiais.

Esta determinação do volume aferido foi realizada diante de uma média aritmética da profundidade de cada furo realizado na jazida, em que o primeiro, e segundo furos da jazida 01 foram de profundidade 1,20m e 1,15m, tendo uma profundidade adotada de 1,17 na jazida 01. Já na jazida 02, as profundidades foram 1,15m e 1,20m, tendo uma profundidade média de 1,17m. A área total das jazidas foram aproximadamente 63.000 m². Pois diante destes dados, o volume total deste material será de 75.600 m³, onde obviamente atenderá o volume necessário para a realização do serviço de aterro desta estrada vicinal.

4.4 Caracterização do solo através dos ensaios de análise granulométrica por peneiramento, LL, LP e ISC.

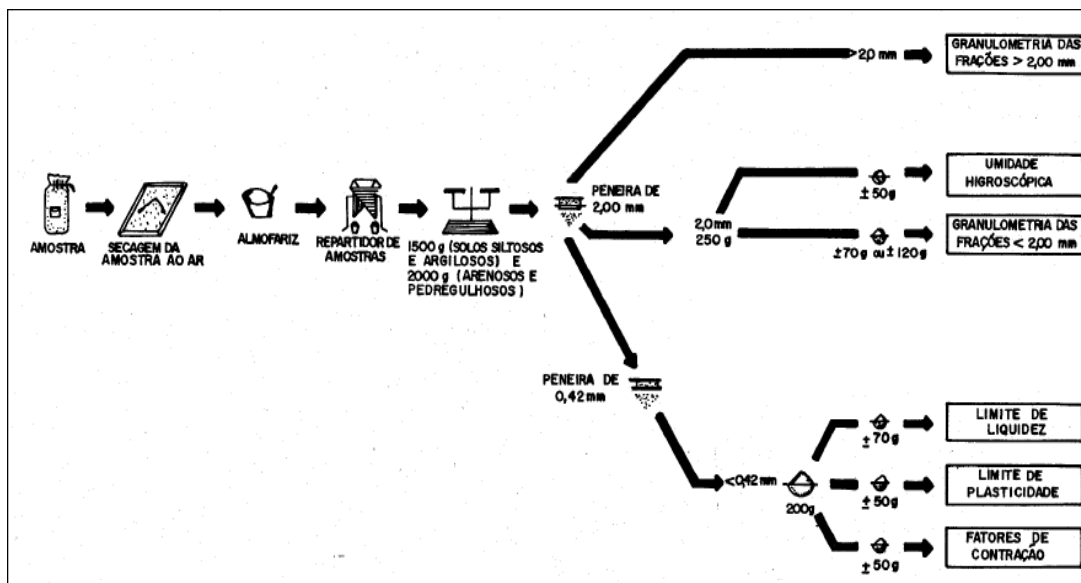
Realizou-se os ensaios exigidos de acordo das seguintes normas:

- ✓ Base estabilizada granulometricamente com utilização de solo laterítico, DNIT 098 – Especificação de Serviço (ES) (2007).
- ✓ Análise granulométrica por peneiramento segundo a norma do DNER-ME 080 (1994).
- ✓ Limites de liquidez, limite de plasticidade segundo as normas DNER-ME 122 (1994).
- ✓ Compactação segundo a norma DNIT 141-ES (2010)
- ✓ Índice de Suporte Califórnia e expansão segundo a norma DNER-ME 049 (1994).

4.4.1 Preparo das amostras

A norma DNER-ME 041 (1994), recomenda que nos ensaios para a caracterização do solo, será necessário seguir o roteiro da preparação citado abaixo:

Figura 09 - Esquema de preparo de amostra de solos para os ensaios de caracterização.



Fonte: MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO DO DNIT (2016), modificado.

Este procedimento foi realizado em todos os materiais coletados de cada furo.

Figura 10: Secagem do material ao ar.



Fonte: Autor 2017).

4.4.2 Análise Granulométrica por Peneiramento

A princípio o DNER-ME 080 (1994), nos orienta claramente a respeito desta análise granulométrica por peneiramento do solo na qual será coletado a amostra. (figura 11)

A norma esclarece que o corpo de prova retida na peneira de #10 (2.0 mm) foi lavada a fim de retirar o material fino adesivo nas partículas de diâmetro maior que

#10 (2.0 mm) e em seguida deve-se secar em estufa a 105 °C – 110 °C, até a estabilidade do peso. (figura 12 e 13)

Este mesmo procedimento é realizado para o material passante na peneira de 2.0mm sendo que o mesmo é lavado na peneira de #200 (0,075mm). Depois em que as amostras do material grosso e fino estiverem completamente secas, executou-se o processo de peneiramento. (figura14)

Foto 11: Retirada de pedregulhos por peneiramento



Fonte: Autor (2017)

Figura 12: Lavagem do material retido na peneira #10;



Fonte: Autor (2017)

Figura 13: Amostras na estufa para secagem



Fonte: Autor (2017)

Figura 14: Execução de peneiramento



Fonte: Auto (2017)

4.4.3 Limites de Consistência

Foi retirada o solo que passa pela peneira 0,42 mm, numa quantidade de 200g, onde 50g foi selecionada para a determinação do limite de plasticidade e 70g para a determinação do limite de liquidez. (figura15).

Em seguida, pôs o solo em uma cápsula para iniciar a dosagem do material com água em pequenos volumes até chegar ao ponto de um solo plástico, e depois colocar a massa plástica na concha da ferramenta Casa Grande, DNER-ME 122 (1994). (figura16).

No limite de liquidez, usou-se o Cinzel para dividir o solo ao meio na parte central da concha com uma abertura de aproximadamente 1cm, depois feito os golpes dando duas voltas por segundo até fazer com que as margens inferiores se colam com 1cm de extensão, lembrando que terá que registrar todos os números de golpes para a resolução do teor de umidade, segundo a norma DNER-ME 122 (1994). (figura17).

No limite de plasticidade, seguiu-se o mesmo roteiro do limite de liquidez até o material ficar plástico, com um tempo de 15 e 30 minutos para a homogeneização, levando em consideração que o maior tempo para o solo mais argilosos. Depois uma bola com o material, em seguida será rolada na mão sobre a superfície de uma placa de vidro até ficar no formato de um cilindro, se o corpo de prova se fragmentar antes de atingir o diâmetro de 3mm, retorna-la á capsula de porcelana adicionando água e misturando pelo menos 3 minutos e repetir o procedimento, conforme a NBR 7180/1984. (figura 18 e 19).

Determinar a umidade pela formula:

Formula:02

$$h = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Onde:

h – teor de umidade, em porcentagem;

Ph – massa do solo úmido;

Ps – massa do solo seco em estufa a 105 °C – 110 °C

Limite de liquidez é determinado pela fórmula:

Formula:03

$$LL = h \frac{(N)}{25} \times 0,156$$

Em que:

h – teor de umidade (%), correspondente ao números de golpes;
 N – números de golpes na determinação de um ponto de ensaio;
 LL – limite de liquidez (%).

Figura 15: Material retido na peneira 0,42mm.



Fonte: Autor (2017)

Figura 16: Dosagem do material com água.



Fonte: Autor (2017)

Figura 17: Material no aparelho Casa Grande



Fonte: Autor (2017)

Figura 18: Moldando sobre placa esmerilhada



Fonte: Autor (2017)

Figura 19: Amostras de LL e LP



Fonte: Autor (2017)

4.5 Ensaio de Compactação

Para a obtenção de características como o ISC e a expansão do solo estudado foi necessário realizar o ensaio de compactação.

Esse ensaio foi realizado segundo o que recomenda a norma DNIT-ES 141 (2010), a qual indica o Proctor Intermediário com 26 golpes como energia de compactação. Dessa forma foi seguido o que preconiza a norma DNER-ME 213 (1994) para determinação da umidade higroscópica e DNER-ME 164 (2013) para compactação utilizando amostras não trabalhadas.

Segundo Senço (2007), a compactação é feita em camadas, aplicando-se um determinado número de golpes em cada camada, com um soquete de dimensões, peso e altura de queda padronizada.

No ensaio Proctor Intermediário temos:

- Peso do soquete: 4,536 kg
- Altura de queda: 45,72 cm
- Numero de camadas: 5
- Numero de golpes cada camada: 26

A amostra não trabalhada pesando aproximadamente 6,0 kg foi colocada em uma bandeja metálica onde se começou adicionando uma quantidade empírica de água, e em relação a essa quantidade foi adicionando-se água na proporção de 2% de maneira crescente a obtendo-se 5 pontos com diferentes teores de umidade para cada um dos furos de cada jazida. Foi realizada a homogeneização do material conforme mostra a figura 20.

Para cada ponto, foi preparado um cilindro, provido com espaçador e filtros. Feito isso, foram compactados 5 camadas em cada cilindro como mostra a figura 21. Na sequencia foi retirado o colarinho do cilindro e com a régua de aço biselada foi rasado o excesso de material na altura exata do molde. Na sequencia se retirou o espaçador e pesou-se o cilindro com o material já compactado. (figura 22).

Figura 20 - Homogeneização do material



Fonte: Autor (2017)

Figura 11: - Operador compactando amostra em cilindro



Fonte: Autor (2017)

Figura 22: Moldagem do material no cilindro



Fonte: Autor (2017)

4.6 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

O ensaio de Índice Suporte Califórnia se embasou na norma DNER-ME 049 (1994). Sendo que após o processo de compactação com energia Proctor intermediária, foram escolhidos três pontos para realização do ensaio de Índice Suporte Califórnia e expansão, sendo que foram colocadas três amostras submersas, sendo um ponto no ramo seco, um ponto próximo ao ramo da ótima e um ponto próximo ao ramo úmido. A figura 23 mostra os corpos de prova imersos no tanque.

As amostras permaneceram por quatro dias imersas no tanque e durante todo o período de imersão é empregada uma sobrecarga-padrão de 10lbs sobre o corpo-de-prova, que corresponde a 2,5 polegadas de espessura de pavimento sobre o material como orienta a norma DNER-ME 049 (1994). A figura 24 mostra o momento em que se regulou o extensor em cada cilindro. Apesar de a norma, recomendar um extensor para cada cilindro, do início ao fim dos quatro dias, não foi possível obedecer a essa exigência devido à falta de extensores no laboratório. Também não ocorreu a aferição da expansão a cada dia, aferindo-se somente a expansão final para cada amostra devido ao curto prazo pra conclusão dos ensaios.

Ao termino dos quatro dias os cilindros são retirados da água, para iniciar o ensaio de penetração do corpo-de-prova que segundo a norma DNER-ME 049 (1994) é feita através do puncionamento na face superior da amostra por um pistão com aproximadamente 50 mm de diâmetro, sob uma velocidade de penetração de 1,25mm/min.

A verificação da resistência a penetração é realizada na prensa padrão para ensaios de ISC. Um corpo-de-prova é colocado na prensa, ajustando-se o aparelho medidor (Figura 25).

Figura 23: - Amostras imersas no tanque.



Fonte: Autor (2017).

Figura 22: - Cilindro com extensor para aferição da expansão.



Fonte: Autor (2017).

Figura 25: Corpo de prova na prensa



Fonte: Autor (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem como objetivo descrever as áreas com ocorrências de materiais, mostrar mapa de localização das jazidas e discutir sobre os índices obtidos através dos ensaios.

5.1 Caracterização das áreas com ocorrências de materiais para utilização em estradas vicinais.

Na etapa de caracterização das áreas com ocorrências de materiais, é apresentada a localização dessas áreas e a descrição de cada uma delas.

5.1.1 Localização das áreas com ocorrências de materiais

As áreas de estudo das ocorrências de materiais estão localizadas no estado do Tocantins, no município de Couto Magalhães, as mesmas estudadas estão localizadas na região nordeste do município. A figura 25 mostra a localização das jazidas.

Figura 26: Localização da jazida A e B na região Nordeste de Couto Magalhães – TO.



Fonte: Autor (2017)

Pode-se verificar em um raio de 500 m em relação à jazida A, pode-se verificar a pouca presença de árvores, e represa, como mostra a (figura 26). Ao lado direito da imagem mostra que a jazida B apresenta características similares, onde se percebe também que em um raio de 650 m, também com poucas árvores.

Essas áreas foram escolhidas considerando-se a necessidade de materiais o mais perto possível da estrada vicinal logo abaixo.

5.1.2 Descrição das áreas com ocorrências de materiais

Foram escolhidas as seguintes áreas de ocorrências de materiais: adjacente a estrada a ser executada, onde a mesma dá acesso a outras fazendas ao longo do município foi escolhida uma área a qual será identificada como a Jazida A. E ao lado foi escolhida uma área a qual será identificada como a Jazida B.

5.1.2.1 Jazida A

Essa área foi escolhida considerando as facilidades de acesso, distância em relação à estrada, considerando o volume de material. Foram priorizados locais com pequenas elevações, visando reduzir o impacto ambiental causado pela exploração. Essa área não se encontra em áreas de preservação ambiental.

Essa jazida possui cobertura de pastagem, até a profundidade sondada, de 0,35 metros, não foi verificada a presença do lençol freático. A (figura 27) mostra a frente da jazida A.

Logo na primeira camada, nos dois furos de sondagem, notou-se que a camada subsequente apresentava uma redução significativa nas dimensões de suas partículas granulométricas, o que indicou a queda na qualidade do material. Trata-se provavelmente de um solo siltoso, pois não foi feita a sondagem.

Quanto ao solo, possui característica laterítica, com coloração que varia de amarelo a avermelhada com aparência ferruginosa, com presença de grãos de quartzo. Um solo altamente plástico, segundo ensaios de consistência. O ensaio de análise granulométrica também mostra que se trata de um solo pedregulho areno-argiloso. O resumo das frações granulométricas será exposto mais a frente, para um melhor entendimento dessa classificação.

Figura 27: Frente da Jazida A



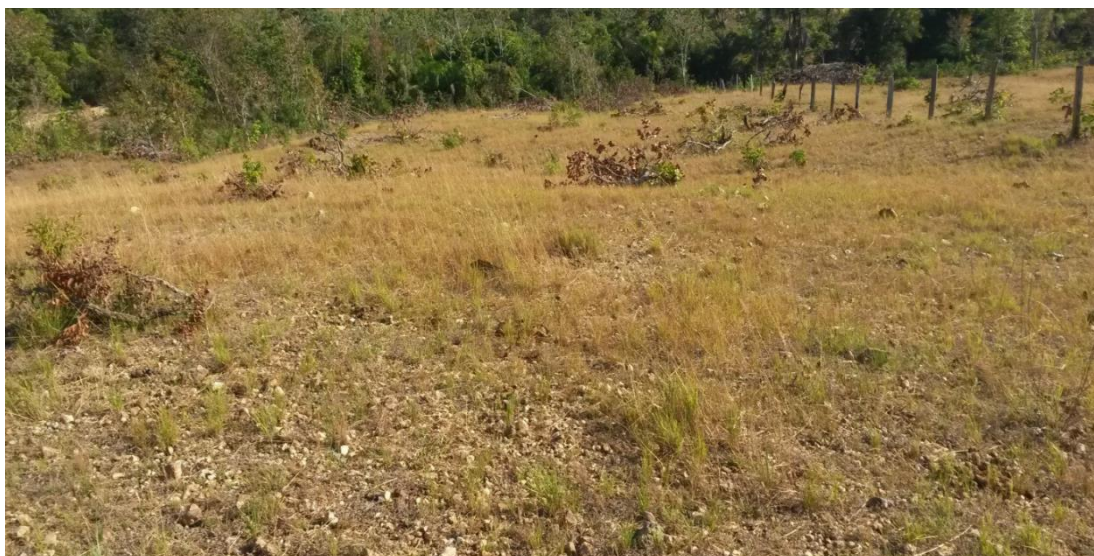
Fonte: Autor (2017)

5.2.2.1 Jazida B

Esta jazida apresenta praticamente as mesmas características que a primeira, considerando os pré-requisitos no momento da escolha delas. Facilidades de acesso, evitando impactos ambientais na construção de estrada para acesso, próximos a jazida A, e um volume suficiente para o aterro. É um local de pequena elevação, e não está em área de preservação ambiental.

Assim como na jazida A, a profundidade da sondagem dos furos não ultrapassou um metro e logo na primeira camada, nos dois furos de sondagem, notou-se que a camada subsequente apresentava uma redução significativa na sua granulometria, o que indicou a queda na qualidade do material. Trata-se provavelmente de um solo siltoso.

Quanto ao solo, é um solo que também apresenta característica laterítica, devido à coloração amarelada e aparência ferruginosa, com frações graúdas. Um solo altamente plástico, segundo ensaios de consistência que serão discutidos mais a frente. O ensaio de análise granulométrica também mostra que se trata de um solo argila arenosa com pedregulho.

Figura 27: Frente da Jazida B

Fonte: Autor (2017)

5.1.3 Classes de solos segundo a AASHO

Os solos foram classificados segundo a classificação TRB, sendo que essa classificação é feita considerando os resultados obtidos nos ensaios de granulometria, limites de consistência e também o índice de grupo que serão discutidos mais a frente. O índice de grupo é considerado também como um critério de qualidade, e é exigido um $IG=0$. A tabela 1 relaciona os índices de grupos calculados para cada amostra.

Tabela 1 - Índices de grupos para cada amostra

JAZIDA A		JAZIDA B	
FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02
2	1	4	5

Os solos obtidos foram caracterizados ainda segundo a classificação TRB, e em conjunto, foi realizada uma análise da qualidade desse material considerando a classificação de classes de solo segundo a AASHO, como mostra o quadro 01. Já o

quadro 02 apresenta a classificação dessas amostras como também a qualidade desse material conforme indicado no quadro 01.

Quadro 01 - Classes de solo segundo a AASHO

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS SEGUNDO A AASHO	QUALIDADE PARA UTILIZAÇÃO EM OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO
A-1-a, A-1-b e A-3	EXELENTE
A-2-4, A-2-5, A-2-6 e A-2-7	BOM
A-4 e A-5	REGULAR
A-6, A-7 -5 e A-7-6	NÃO RECOMENDADO

Fonte: SANTOS (2000).

Quadro 02: Classificação TRB dos solos ensaiados segundo a AASHO

JAZIDA A		JAZIDA B	
FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02
A-2-7	A-2-6	A-6	A-6
BOM	BOM	NÃO RECOMENDADO	NÃO RECOMENDADO

O Manual do DNIT (2006) traz que nos subgrupos A-2-6 e A-2-7 se caracterizam pela presença de pedregulho e areia grossa com uma porção de fino que contem argila plástica. Já para o subgrupo A-6, são solos tipicamente argiloso, plástico, que comumente sofrem mudanças elevadas de volume consoante à mudança do estado seco para úmido.

Segundo Senço (1997) a utilização desses solos não do grupo A-6 não está vedada, mas sim, que é necessário avaliá-lo para que se possa proceder com as correções necessárias.

Não se deve esquecer quanto à análise da viabilidade da utilização da jazida, além do impacto ambiental causado.

5.2 Determinação do volume estimado das áreas de ocorrências de materiais.

Na determinação dos volumes estimados foi possível verificar a quantidade de material disponível em cada jazida, a seguir, os resultados obtidos para cada área de ocorrência de materiais.

5.3.1 Jazida A

Nessa jazida foram realizados dois furos de sondagem, o suficiente para se verificar o seu volume estimado de material. A profundidade dos furos de sondagem F-01 e F-02 foi respectivamente: 1,20m e 1,15m. A média aritmética da profundidade desses furos foi de 1,17 m.

Com auxílio da área disponível da jazida, que é de 63.000 m², verificou-se que o volume estimado da jazida é de 73.071,00 m³.

5.3.1 Jazida B

Nessa jazida foram realizados dois furos de sondagem, o suficiente para se verificar o seu volume estimado de material. A profundidade dos furos de sondagem F-01 e F-02 foi respectivamente: 1,00m e 0,80m. A média aritmética da profundidade desses furos foi de 0,90 m.

Com auxílio da área disponível da jazida, que é de 102.000 m², verificou-se que o volume estimado da jazida é de 91.800,00 m³.

5.3 Caracterização do solo através dos ensaios de análise granulométrica por peneiramento, LL, LP e ISC.

Os resultados serão apresentados de acordo com a característica aferida em cada ensaio; as planilhas contendo todos os resultados das jazidas e seus respectivos furos estão no anexo A.

5.3.1 Análises granulométricas por peneiramento

A análise granulométrica é o que permite saber quanto à estabilidade de um solo, pois conforme Caputo (1988), dependendo do solo, o mesmo pode necessitar de uma correção granulométrica, com adições de solos com diferentes granulometrias, de forma a assegurar a coesão e ou ângulo de atrito interno. As frações constituintes para cada solo estudado estão expostas no quadro 03.

Quadro 02 - Resumo das frações granulométricas encontradas no ensaio de granulometria para cada amostra

PARTÍCULAS	JAZIDA A		JAZIDA B	
	FURO 1	FURO 2	FURO 1	FURO 2
PEDREGULHO	35,18%	56,22%	30,23%	30,82%
AREIA GROSSA	16,87%	10,02%	6,27%	5,82%
AREIA FINA	13,06%	9,59%	18,74%	19,24%
SILTE+ARGILA	34,89%	24,17%	44,76%	44,12%

Com o resumo das frações granulométricas é possível perceber que para a jazida A, para os dois furos predomina-se partículas de pedregulho, como mostra as (figuras 28 e 29).

Figura 28: Granulométrica do Furo 01 da Jazida A, relacionada com as faixas do DNIT

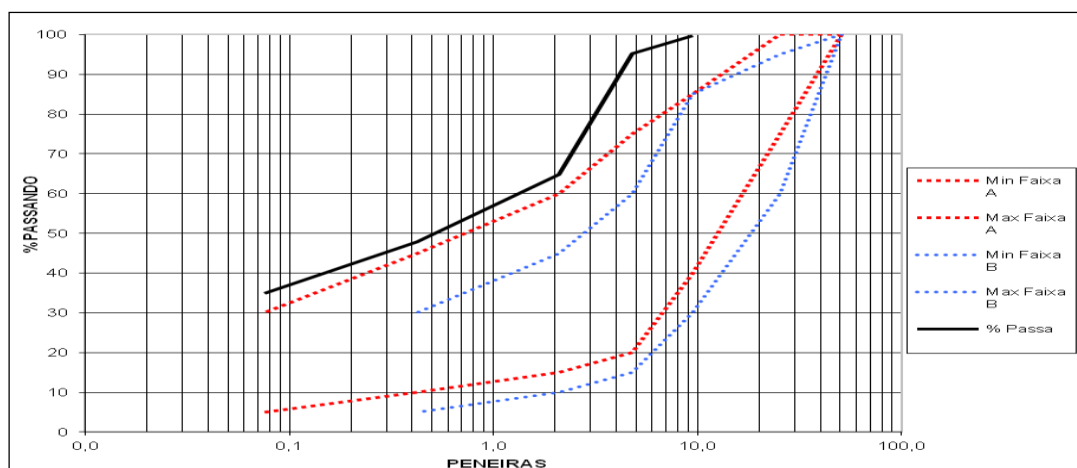
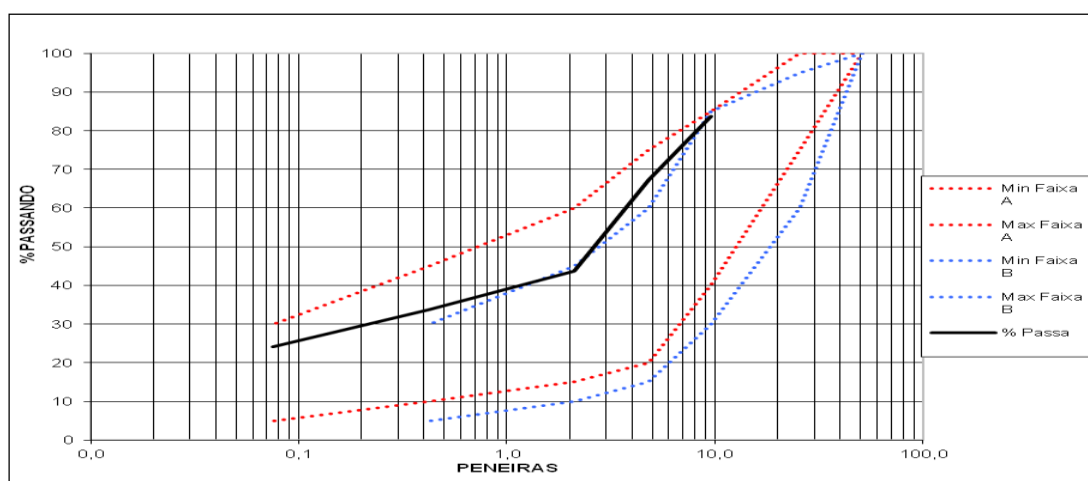


Figura 29: Composição Granulométrica do Furo 02 da Jazida A, relacionada com as faixas do DNIT



Seguindo o mesmo raciocínio, nas (figuras 30 e 31) foram relacionadas às curvas granulométricas com as faixas do DNIT para cada furo da jazida B, nos dois furos predomina-se o silte e argila. O conhecimento desses frações é fundamental para auxiliar na análise do comportamento do solo. de cada jazida.

Figura 30: Composição Granulométrica do Furo 01 da Jazida B, relacionada com as faixas do DNIT

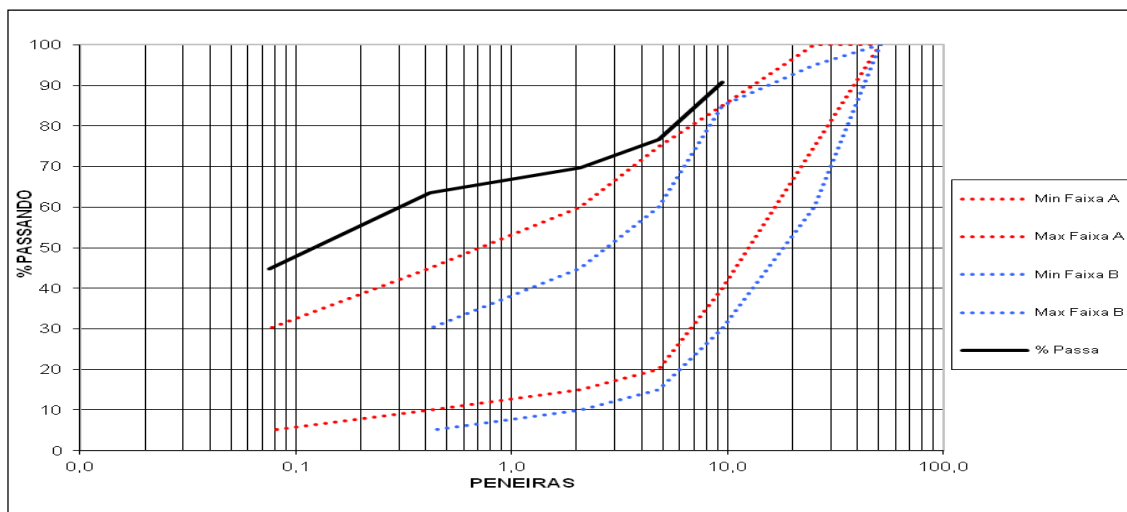
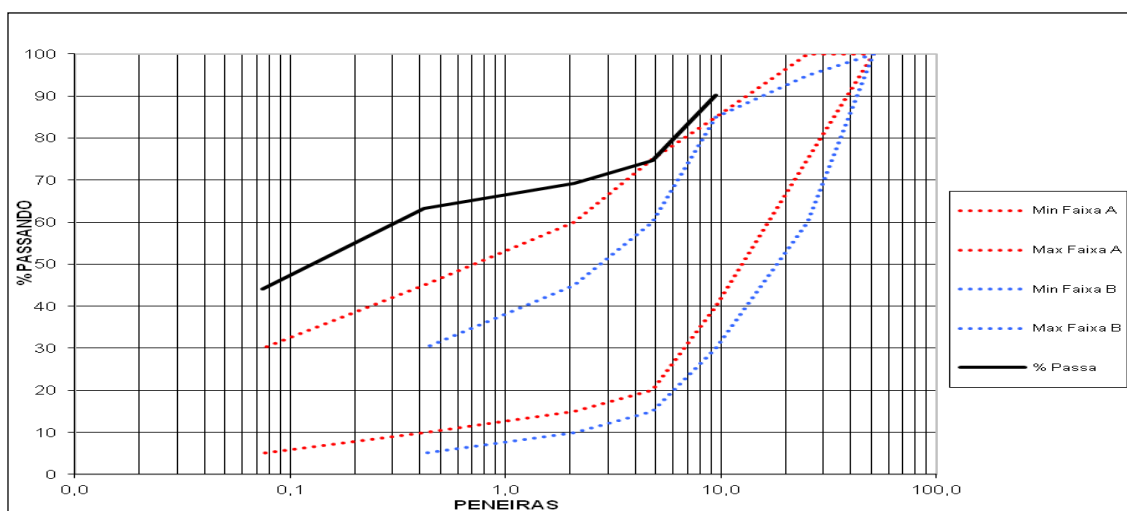


Figura 31: Composição Granulométrica do Furo 02 da Jazida B, relacionada com as faixas do DNIT



5.3.1.1 Faixas Granulométricas

As faixas granulométricas, segundo Manual do DNIT (2006), são faixas entre as quais a curva granulométrica do material a se utilizar deve estar contida. Quando o solo estudado não se enquadrar dentro das faixas, o mesmo solo poderá ser utilizado após misturá-lo com outro solo para que se obtenha um novo solo com granulometria dentro do que especifica a norma.

A Tabela 02 relaciona, em porcentagens passantes, os resultados obtidos em cada Jazida com seus respectivos furos, com as faixas granulométricas especificadas na norma DNIT– ES 098 (2007).

Tabela 02 - Composição granulométrica de cada amostra estudada relacionada com as faixas do DNIT

PENEIRAS		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS				FAIXAS DO DNIT				
		JAZIDA A		JAZIDA B						
		FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02					
MALHA	MM	PORCENTAGEM QUE PASSA (%)				FAIXA A		FAIXA B		TOLERÂNCIA DA FAIXA DO PROJETO
2"	50,8	-	-	-	-	100	100	-	-	-
1"	25,4	-	-	-	-	100	75	100	100	± 7
3/8"	9,5	99,73	83,73	90,74	90,14	85	40	95	60	± 7
Nº 4	4,8	95,25	67,24	76,68	74,7	75	20	85	30	± 5
Nº 10	2,09	64,82	43,78	69,77	69,18	60	15	60	15	± 5
Nº 40	0,42	47,95	33,76	63,5	63,36	45	10	45	10	± 5
Nº 200	0,075	34,89	24,17	44,76	44,12	30	5	30	5	± 2

Fonte: Norma de base estabilizada granulometricamente com a utilização de solos lateríticos, DNIT 098– ES (2007), adaptado.

O solo do furo 02 da jazida A, foi o único que apresentou uma curva considerada ideal segundo a norma Base Estabilizada granulometricamente com utilização de solo laterítico, DNIT 098/2007 – ES, porém, como o solo do furo 01 dessa mesma jazida não apresentou uma curva dentro das faixas, pode-se afirmar que essa jazida, assim como a jazida B que não obteve resultado satisfatório para sua aprovação.

O solo deve possuir uma granulometria variada de forma a preencher ao máximo os vazios do solo, melhorando o entrosamento das partículas na presença de água, garantindo estabilidade e resistência ao ISC.

5.3.2 Limites de Consistência

Conforme afirma Senço (1997), não é possível definir a influência das frações finas de um solo somente pela granulometria, pois as propriedades plásticas variam conforme o teor de umidade em um solo.

Para a engenharia, um solo compressível não possui bom comportamento, pois além de apresentar alta deformabilidade, ainda possui baixa resistência ao cisalhamento.

5.3.2.1 Limite de Liquidez

Sabe-se que o limite de liquidez é o limite para o qual, o solo com certa quantidade de umidade perde sua capacidade de fluir. E também se sabe que diminuindo gradativamente o teor de umidade de um solo sua resistência ao cisalhamento tende a subir. A tabela 3 apresenta os índices de limite de liquidez encontrado em cada amostra.

Tabela 03 - Limites de Liquidez de cada amostra estudada

JAZIDA A		JAZIDA B	
FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02
45,90%	39,70%	36,10%	35,30%

Observando-se a tabela 3, percebe-se que a jazida A não obteve índices de Limite de liquidez dentro do que estabelece a norma de Base - DNIT 098/2007 – ES, que é de $LL \leq 40\%$. Enquanto que a jazida B obteve índices dentro dos recomendados pela norma. O limite estabelecido pela norma assegura um solo de bom comportamento e de boa resistência. Conseqüentemente garante-se um solo com

menores riscos de deformações permanentes, pois se sabe que quanto maior o LL de um solo, mais elástico é o solo.

5.3.2.2 Índice de Plasticidade

O limite de plasticidade, de maneira resumida, se define como sendo a propriedade que um solo apresenta de sofrer deformações muito grandes sem fissurar e sem variação de volume.

Pois diminuindo se gradativamente o teor de água de um solo, o mesmo começa a deixar o comportamento plástico se tornando quebradiço.

Caputo (1988) explica que com apenas uma pequena quantidade de matéria orgânica em um solo pode-se elevar o LP, sem que eleve o LL. E também explica que quanto maior o IP, mais compressível é a argila, conseqüentemente menor a resistência do solo.

Dessa forma, é necessário acrescentar ao estudo do comportamento das frações finas a observação do índice de plasticidade, pois o mesmo define a zona em que o solo se encontra no estado plástico.

O quadro 04 mostra a classificação dos solos em função do índice de plasticidade. Enquanto que a tabela 04 apresenta os índices obtidos para cada amostra estudada, relacionando com o quadro 04.

Quadro 03 - Classificação dos solos em função do IP

DENOMINAÇÃO	ÍNDICE DE PLASTICIDADE
NÃO PLÁSTICOS	IP<1
LEVEMENTE PLÁSTICOS	1<IP<7
MODERADAMENTE PLÁSTICOS	7<IP<17
ALTAMENTE PLÁSTICOS	17<IP<35
EXTREMAMENTE PLÁSTICOS	IP>35

Fonte: Fiori; Carmignani (2009)

Tabela 04 - IP calculados para os solos ensaiados das jazidas A e B

JAZIDA A		JAZIDA B	
FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02
18,84%	14,57%	17,14%	17,92%

Comparando os índices obtidos na tabela 04 com os intervalos expostos no quadro 04, percebe-se que se trata de solos altamente plásticos, o que pode explicar o não enquadramento dos índices obtidos dentro do índice de plasticidade estabelecido pela norma de base DNIT-ES 098 (2007), que é $IP \leq 15\%$. De uma forma mais abrangente, para a engenharia, quanto maior o Índice de plasticidade de um solo, maiores serão os problemas relacionados ao uso desse solo para suporte. (FIORI; CARMIGNANI, 2009)

Nota-se que os solos da jazida A apresentam índices de plasticidade maiores que os da jazida B. O pode ser justificado pelo fato que para a jazida A, predomina a argila, que é caracterizada como muito compressível. Já para a jazida B, com índice de plasticidade, possui uma quantidade bem inferior de argila. Dando espaço para frações maiores de pedregulho e areia, que possui característica de ser menos compressível que as argilas.

5.3.3 Ensaio de Compactação

Sabe-se que a compactação é necessária para se reduzir o volume dos vazios de um solo aumentando-se sua resistência. Mas não só para isso, também para diminuir sua permeabilidade, compressibilidade e reduzir a absorção de água. (CAPUTO, 1988). É interessante destacar, que a massa específica obtida na umidade ótima é escolhida para ser utilizada, pois, mesmo não obtendo a mesma resistência que se obtém no ramo seco compactado, consegue-se reduzir o volume de vazios. De forma que, em um momento em que o pavimento estiver exposto a ação da água, o mesmo conseguirá se manter estável, conseqüentemente mantendo sua resistência.

A tabela 05 mostra a massa específica e a umidade ótima para cada solo nos ensaios com energia de compactação Proctor Intermediário.

Tabela 05 - Relação de massa específica máxima seca e umidade ótima obtidas nos ensaios com energia de compactação Proctor intermediário

	JAZIDA A		JAZIDA B	
	FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02
MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA SECA (kg/m ³)	2005	2009	1915	1965
UMIDADE ÓTIMA (%)	12,9	12,2	12,1	10,7

5.3.4 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

A tabela 06 mostra os índices de suporte Califórnia verificados nos solos estudados. Relacionando esses valores com os índices estabelecidos pelas normas de base e sub-base.

Nenhuma das jazidas estudadas apresentou Índice de Suporte Califórnia mínimo conforme as normas de base e sub-base.

Isso mostra apenas que foram confirmadas as suspeitas levantadas através das outras características já obtidas, como o LL e o IP. O IP já mostrava que para as duas jazidas se tinha um solo altamente plástico. Essa característica já indicava a grande chance de se obter solos com baixa resistência. Quanto ao LL, na jazida A, já se notava um solo altamente elástico.

Esses índices estabelecidos pelas normas expressam índices adequados para garantir a camada alcançar sua função, de resistir aos esforços verticais gerados pelo tráfego e distribuí-los. Pois solos com comportamento plástico e elástico fora dos limites estabelecidos, provocam problemas ao pavimento, como ruptura do subleito, deformações permanentes.

Nota-se que conforme a camada se aproxima do subleito, menores são as exigências expressas pelos índices, e é importante falar que para a camada de reforço do subleito a norma recomenda que ISC deve ser igual ou maior que o estabelecido em projeto. O que indica que esse solo tem a possibilidade de ser estudado para este uso.

Tabela 06 - ISC encontrado nas amostras ensaiadas das jazidas A e B

JAZIDA A		JAZIDA B	
FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02
9,90%	16,10%	13,10%	4,00%

5.3.4.1 Expansão

Em relação à expansão, os resultados obtidos nos ensaios estão relacionados na tabela 07. Percebe-se que a jazida A não apresentou expansão, respeitando-se os índices estabelecidos pelas de base DNIT-ES 098 (2007) e sub-base DNIT-ES 0139 (2010) e reforço do subleito DNIT-ES 0138 (2010), isso pode ser justificado por ter predominantemente pedregulho e areia em sua granulometria. E quanto menor a parcela de argila em um solo, menor sua expansão.

Para a jazida B, os valores aferidos apresentaram expansão, que diferente da areia, a argila sofre expansão, e como já foi visto no resumo granulométrico desse solo, os solos da jazida B possui uma quantidade significativa de argila. Dessa forma, esses solos não se enquadram dentro do índice proposto pela norma de base, porém passa nos índices estabelecidos pelas normas de sub-base e reforço do subleito. A argila tem propriedade expansiva, e quando em grande quantidade em um solo pode causar problemas devido a sua expansão, provocando fissuras e trincas no pavimento.

Tabela 07 - Expansão encontrada nas amostras ensaiadas das jazidas A e B

JAZIDA A		JAZIDA B	
FURO 01	FURO 02	FURO 01	FURO 02
-	-	0,60%	1,00%

O quadro 05 apresenta um resumo de todas as características obtidas durante a análise das características físicas das jazidas A e B. enquanto que o quadro 06 apresenta os parâmetros exigidos pelas normas utilizadas.

Quadro 04 – Resumo análise das características físicas das jazidas A e B

JAZIDA		A		B		
FURO		1	2	1	2	
PROFUNDIDADE		0,80 m	0,40 m	0,80 m	0,71 m	
GRANULOMETRIA	PENEIRAS	2"	-	-	-	
		1"	-	-	-	
		3/8"	99,73	83,73	90,74	90,14
		4	95,25	67,24	76,68	74,7
		10	64,82	43,78	69,77	69,18
		40	47,95	33,76	63,5	63,36
		200	34,89	24,17	44,76	44,12
LIMITES FÍSICOS	LL (%)	45,9	39,7	36,1	35,3	
	IP (%)	18,84	14,57	17,14	19,32	
I.G.		2	1	4	5	
CLASSIFICAÇÃO HRB		A - 2 - 7	A - 2 - 6	A - 6	A - 6	
COMPACTAÇÃO	LABORATÓRIO	UMID.	12,9	12,2	12,1	10,7
		DENS.	2005	2009	1915	1965
ISC	ISC FINAL (%)	9,9	16,1	13,1	15,5	
	EXP FINAL (%)	0	0	0,6	1	

Quadro 05 - Resumo dos índices extraídos das normas de base, sub-base e reforço do subleito analisados na análise das características físicas

Parâmetros	Norma de Base DNIT 098/2007 – ES	Norma de Sub-Base DNIT 139/2010 - ES	Norma de Reforço do Subleito DNIT 138/2010 - ES
FAIXAS GRANULOMÉTRICAS	VER FIGURAS 28, 29, 30 e 31.	NÃO APRESENTA	NÃO APRESENTA
LIMITE DE LIQUIDEZ	40%	NÃO APRESENTA	NÃO APRESENTA
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	15%	NÃO APRESENTA	NÃO APRESENTA
ÍNDICE DE GRUPO	NÃO APRESENTA	NÃO APRESENTA	0
ISC	60%	20%	NÃO APRESENTA
EXPANSÃO	0,20%	1,00%	1,00%
OBS.: solos com $IP \geq 15\%$ podem ser usados em misturas com outros materiais com $IP \leq 6\%$.			

Fonte: Norma de base estabilizada granulometricamente com utilização de solos lateríticos, DNIT 098 (2007), norma de sub-base estabilizada granulometricamente DNIT 139 (2010) e reforço do subleito DNIT 138 (2010), adaptado.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou a realização da análise das características físicas de uma jazida para aterro de estrada vicinal no município de Couto Magalhães. A mesma visa a obtenção de elementos como volume estimado e características de uma área de ocorrência.

Analisando-se os resultados obtidos para as jazidas A e B, conclui-se que as mesmas apresentam volume estimado nas quantidades de 73.071,00 m³ e 91.800,00 m³ que é uma quantidade satisfatória para justificar a exploração e execução do serviço de aterro na qual foi mencionado.

Em relação aos índices obtidos em ambas as jazidas estudadas, apresentaram índices satisfatórios para utilização do seu material como reforço do subleito. Porém para a utilização desses solos como base e sub-base, os índices não apresentaram as exigências mínimas preconizadas pelas suas respectivas normas, de forma que o emprego desses materiais como camadas de base e sub-base só é possível após um método de estabilização granulométrica.

Dessa forma, recomenda-se o uso deste material das jazidas A e B para utilização em camada de reforço do subleito, e ou como mistura em outros materiais como: cal, cimento e betumes, ou realizar um estudo mais aprofundado desta área além de verificar as influencias das mesmas pelo processo de estabilização granulométrica para as camadas de base e sub-base.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Gil Carvalho Paulo. **Caracterização Física e Classificação dos Solos**. Universidade Federal de Juiz de Fora Faculdade de Engenharia Departamento de Transportes, 2005.

AZEVÊDO, André Luis. **Estabilização de solos com adição de cal. um estudo a respeito da reversibilidade das reações que acontecem no solo após a adição de cal**. Dissertação. Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica da UFOP Ouro Preto - Novembro de 2010.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006. 504 p.

CABALA, Guilherme Van Erven. **Estudo do comportamento mecânico de estruturas de solo-cimento reforçado com fibras de coco e hastes de bambum**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Natal-RN, 2007

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos**: e suas aplicações. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1988. 1 v.

CARVALHO, Analice Lima. **Análise do Efeito da Estabilização Mecânica e Física em Matrizes de Terra**. Relatório Final de Iniciação Científica. Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro, Julho de 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 041**: Solos-preparação de amostras para ensaios de caracterização – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 080**: Solos - análise granulométrica por peneiramento – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 082**: Solos-determinação do limite de plasticidade – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 122**: Solos - determinação do limite de liquidez-método de referência e método expedito – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 213**: Solos-determinação do teor de umidade – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 003**: Solos-coleta de amostras deformadas de solos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: IPR. Publ, 719, 2006. 274 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários**: Instruções para acompanhamento e análise. Rio de Janeiro: IPR. Publ. 2010, 739 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-ES 098**: Pavimentação – base estabilizada granulometricamente com utilização de solo laterítico – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-ES 139**: Pavimentação – sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-ES 138**: Pavimentação – reforço do subleito – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-ME 164**: Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT**: Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro – RJ: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009. 13 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT**: Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro – RJ: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009. 13 p.

EMMER, Fabiano; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. **CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS PARA ESTRADAS FLORESTAIS: ESTUDO DE CASO**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198050982016000200601&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 2 mar. 2016.

EMMER, Fabiano; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. **Caracterização geotécnica e classificação de solos para estradas florestais: estudo de caso**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198050982016000200601&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 2 mar. 2016.

FERREIRA, Régis, FREIRE, Wesley. **Eficiência da estabilização do solo e qualidade de tijolos prensados de terra crua tratada com aditivos químicos**,

avaliadas pela combinação de testes destrutivos e não-destrutivos. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.3, p.501-511, set./dez. 2004

KAGEYAMA, Angela. **Desenvolvimento rural: conceito e um exemplo de medida.** In: XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2004, Cuiabá. "Dinâmicas Setoriais e Desenvolvimento Regional", 2004.

MEDRADO, Wallen Alexandre. **Caracterização Geotécnica de solo da região norte de Minas Gerais para aplicação em obras de rodovias.** Dissertação. Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica da UFOP, Ouro Preto – Agosto de 2009.

MENDES, Rodolfo Moreda. **Estudo das propriedades Geotécnicas de solos residuais não saturados de Ubatuba (SP).** Tese. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2008.

REICHERT, José Miguel. **Fundamentos da ciência do solo.** Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Departamento de Solos. Junho de 2007.

SANTOS, Eliana Fernandes. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais.** Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlo – SP, 2006.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação.** Sao Paulo: Pini, 1997. 1 v.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos.** 3. ed. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2006.

TEIXEIRA, Ivonei. **Estabilização de um solo laterítico argiloso para utilização como camada de pavimento.** Dissertação. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas – SP, 2014.