



# **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

LUANA CAROLINE CARVALHO

## **ESTUDO DA VIABILIDADE E USO DOS ESTABILIZANTES DE SOLO OXNIX NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS PARQUES NO JALAPÃO**

Palmas - TO

2016

Luana Caroline Carvalho

**ESTUDO DA VIABILIDADE E USO DOS ESTABILIZANTES DE SOLO OXNIX NA  
CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS PARQUES NO JALAPÃO**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do Curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), orientado pela Professora Msc. Roberta Mara Oliveira.

Palmas - TO

2016

LUANA CAROLINE CARVALHO

Estudo da Viabilidade e Uso dos Estabilizantes de Solo Oxix na Construção de Estradas Parques no Jalapão

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do Curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), orientado pela Professora Msc. Roberta Mara Oliveira.

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2016.

BANCA EXAMINADORA



---

Professora Msc. Roberta Mara Oliveira.  
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Professor Esp. Euzir Pinto Chagas  
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Professora Esp. Jaqueline Henrique  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO

2016

---

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me foi fiel, não me desamparando em momento algum, e com sua infinita graça me abençoou e me ajudou a chegar até aqui.

Agradeço também aos meus pais Ivanildo e Edivani Carvalho, que não mediram esforços para realizar meu sonho, sendo meus maiores incentivadores, exemplos de vida, compromisso, dedicação e acima de tudo honestidade.

À minha tutora particular, Ivana Gabriela Carvalho, que sempre me socorreu e me ajudou ao longo dessa jornada.

A toda minha família e aos meus amigos, obrigado por estarem sempre presentes nessa longa caminhada, por cada palavra de incentivo e pela compreensão durante aqueles momentos em que me ausentei em razão dos estudos.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. M.Sc. Roberta Mara Oliveira, pelo grande apoio e incentivo, nunca medindo esforços para solucionar as dúvidas que fossem surgindo ao longo da elaboração desta monografia. Além de uma grande profissional, uma ótima amiga. Serei eternamente grata a você professora, você é mais uma daquelas pessoas que a gente guarda na mente e no coração pelo resto das nossas vidas.

Aos demais professores da instituição, por todo conhecimento adquirido, meus sinceros agradecimentos, na certeza que o aprendizado e amizade são o que nos acompanha.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A ampla questão de nosso tempo é o desenvolvimento sustentável, garantir que o planeta evolua de forma a poder manter sua capacidade de continuar gerando subsídios à existência da vida das próximas gerações, preservando o meio ambiente e sua relação com o homem. Nesse contexto, a procura por propostas e ideias que garantam esse tipo de desenvolvimento tem mobilizado diversas pesquisas nos mais variados campos do conhecimento e, como não poderia deixar de ser, dentro do campo da engenharia. A estabilização química dos solos vem cada vez mais sendo estudada e desenvolvida no setor construtivo. São produtos que melhoram a qualidade dos solos, conferindo aos mesmos melhorias em sua expansão, suporte e impermeabilização, o que acarreta economia e rapidez de execução. O presente trabalho tem como objetivo geral, avaliar a viabilidade técnica do uso de estabilizantes de solos Oxnix nos serviços de pavimentação, na estrada parque situada na área de proteção ambiental do Jalapão, localizado no município de Mateiros, estado do Tocantins, onde foram feitos ensaios de caracterização do solo, como Índice de Suporte Califórnia, compactação e expansão, e, através desses ensaios, foi possível analisar a viabilidade técnica da utilização do referido solo. Com os resultados atingidos, em relação às Estradas Parques, nota-se que o assunto ainda é pouco difundido e estudado no Brasil, uma vez que não há normas e legislações específicas sobre o assunto para serem seguidas, somente uma Portaria que trata o tema de uma forma ampla e geral. Já, em relação aos resultados com o uso do estabilizante no solo do Jalapão, este obteve resultado satisfatório em relação aos parâmetros estipulados pelo DNIT.

Palavras-chaves : Jalapão – Estradas Parques – Estabilizante – Solos - CBR

## **ABSTRACT**

The broad issue of our time is sustainable development, ensuring that the planet evolve so that it can maintain its ability to continue generating subsidies to the existence of life of future generations, preserving the environment and its relationship with man. In this context, the search for proposals and ideas to ensure this type of development has mobilized several studies in various fields of knowledge and, as it should be within the engineering field. The chemical stabilization of the soil is increasingly being studied and developed in the construction sector. They are products that improve the quality of the soil, giving the same improvements in their expansion, support and waterproofing, resulting economy and speed of execution. This work has as main objective to assess the technical feasibility of using stabilizers Oxnix soil in paving services, road park located in the area of environmental protection Jalapão, located in the municipality of Bushmen, Tocantins state, where tests were performed soil characterization, and Support Index California, compression and expansion, and, through these tests, it was possible to analyze the technical feasibility of the use of that land. With the results achieved in relation to roads Parks, note that it is still not widespread and studied in Brazil, since there are no specific rules and laws on the subject to be followed, only one Ordinance which deals with the theme of a broad and general. Now, in relation to the results with the use of the stabilizer in the soil of Jalapao, it obtained satisfactory results in relation to the parameters stipulated by the DNIT.

Keywords: Jalapão - Roads Parks - Stabilizer - Soil - CBR

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa ilustrativo da Região do Jalapão. ....	18
Figura 2: Área Estratégica – Mosaico de UC do Jalapão.....	19
Figura 3: Camadas do pavimento flexível. ....	27
Figura 4: Limites de Consistência. ....	39
Figura 5: Aparelho Casagrande. ....	39
Figura 6: Ensaio de Limite de Plasticidade.....	40
Figura 7: Mapa contendo a localização do trecho .....	50
Figura 8: Mapa do Mosaico de UC's do Jalapão.....	51
Figura 9: Material sendo coletado. ....	55
Figura 10: Amostra do Solo.....	56
Figura 11: Pesagem e Armazenagem do Solo.....	56
Figura 12: Agitador Mecânico.....	58
Figura 13: Regularização da Superfície .....	63
Figura 14: Peso do Solo.....	63
Figura 15 : Instruções de uso do material .....	66
Figura 16: Oxnix diluído em água.....	66
Figura 17: Mistura do solo + cal + estabilizante. ....	67
Figura 18: Moldagem do corpo de prova.....	68
Figura 19: Pesagem do corpo de prova. ....	68
Figura 20: Corpos de Prova imersos com medidor de expansão.....	69
Figura 21: Corpo na Prensa. ....	70

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Exemplo de curva granulométrica de um solo. ....	37
Gráfico 2: Tipos de curvas granulométricas. ....	38
Gráfico 3: Curva de compactação. ....	46
Gráfico 4: Gráfico de compactação. ....	61
Gráfico 5: Curva de pressão - penetração.....	64
Gráfico 6: Curva Granométrica. ....	74
Gráfico 7: Curva de Compactação. ....	76



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Recursos jurídicos geralmente empregados para implantação de Estradas parques. ....	23
Tabela 2: Relação de aditivos, fabricantes, composição básica e origem. ....	31
Tabela 3: Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS. ....	42
Tabela 4: Energia de compactação. ....	46
Tabela 5: Limites de ISC para as camadas de um pavimento. ....	47
Tabela 6: Limites de expansão para as camadas de um pavimento ....	48
Tabela 7: Tabela de Granulometria ....	57
Tabela 8: Limites de Liquidez.....	59
Tabela 9: Classificação dos solos em função dos índices de plasticidade.....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estradas parques e a sustentabilidade.....	26
Quadro 2: Classificação dos solos Transportation Research Board – TRB. ....	43
Quadro 3: ISC Expansão.....	77

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.2 OBJETIVOS.....	15
<b>1.2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL JALAPÃO .....	16
<b>2.1.1 Área de Proteção Ambiental (APA).....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Histórico da APA-Jalapão.....</b>	<b>17</b>
2.1.2.1 Jalapão .....	17
2.1.2.2 APA Jalapão.....	18
2.2 ESTRADAS PARQUES E O TURISMO SUSTENTÁVEL.....	19
<b>2.2.1 A definição de Estradas Parques.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2 Aspectos Ambientais para Regulamentação da Estrada Parque no Brasil</b>	
<b>21</b>	
<b>2.2.3 Estradas Parques no Brasil.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.4 Turismo Sustentável e Estradas Parques .....</b>	<b>25</b>
2.3 PAVIMENTO RODOVIÁRIO .....	26
<b>2.3.1. Pavimento Flexível .....</b>	<b>27</b>
2.3.1.1 Subleito.....	27
2.3.1.2 Regularização do Subleito.....	28
2.4 ESTABILIZAÇÃO .....	28
<b>2.4.1 Estabilização de Solos.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.2 Tipos de Estabilização .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.3 Estabilização Química.....</b>	<b>30</b>
2.4.3.1 Estabilização Solo-cal.....	31

<b>2.4.4 Estabilizantes Ecológicos .....</b>	<b>32</b>
2.5 ESTABILIZANTE ECOLÓGICO OXNIX® .....	32
<b>2.5.1 Composição e Reação Oxnix®.....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.2 Vantagens da Utilização do Estabilizante Oxnix®.....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.3 Aplicações .....</b>	<b>34</b>
2.6 SOLO .....	35
<b>2.6.1 Formação e Origem do Solo.....</b>	<b>35</b>
2.7 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA .....	36
<b>2.7.1 Curva de Distribuição Granulométrica .....</b>	<b>37</b>
2.8 LIMITES DE CONSISTÊNCIA .....	38
<b>2.8.1 Limite de Liquidez (LL) .....</b>	<b>39</b>
<b>2.8.2 Limite de Plasticidade.....</b>	<b>40</b>
<b>2.8.3 Índice de Plasticidade (IP) .....</b>	<b>40</b>
2.9 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS .....	40
<b>2.9.1 Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS).....</b>	<b>41</b>
<b>2.9.2 Sistema de Classificação Transportation Research Board – TRB.....</b>	<b>42</b>
2.10 COMPACTAÇÃO DOS SOLOS .....	44
<b>2.10.1 Ensaio de Compactação.....</b>	<b>45</b>
2.11 ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA.....	47
2.12 EXPANSIBILIDADE .....	48
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>50</b>
3.1 OBJETO DE ESTUDO.....	50
3.2 ANALISAR A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTRADA PARQUE .....	52
3.3 ANALISAR A VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DO ESTABILIZANTE OXNIX.....	52
3.4 ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DO SOLO COM USO DO ESTABILIZANTE DE SOLOS OXNIX .....	52

3.5 MATERIAIS EMPREGADOS .....	53
<b>3.5.1 Solos.....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.2 Aditivos .....</b>	<b>54</b>
3.6 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO.....	54
<b>3.6.1 Preparação da Amostra .....</b>	<b>54</b>
3.6.1.1 Procedimento .....	54
<b>3.6.2 Ensaio de Caracterização .....</b>	<b>56</b>
3.6.2.1 Análise Granulométrica por Peneiramento .....	57
3.6.2.1.1 Procedimento .....	58
3.6.2.2 Limite de Liquidez.....	59
3.6.2.3 Limite de Plasticidade.....	60
<b>3.6.3 Índice de Plasticidade (IP) .....</b>	<b>60</b>
<b>3.6.4 Ensaio de Compactação .....</b>	<b>61</b>
3.6.4.1 Procedimento .....	62
<b>3.6.5 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia .....</b>	<b>63</b>
<b>3.6.6 Expansão .....</b>	<b>64</b>
3.6.6.1 Procedimento: Mistura Solo – Aditivo Químico.....	65
<b>3.6.7 Classificação dos solos.....</b>	<b>70</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
4.1 ANALISAR A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTRADA PARQUE .....	71
4.2 FAZER ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DO JALAPÃO .....	73
<b>4.2.1 Ensaio de granulometria e limites de Atterberg .....</b>	<b>73</b>
4.2.1.1 Classificação do Solo .....	75
<b>4.2.2 Ensaio de compactação.....</b>	<b>75</b>
<b>4.2.3 Expansibilidade e ISC .....</b>	<b>76</b>

4.3 ANALISAR A INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO ESTABILIZANTE DE SOLOS OXNIX® NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO MESMO, ATRAVÉS DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS, COM O INTUITO DE UTILIZÁ-LO EM OBRAS RODOVIÁRIAS (ISC. COMPACTAÇÃO, EXPANSÃO).....	78
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ampla questão de nosso tempo é o desenvolvimento sustentável, garantir que o planeta, evolua de forma a poder manter sua capacidade de continuar gerando elementos a existência da vida das próximas gerações, preservando o meio ambiente e sua relação com o homem. Nesse contexto, a procura por propostas e ideias que garantam esse tipo de desenvolvimento tem mobilizado muita pesquisa em diversos campos do conhecimento e, como não poderia deixar de ser, dentro do campo da engenharia.

À medida que crescem as inovações tecnológicas no meio da construção civil, as exigências também crescem com relação à conscientização da necessidade de preservação ambiental. A análise dos impactos ambientais que serão causados por obras de grande porte, como é o caso dos empreendimentos lineares, vem se tornando fundamental para melhorar a estimativa desses problemas.

O solo utilizado como base para construções deve oferecer propriedades físicas e mecânicas relacionadas à estabilidade volumétrica, resistência e durabilidade. Em se tratando de obras de pavimentação, quando o solo não atende as especificações exigidas pelo projeto, seja pela baixa capacidade de suporte ou por serem altamente expansivos, o material deve ser removido e substituído por outro que atenda. No entanto, para a realização deste procedimento, são necessários custos adicionais à obra, além de ocasionar deterioração ao meio ambiente, uma vez que há a necessidade da abertura de jazidas para extração do novo material.

Desse modo, a cada dia, tem-se desenvolvido novos produtos que combinados aos solos, melhoram suas qualidades e propriedades, para seu uso específico, de tal maneira, que haja um melhor aproveitamento destes solos.

Hodiernamente, a questão ambiental no meio do setor construtivo vem sendo melhor vista por parte dos profissionais da área, e novas alternativas começam a ser bastante utilizadas. Como exemplo, as soluções técnicas na área da engenharia rodoviária, que se preocupam em minimizar os impactos ambientais causados pela construção de rodovias e a manutenção delas.

As estradas parques são voltadas principalmente para áreas de preservação ambiental, pois são menos agressivas ao meio ambiente, tendo como foco a

apreciação da natureza por pessoas que ali trafegam. Há diversas experiências em vários países, inclusive no Brasil, que buscam estruturar políticas públicas que permitam uma gestão de estradas de interesse especial, podendo ser ela ambiental, cultural, dentre outros fatores.

Nesse contexto, a presente monografia tem como objetivo promover o estudo da viabilidade ambiental da implantação de uma estrada parque na região do Jalapão, estudando, ainda, o uso de novos métodos construtivos na execução da mesma, como é o caso da utilização do estabilizante Oxnix.

Assim, o fenômeno das estradas parques, aliadas com a utilização de estabilizantes, garantem a preservação do meio e surgem como uma possibilidade de fazer-se progredir o desenvolvimento dentro de bases a garantirem que essas regiões, nas quais essas estradas estão inseridas, sustentem-se tanto do ponto de vista econômico como cultural e ambiental.



## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade técnica do uso de estabilizantes de solos Oxnix nos serviços de pavimentação, através do resultado do Índice de Suporte Califórnia, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo DNIT, em estradas parques situadas dentro da Área de Proteção Ambiental do Jalapão, localizado no município de Mateiros, estado do Tocantins.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a legislação ambiental vigente para a implantação de uma estrada parque;
- Analisar os resultados dos ensaios de caracterização do solo do local estudado;
- Analisar a influência da incorporação do estabilizante de solos Oxnix ® nas propriedades mecânicas do mesmo, através dos resultados dos ensaios, com o intuito de utilizá-lo em Estradas parques.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, conforme Mittermeier et al (2005), até a primeira metade do século XX, a consciência da necessidade de preservação dos recursos naturais praticamente não existia. Somente a partir da década de 1970, o país apresentou um progresso maior tanto na ação de conservação como no desenvolvimento da capacidade de conservação.

### 2.1 ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL JALAPÃO

#### 2.1.1 Área de Proteção Ambiental (APA)

Segundo a Lei Federal nº 9.985/2000, as Unidades de Conservação no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), dividem-se em dois grupos com características específicas, são eles:

**Unidades de proteção integral:** cujo objetivo básico é a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Abrangem:

- Estações Ecológicas;
- Reservas Biológicas;
- Parques Nacionais;
- Monumentos Naturais;
- Refúgios de Vida Silvestre.

**Unidades de Uso Sustentável:** objetivam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Compreendem:

- Áreas de Proteção Ambiental – APA;
- Áreas de Relevante Interesse Ecológico – ARIE;
- Florestas nacionais – FLONA;
- Reservas Extrativistas – RESEX;
- Reservas de Fauna – REFAU;
- Reservas de Desenvolvimento Sustentável – RDS;
- Reservas Particulares de Patrimônio Natural – RPPN.

A Resolução CONAMA nº 10, define área de proteção ambiental como “unidades de conservação, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental

e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais”.

Assim, as APAS's são regiões em que a conservação ambiental é de suma importância para os ecossistemas nelas contidos, assim como a conservação da qualidade de vida das populações que nelas vivem.

## **2.1.2 Histórico da APA-Jalapão**

### **2.1.2.1 Jalapão**

Jalapão é o maior parque estadual do Tocantins. De acordo com a Secretaria de Comunicação do Tocantins – SECOM, o parque é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral (UC) e foi estabelecido em janeiro de 2001. A criação da UC tem como intuito, proteger a biodiversidade da parte Leste do Estado do Tocantins, pois engloba grandes parcelas do cerrado preservado, grande número de mananciais de suma importância para as bacias hidrográficas. Para gerenciar e garantir a preservação, o Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) é o órgão responsável para realizar e executar a política ambiental do Estado.

Ainda, segundo a SECOM, a região do Jalapão tem uma vegetação predominantemente de cerrado ralo e de campo limpo com veredas. O clima é do tipo tropical-continental com duas estações contrastantes, o período chuvoso e o período seco. A Superfície Jalapão corresponde às superfícies dissecadas em ravinas e mesas, com altitudes entre 400 e 550 m. Apresentam relevo plano a suave-ondulado, com solos profundos e arenosos (Areias Quartzosas)

De acordo com a Secretaria de Planejamento do Tocantins - SEPLAN (2003), a região do Jalapão está localizada na porção leste do Estado do Tocantins, fazendo divisa com os Estados do Maranhão, Piauí e Bahia. Ocupa uma área de 53,3 mil km<sup>2</sup>, sendo que 34,1 mil km<sup>2</sup> encontram-se dentro do Estado do Tocantins.

Tem uma temperatura média de 30°C, cortada por imensa teia de rios, riachos e ribeirões, todos de água límpida e transparente. (SEINFRA-TO).

A região do Jalapão abrange os municípios de Ponte Alta do Tocantins, Mateiros, São Felix do Tocantins, Rio do Sono, Lizarda, Lagoa do Tocantins, Santa Tereza do Tocantins e Novo Acordo, conforme a figura a seguir:

Figura 1: Mapa ilustrativo da Região do Jalapão.



Fonte: Autor desconhecido.

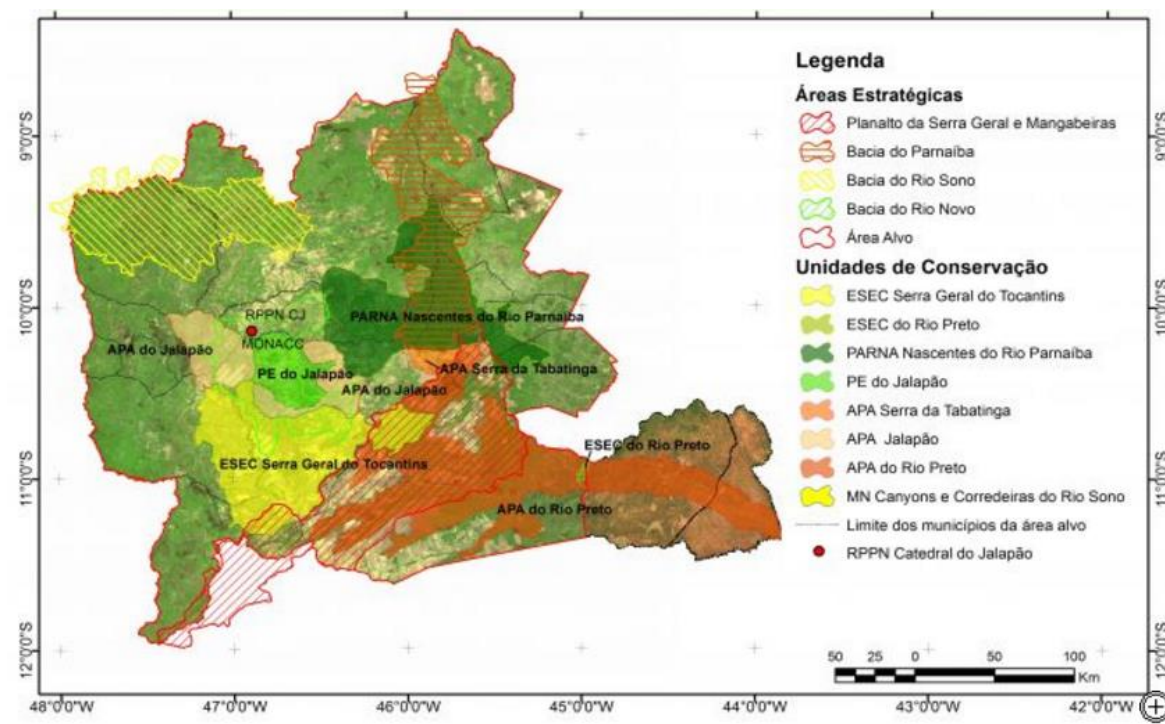
#### 2.1.2.2 APA Jalapão

De acordo com a Lei Estadual nº 1172, em seu art. 2º, a Área de Proteção Ambiental Jalapão, foi criada no dia 31 de julho de 2000 e tem por finalidade proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar e incentivar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais do seu interior.

Ainda, segundo a retromencionada lei, em seus arts. 3º e 4º §2º, a APA-Jalapão será implantada, supervisionada, administrada e fiscalizada pelo Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), o mesmo poderá atuar conjuntamente com os demais órgãos do meio ambiente do Estado de Tocantins e ainda com instituições públicas ou privadas, nacionais, internacionais ou estrangeiras, e ONGS dedicadas à proteção ao meio ambiente.

Com extensão de 461.730 hectares, a APA do Jalapão ocupa terras dos municípios de Mateiros, Novo Acordo e Ponte Alta do Tocantins, formando um mosaico de Unidades de Conservação.

Figura 2: Área Estratégica – Mosaico de UC do Jalapão.



Fonte: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2013)

## 2.2 ESTRADAS PARQUES E O TURISMO SUSTENTÁVEL

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente juntamente com o Instituto Brasileiro de Turismo (Embratur), ecoturismo ou turismo ecológico é a forma de atividade turística que utiliza o patrimônio natural e cultural de forma sustentável, incentivando sua conservação e buscando a formação de uma consciência ambientalista por meio da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar da sociedade.

O turismo, como elemento de preservação da natureza e da cultura, deve ser fomentador de um desenvolvimento fundamentado no local e nas políticas que visam o desenvolvimento de uma região. Ou seja, contribuir para desenvolver as comunidades onde a atividade será implantada e/ou consolidada. (MORAIS, 1996)

Rodrigues (2005, p. 60) aponta que:

O turismo começa a ser visto como um aliado na conservação de locais de recursos naturais frágeis, em locais de grande beleza cênica ou em locais

com ecossistemas de relevante interesse ecológico. Muitos municípios estão apostando no turismo como a solução para conservar seus recursos naturais e ainda obter retornos econômicos.

Ou seja, o turismo é uma forma de desenvolver o local, trazendo benefícios aos moradores da região e ao mesmo tempo sendo sustentável, ou seja, não prejudicando o meio ambiente.

### **2.2.1 A definição de Estradas Parques**

Desde a década de 70 discute-se sobre o tema estradas parques, logo, não é um tema novo no Brasil. Já existem algumas estaduais, principalmente no Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Os trabalhos em relação a estradas parques são escassos no Brasil, tanto como documentos publicados, guias turísticos, monografias, relatórios, dentre outros. Na América Latina, são raras as estradas parques, sendo o Brasil um dos poucos países que mostraram interesse moderado nessa categoria.

Para Dourojeanni (2003), os Estados Unidos deram origem ao nome e ao conceito de estradas parques, onde essas áreas protegidas são denominadas de *parkways* e geridas pelo Serviço de Parques (US Park Service) ou pelos serviços de parques estaduais, em conjunto com o respectivo departamento de estradas de rodagem (DNER).

De acordo com a Fundação S.O.S Mata Atlântica, Estrada Parque “é um Museu Permanente de Percurso que atravessa Unidades de Conservação ou áreas de relevante interesse ambiental e paisagístico”. Ainda, possui o intuito de aliar a preservação ambiental ao desenvolvimento sustentável da região, através do fomento ao ecoturismo e às atividades de educação ambiental, de lazer e culturais.

Para Soriano (2006), estrada parque pode ser classificada como uma categoria de unidade de conservação de uso sustentável, a partir dos seus objetivos de manejo. Para estas unidades são definidas legalmente a forma de uso e manejo, garantindo assim, maior eficiência na preservação e no crescimento da sustentabilidade socioeconômica e ambiental da área em questão.

Sobre o assunto, Arcari & Da-Ré (1998), definem esta categoria como:

Um parque linear de alto valor educativo, cultural, recreativo e panorâmico que protege faixas de terra ao longo de trechos ou a totalidade de

caminhos, estradas ou vias de acesso, e cujos limites são estabelecidos com vistas à proteção de suas características e mantidos em estado natural ou seminatural, evitando-se obras que desfigurem o meio ambiente.

Para Da-Ré (1998), a implementação de uma Estrada Parque deve seguir não além de mecanismos de redução de impactos ambientais, as tecnologias que agreguem esforços para a conservação e valorização do patrimônio ambiental, evitando-se obras que alterem as características locais. Podendo-se destacar, ainda, o alto valor educativo, cultural, recreativo e panorâmico da Estrada Parque.

### **2.2.2 Aspectos Ambientais para Regulamentação da Estrada Parque no Brasil**

De acordo com a Portaria Interministerial nº 281, do Ministério do Meio Ambiente (MMA), de 16 de setembro de 2008, ao analisar a necessidade de se estabelecer critérios e procedimentos administrativos referentes aos processos de implantação de estrada parque.

A referida Portaria resolve, segundo seu art.1º:

A pessoa física ou jurídica interessada no estabelecimento da mesma, deverá apresentar junto ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais-IBAMA, no âmbito das respectivas atribuições, um projeto contendo os seguintes requisitos:

I - estudo prévio de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental-EIA/RIMA, elaborados em conformidade com a legislação vigente;

II - inventário dos atributos da região;

III - traçado: deverá seguir o curso menos impactante possível, reduzindo ao máximo, as interferências no meio físico, tais como cortes de taludes, aterros, drenagens de áreas úmidas, cruzamentos de cursos d'água e ações afins;

IV - contenções de encostas e cortes de taludes: deverão respeitar ao máximo a geologia e a geomorfologia locais e provocar o menor impacto paisagístico possível;

V - pavimentação: deverá compatibilizar as necessidades de tráfego às especificidades locais, tais como relevo, clima, geologia, geomorfologia, hidrologia e outras, e priorizar utilização de materiais menos poluentes e menos agressivos à natureza;

VI - redutores de velocidade: poderão ser instalados para a adequação da velocidade em determinados trechos;

VII - ciclovias e vias para pedestres: sempre que possível, deverão ser previstas no projeto vias próprias para o trânsito de ciclistas e pedestres, unindo pontos de parada, mirantes naturais, em trechos que visem à interpretação turística e ainda, quando necessário, à segurança dos mesmos;

VIII - mirantes naturais: sempre que houver paisagens notáveis e as condições locais permitirem, deverão ser feitos recuos suficientes que

permitam breve e adequado estacionamento para a contemplação das mesmas;

IX - pontos de parada: poderão ser feitos, se cabíveis, recuos com estacionamento para acesso a serviços de alimentação, áreas de lazer, descanso e de conveniência;

X - ocupação lindeira: deverá ser evitada e, quando ocorrer, deverá restringir-se apenas a trechos já alterados pela ação antrópica, privilegiando, se for o caso, atividades voltadas para o turismo ecológico e rural, o lazer e a valorização ambiental do entorno, sendo terminantemente vedada a instalação de equipamentos publicitários de qualquer espécie ao longo da estrada-parque;

XI - guaritas: poderão ser erguidas guaritas para controle de acesso de veículos, limitando sua passagem quando necessário;

XII - zoopassagens: nos trechos situados no interior de unidades de conservação de proteção integral, ou em outros considerados necessários, deverão ser construídas estruturas que permitam a passagem da fauna sob ou sobre a estrada-parque em segurança que vise garantir o fluxo gênico e a integridade física da mesma;

XIII - pórticos: deverão ser colocados na entrada e na saída do trecho contemplado como estrada-parque, indicando o seu nome, percurso, órgãos envolvidos e outras informações úteis aos visitantes;

XIV - centro de visitantes: é desejável a implantação de um Centro de Visitantes que disponibilize informações sobre os atrativos da região listados no art. 2º desta Portaria, sobre as características da flora e da fauna em geral e sobre outros temas pertinentes; e

XV - sinalização: além da sinalização rodoviária normal, haverá sinalização turística completa, interpretativa acerca dos atrativos relacionados à estrada-parque. § 1º O projeto de implantação de estrada-parque em unidades de conservação de uso sustentável deverá atender aos requisitos descritos no caput e seus incisos, no que couber.

O art. 2º desta mesma portaria, comenta que:

Considerar-se-á estrada parque o trecho da via automotiva que, inserida em unidade de conservação federal, possua características que compatibilizem sua utilização com a preservação dos ecossistemas locais, a valorização da paisagem e dos valores culturais e, ainda, que fomentem a educação ambiental, o turismo consciente, o lazer e o desenvolvimento socioeconômico da região onde está inserida”

Desse modo, se o local selecionado para a implantação da Estrada Parque não estiver pavimentado, esta ação deve aguardar estudos de impacto ambiental para a obtenção de uma licença ambiental do Inea (Instituto Estadual do Ambiente), além de obedecer à uma série de critérios que garantem a preservação dos ecossistemas locais e o menor impacto ambiental possível.

A Resolução CONAMA nº 10/88, em seu art. 6º, traz o que não é permitido nas APAS:

As atividades de terraplanagem, mineração, dragagem e escavação que venham a causar danos ou degradação do meio ambiente e/ou perigo para pessoas ou para a biota. Parágrafo único. As atividades acima referidas,



num raio mínimo de 1.000 m no entorno de cavernas, corredeiras, cachoeiras, monumentos naturais, testemunhos geológicos e outras situações semelhantes, dependerão de prévia aprovação de Estudos de Impacto Ambiental e de licenciamento especial, pela entidade administradora da Área de Proteção Ambiental.

Ou seja, qualquer atividade que venha a prejudicar o meio ambiente causando danos ao mesmo, terá que ter aprovação pela entidade administradora da APA, e tendo ainda que ter o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do empreendimento para liberação da licença.

Sendo assim, no que se refere a implantação de estradas parques, foi possível verificar a aplicação de três estratégias jurídicas para garantir a legalidade das mesmas, de acordo com a tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Recursos jurídicos geralmente empregados para implantação de Estradas parques.

<b>Documento Legal</b>	<b>Definição</b>
<i>Categorias potencialmente utilizadas como suporte legal a criação de estradas parque</i>	<p><i>Área Especial de Interesse Turístico - AEIT</i></p> <p>*Art. 3 – São trechos contínuos do Território Nacional, inclusive suas águas territoriais, a serem preservados e valorizados no sentido cultural e natural, e destinados à realização de planos e projetos de desenvolvimento Turístico.*</p> <p>(Lei nº. 6.513 de 20 de dezembro de 1977)</p>
	<p><i>Área de Proteção Ambiental - APA</i></p> <p>Art. 15. A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.</p> <p>§ 1º A Área de Proteção Ambiental é constituída por terras públicas ou privadas.</p> <p>(Lei Nº. 9.985 de 18 de Junho de 2000)</p>
Termo de Autorização e Compromisso	Acordo entre as partes interessadas e registro em cartório
<i>Decretos ou Leis (Estaduais e Municipais)</i>	Instituídas com base na competência suplementar dos estados e municípios de legislar sobre o meio ambiente.

Fonte: Soriano, A.JS. (2006)

Assim, o processo de criação, regulamentação e implementação de uma Estrada Parque deve ser participativo, considerando discussões e disseminação de informações a respeito das vantagens e desvantagens de adoção do referido modelo de conservação ambiental. Nesse procedimento, deve-se discutir e propor a regulamentação da mesma, estimulando proprietários locais a se engajarem num processo coletivo de construção desse espaço, que pode compor importante instrumento para a ascensão da sustentabilidade social, econômica e ambiental da região onde se insere.

### **2.2.3 Estradas Parques no Brasil**

Soriano (2006, p. 5) menciona que “o primeiro registro de criação de uma Estrada parque no Brasil, pelo menos em parte, foi o da Estrada parque do Pantanal em Mato Grosso do Sul pelo Decreto MS nº. 7.122/93”. Porém, essa estrada parque trata-se de uma Área Especial de Interesse Turístico (AEIT), portanto esse atributo de primeira estrada parque do Brasil é equivocado.

A primeira Estrada parque constituída no Brasil por meio de uma Lei Municipal de Unidade de Conservação, foi o da Estrada Parque APA Rio Tietê. A Lei Municipal 4.020, de 02 de dezembro de 1996, que instituiu oficialmente esta estrada, e é considerada precursora por elevar uma rodovia estadual à categoria especial de Museu Permanente de Percurso, voltada à preservação, educação ambiental, lazer, turismo e desenvolvimento sustentável. Possui uma gestão participativa e planos de uso e ocupação do solo (ARGONA, 2004).

Hoje, no Brasil, já há um número considerável de estradas parques construídas, a seguir serão citadas algumas delas que se localizam dentro de Unidades de Conservação.

A primeira estrada parque do Estado de São Paulo, localiza-se na rodovia Nequinho Fogaça, entre os municípios de São Miguel Arcanjo e Sete Barras. Recebeu um pavimento ecológico – bloquetes articulados que permitem a infiltração da água e reduzem a emissão de calor – e seguem normas que possibilitarão o risco mínimo de impacto ambiental.

Já no Pantanal sul-mato-grossense, em seus 120 quilômetros de extensão, a Estrada Parque fomenta o turismo com a possibilidade de se observar a flora e a fauna da região.

## 2.2.4 Turismo Sustentável e Estradas Parques

Sustentabilidade, ultimamente, tornou-se um princípio estruturador de um processo de desenvolvimento, no qual o intuito é explorar os recursos do planeta sem prejudicar o equilíbrio entre o meio biótico e antrópico.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, ecoturismo ou turismo ecológico é:

O segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista por meio da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações.

O turismo como meio de preservação da natureza e da cultura deve ser fomentador de um desenvolvimento baseado no local e nas políticas que visam o desenvolvimento de uma região. Ou seja, contribuir para desenvolver as comunidades onde a atividade será implantada e/ou consolidada (MORAIS, 1996)

De acordo com Silva (2004, p. 32),

A percepção do ambiente é mais aguçada quando se trata de um lugar turístico onde a paisagem é um fator de atração. O turismo é muito sensível aos cenários, pois seu principal interesse está voltado para o aspecto visual dos lugares e para aquilo que ele tem de pitoresco, de diferente e atrativo aos sentidos. Sua atenção está voltada para a contemplação do que lhe agrada aos olhos, e para a beleza, a composição e a harmonia das formas e cores não passam despercebidas.

Sendo assim, a construção das estradas parques tem o intuito de promover o turismo no local, a contemplação do meio ambiente, facilitar o tráfego e o acesso ao longo de sua extensão e promover a cultura local, facilitando o deslocamento dos visitantes em lugares de difícil acesso, além de servir, também, para a ascensão de opções econômicas de subsistência para os proprietários rurais e trabalhadores do campo.

Quadro 1: Estradas parques e a sustentabilidade.

Denominação	Localização	Ano de criação	Característica
Estrada Parque do Pantanal	MS	1993	Formação de uma área de interesse turístico, inserida dentro do ecossistema do Pantanal e desenvolve implementação de ações de gestão participativa.
Estrada Parque APA do rio Tietê ou Estrada Parque do Itu	SP	1996	Proposta de utilizar a Estrada dos Romeiros como elo para consolidação de esforços na conservação da região, transformando-a em uma estrada parque, com a ideia de museu permanente de percurso para o desenvolvimento sustentado do local.
Estrada Parque da Serra do Guararu	SP	2002	Criação de um processo de integração para a preservação do patrimônio turístico e ambiental.
Estrada Parque Serra dos Pirineus	GO	2009	Ligação de dois municípios de interesse ambiental e histórico, cortando um parque e uma APA. (Em processo de implementação).

Fonte: Elaborado com base em Conde (2009).

No quadro 1 acima, percebe-se que as características das estradas parques se assemelham, tendo o foco, em todas elas a preocupação com a preservação do meio aliada ao uso sustentável dos recursos, visando o interesse de atividades turísticas.

Dessa forma, percebe-se a importância da criação de estradas parques, visto que, é uma alternativa viável para áreas com relevância ambiental e turística, além de trazer benefícios e melhorias à população que mora próximo às áreas, incentivando a produção e venda de artesanatos, comidas da região, dentre outros.

### 2.3 PAVIMENTO RODOVIÁRIO

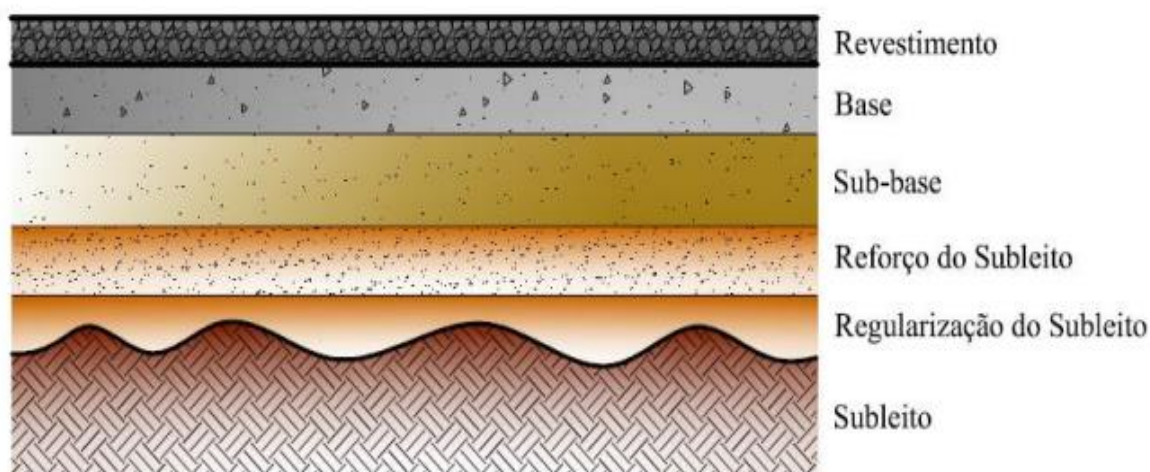
Segundo a NBR- 7207/82 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

O pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto a resistir aos esforços horizontais que nela atuam, assim tornando mais durável à superfície de rolamento, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança, resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego.

### 2.3.1. Pavimento Flexível

De acordo com o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), o pavimento flexível é composto por várias camadas e cada uma tem como função distribuir as cargas de forma mais suave até alcançar a última camada.

Figura 3: Camadas do pavimento flexível.



Fonte: Neckel, 2008

#### 2.3.1.1 Subleito

De acordo com o DNIT (2006), o subleito é terreno natural do pavimento com espessura finita, apenas é considerado subleito a camada mais associada à superfície, pois na medida em que se aprofunda do maciço, as pressões exercidas pelos veículos vão se amortizando. Portanto, se aproxima tanto de zero que pode ser considerada nula, ou seja, desprezíveis. O subleito também é considerado como a estrutura de fundação do pavimento reduzida.

### 2.3.1.2 Regularização do Subleito

Corrige as falhas da camada final de terraplenagem ou de outro leito antigo de uma estrada de terra (podendo ou não existir), de acordo com DNIT (2006), a regularização do subleito é uma operação realizada após o fim dos trabalhos de limpeza e movimento de terra, onde será inserido o pavimento. Camada destinada a conformá-lo transversal e longitudinal conforme as especificações, devendo sempre que possível executá-la, a regularização pode ser reduzida em corte do leito implantado, de camadas com espessuras variáveis.

## 2.4 ESTABILIZAÇÃO

### 2.4.1 Estabilização de Solos

A estabilização de um solo é um conjunto de procedimentos que visam a melhoria e estabilidade das propriedades dos solos (resistência, deformabilidade, permeabilidade), sendo considerado como um ganho significativo de resistência com o emprego do aditivo.

França (2003) pondera que a estabilização de um solo consiste em melhorar as condições do mesmo a resistir às ações climáticas e aos esforços e desgastes induzidos pelo tráfego, sob condições adversas consideradas no projeto.

De acordo com Vargas (1981), a estabilização de solos é um processo pelo qual se confere ao mesmo, maior resistência estável às cargas ao desgaste ou à erosão, pela compactação, correção de sua granulometria e plasticidade ou de adição de substâncias que lhe confirmam coesão, proveniente da cimentação ou aglutinação dos seus grãos. Ainda, segundo Vargas, entende-se como estabilidade a existência de uma resistência que, embora possa não ser a mais alta que o solo possa oferecer, mantenha-se permanente, independente das estações do ano e das condições de resistência e compressibilidade capazes de tornar possível o seu uso imediato.

Sendo assim, quando um solo não atinge características geotécnicas boas capazes de suportar a obra projetada, principalmente em relação a sua resistência, torna-se preciso substituí-lo por outro com adição ou subtração de elementos ou com a ação de agentes químicos (orgânicos e inorgânicos).

A necessidade de se estabilizar um solo se dá devido às dificuldades de se encontrar jazidas com materiais que possuam as características e a qualidade exigidas para sua execução.

O termo estabilização do solo diz respeito a processos, natural ou artificial, pelo qual um solo, sob o efeito de cargas aplicadas, torna-se mais resistente à deformação e ao deslocamento do que o solo original. Esses processos consistem em alterar as características do sistema solo-água-ar com o intuito de se alcançar propriedades de longa duração compatíveis com uma aplicação particular (Houben & Guillaud, 1994).

Assim, os estabilizadores de solos auxiliam no aumento à resistência do solo em relação à água e no fortalecimento do mesmo. O uso de estabilizadores reduz o movimento do terreno, controle de pulverulências provenientes de estradas não pavimentadas, dentre outras vantagens. A ideia que se tenta passar sobre estabilização de solos, é que praticamente todos os setores da engenharia de solos têm se utilizado da estabilização como um meio de aproveitar o solo local, mesmo que artificialmente tratado. A escolha da técnica, nomeada por estabilização de solo, deve ser fundamentada na economia e ainda, na finalidade da obra.

#### **2.4.2 Tipos de Estabilização**

A estabilização de um solo tem a finalidade de alterar as características do mesmo e pode se dar por processos de natureza física, química, ou mecânica.

A estabilização física é classificada em elétrica e térmica. A física consiste na passagem de uma corrente elétrica pelo solo que se pretende estabilizar. Essas descargas sucessivas de alta tensão são necessárias ao adensamento de solos arenosos saturados e as de baixa tensão contínua são usadas em solos argilosos onde são empregados os fenômenos de eletro-osmose, eletroforese e consolidação eletroquímica. Com relação à estabilização térmica, essa é feita pelo emprego de energia térmica por meio de congelamento (solução temporária, onde é alterada a textura do solo), termo-osmose (técnica de drenagem onde é promovida

a difusão de um fluido em um meio poroso pela ação de gradientes de temperatura) e o aquecimento (técnica que busca rearranjos na rede cristalina dos minerais constituintes do solo) (TECPAR, 2006).

A estabilização mecânica consiste em um método onde se busca a melhoria da qualidade do solo, aumentando sua densidade, melhorando sua resistência mecânica e durabilidade do mesmo, sem adição de materiais estranhos ao solo. Faz parte desse processo a compactação, onde a mesma é feita através da aplicação de uma energia de compressão no solo em camadas, utiliza ainda a mistura de agregados para melhorar a granulometria e adição de asfalto.

Já o processo de estabilização química dos solos, modifica permanentemente as propriedades do solo através de aditivos. Logo, o processo de estabilização de solos visa uma melhor qualidade do solo e leva à redução nos tempos de execução da obra, viabiliza a industrialização do processo construtivo além uma possível economia na construção do empreendimento.

### **2.4.3 Estabilização Química**

A estabilização química dos solos refere-se às alterações produzidas na sua massa pela introdução de uma pequena quantidade de aditivo, suficiente para melhorar as propriedades físicas e mecânicas do solo, fazendo possível a sua aplicação para fins construtivos. (FRANÇA, 2003, p.7).

A estabilização química tem o intuito de melhorar sua resistência ao cisalhamento por meio da adição de poucas quantidades de ligantes nos pontos de contato dos grãos, quando utilizada para solos granulares. Dentre os ligantes mais utilizados, tem-se o cimento Portland, a cal, as pozolanas, os materiais betuminosos e certas resinas.

O estabilizante químico mais empregado, hoje, é o cimento, sua ação no solo se dá precisamente da mesma maneira que no concreto. A reação com a água produz um gel coloidal cimentício insolúvel, com potencialidade de dispersar-se e preencher os poros, endurecendo para desenvolver uma matriz contínua com resistência melhor que envolve as partículas de solo ligando as juntas (COOK e SPENCE, 1983, apud PINTO, 2008).

Na literatura, encontra-se diversos aditivos utilizados como estabilizantes de solos.



A tabela 2 abaixo apresenta uma relação de alguns dos aditivos encontrados no mercado, seus fabricantes, composição e origem.

Tabela 2: Relação de aditivos, fabricantes, composição básica e origem.

<b>Aditivo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Composição</b>	<b>Origem</b>
EMC®	SSPco	Bioenzima	EUA
Ecolopavi®	Idesa Amazônia	Sal orgânico	Brasil
Dynacal®	Dynacal	Composto metalo-orgânico	Brasil
Vixil I®	Melbar	Lignina de madeira	Brasil
Moldenzol 43®	Gienex	Composto metalo-orgânico	Brasil
Enzymatic®	Enzymatic	Bioenzima	Austrália
DS-328®	Dynasolo	Composto metalo-orgânico	Brasil
Rheocem 30®	Rogertec	Sílica e quartzo	Brasil
CON-AID®	CON-AID PLUS	Ácido sulfônico aromático	África do Sul
Homy Solo GB®	Homy Química	Composto metalo-orgânico	Brasil
Terrazyme®	Natureplus – INC	Enzima natural	EUA
Perma Zyme®	International Enzymes INC	Bioenzima	EUA

Fonte: BRAZETTI 1998, apud SILVA, 2007,p.46.

Hoje, no mercado, já existe uma variedade de estabilizantes muito maior, incluindo o Oxnix, que é de origem brasileira.

#### 2.4.3.1 Estabilização Solo-cal

O solo-cal é uma mistura de solo, cal e água em proporções determinadas por ensaios de laboratório, sendo o seu produto algo capaz de ser usado em qualquer das camadas do pavimento, não asfálticas. Denomina-se Solo Melhorado com Cal, quando se busca somente melhorar algumas propriedades dos solos consideradas prejudiciais, que em se tratando de pavimentação, são a expansibilidade, umidade excessiva e plasticidade elevada. Quando a necessidade é basicamente estrutural, a exemplo do uso em bases de pavimento ou revestimento de taludes, denomina-se a mistura como Solo Estabilizado com Cal. Após a compactação e cura, a camada assim estabilizada suporta as cargas geradas pelo trânsito. A restrição feita às camadas asfálticas se deve porque nesse caso, não há o solo, e então o uso da cal passa a ser apenas um melhorador de adesividade ou um produto extremamente fino para corrigir granulometria da mistura asfáltica.

#### 2.4.4 Estabilizantes Ecológicos

Devido à utilização ser basicamente o uso do próprio solo local onde o pavimento será implantado, não requer insumos minerais na forma de agregados de britas e areias, dispensando também a necessidade de transportes infundáveis desses materiais e de áreas de bota-fora de entulhos desperdiçados em obras de pavimentação tradicional. Por tudo isto, o custo do método de estabilização é bastante inferior a qualquer outra solução de pavimentação. O solo estabilizado ecologicamente já está pronto para o tráfego de veículos podendo ou não receber uma fina capa de manta asfáltica de acordo com a necessidade de tráfego que a via deverá comportar. Esta solução tem sido uma ótima opção para a solução de problemas de baixa resistência do solo, desempenho e durabilidade do pavimento e os menores custos econômicos, ambientais e sociais.

#### 2.5 ESTABILIZANTE ECOLÓGICO OXNIX®

A escolha do estabilizante de solos Onix, no presente trabalho, se dá pelo fato da facilidade de acesso ao material, sendo que, em Palmas há um representante do produto.

Todas as informações apresentadas a seguir sobre o estabilizante de solos Oxnix® foram extraídas do *site* da empresa representante Euomerko

O estabilizador de solos testado neste trabalho, Oxnix®, vem sendo utilizado a cerca de 30 anos, é fabricado por Copra Indústria, Comércio e Serviços Ltda, e representado pela empresa Brasileira Euomerko.

O estabilizante é de origem brasileira e foi desenvolvido pela empresa supracitada, é um aditivo de origem orgânica que impermeabiliza o solo, tornando-o estável e dando-lhe capacidade de suporte ao tráfego permanente, por tempo indeterminado.

O produto é um composto químico que através de seu processo altera as características físico químicas das matérias primas: Óleos Láuricos e resinas vegetais. A exemplo do que ocorre na natureza onde certos insetos e pássaros produzem um composto digestivo capaz de dar dureza e impermeabilidade a massa

de argila, o produto tem este efeito de colágeno ligando os micro grãos de argila entre si o que resulta num composto extremamente resistente e impermeável.

É um aglutinante que atua sobre as partículas finas do solo, aumentando a sua capacidade de suporte para absorver cargas de tráfego, reduzindo sua expansão e sucção, dispensando a pedra e outros agregados no processo de pavimentação.

### **2.5.1 Composição e Reação Oxnix®**

O Oxnix® é um composto organometálico alcalino proveniente de hidrocarboneto saturado de cadeia média, proporcionado na forma de pó de cor branco-amarelada, solúvel em água e de caráter não iônico.

O Oxnix® é incorporado ao solo com um dos reagentes recomendados para cada tipo de solo: sulfato de alumínio ou hidróxido de cálcio. A impermeabilização é obtida pela absorção do aditivo por parte das partículas argilosas do solo (que retém íons de alumínio ou de cálcio), produzindo mudanças na atividade superficial dessas partículas.

O mais importante é a sua capacidade de criar formações na massa do solo, que tendem a reduzir a capilaridade. Essas formações, no caso do uso de sulfato de alumínio, são um gel insolúvel. No caso de hidróxido de cálcio, silicatos e aluminatos de cálcio hidratados estáveis, possuem o poder de cimentação das partículas, que preenchem os micrósporos da massa de solo. Com isto, o solo fica impermeabilizado e estabilizado na presença de água. Esta formação dificulta a capacidade de sucção, de modo que, para aumentos de umidade até uma eventual saturação, os solos tratados com Oxnix® passam a perder proporcionalmente menos resistência em relação aos que não foram tratados.

### **2.5.2 Vantagens da Utilização do Estabilizante Oxnix®**

As vantagens da utilização do estabilizante Oxnix são inúmeras. Nas obras de sistema viário, quando se utiliza o produto, a redução do custo do empreendimento é perceptível, visto que, utiliza o solo do próprio local para execução, o que elimina a importação de material de outros locais. Reduzindo o tempo de execução da obra.

Na pavimentação ecológica, como é o caso de uma estrada parque, ainda elimina a abertura de novas jazidas e desmatamentos, mantém a originalidade dos locais e, acima de tudo, preserva o ambiente.

De acordo com a empresa Euromerko, responsável pela criação do Oxnix, este é um produto que rende bastante. Um saco (que contém 20kg) do produto rende em média 350m<sup>2</sup> de aplicação.

Assim, a utilização do estabilizante químico Oxnix, quando realizada a construção das camadas dos pavimentos, melhora as condições geotécnicas dos solos locais e evita a agressão degradante do meio ambiente, contribuindo para a conservação da natureza.

Segundo o fabricante, o estabilizante possui as seguintes vantagens:

- Utilizado para prepare de base, sub-base e reforço de sub-leito de rodovias, ruas, avenidas, estradas de reflorestamento, aeroportos, pátios de descarga, entre outros.
- Produto atóxico para ser aplicado em estradas de terra que impermeabiliza e aumenta o CBR (até 200).
- Elimina totalmente uso de pedra e tornando a terra impermeável não necessita reparos anuais.
- Permite tráfego de carretas após 36 horas de sua aplicação.
- Na construção usa máquinas de terraplenagem a disposição em qualquer local (Patrol e trator com grade, caminhão-pipa, grade de disco, pé-de-carneiro e tambor liso).
- 3 sacos de Oxnix substituem 60 caminhões de pedra.
- Contribui enormemente com o meio ambiente evitando uso de pedra, tráfego de caminhões poluentes e consume de óleo.

### **2.5.3 Aplicações**

De acordo com o fabricante, o Oxnix® pode ser aplicado em vários ambientes como:

- Base e sub-base de rodovias de tráfego pesado, aeroportos e ferrovias;
- Preparação de base de pátios em geral;
- Solução econômica para estradas vicinais, rurais, arruamentos de condomínios e loteamentos.

É importante ressaltar que todas as informações apresentadas até o momento sobre o estabilizante de solos Oxnix® foram extraídas, exclusivamente, do site da empresa representante Euromerko.

## 2.6 SOLO

Para Senço (1979) a tarefa de definir o solo não é simples, já que o mesmo é definido com conceitos diferentes, dependendo das atividades humanas ou científicas que o estudam. Porém uma definição cabível que atenderia a todas as características do solo seria que o solo é uma formação natural com estrutura solta e removível de espessura variável, podendo ser resultante da transformação de uma rocha-mãe através de processos físicos, físico-químicos e biológicos.

A partir da necessidade da utilização em grandes movimentações de terra para obras de amplo porte, como por exemplo, construções de barragens, edifícios, pavimentação, entre outros, que estudos, a respeito das características e propriedades dos solos, iniciaram-se. (SENÇO, 1997)

Sob o ponto de vista da engenharia, de acordo com o DNIT (2006, p. 41):

Considera-se solo todo tipo de material orgânico ou inorgânico, inconsolidado ou parcialmente cimentado, encontrado na superfície da terra. Em outras palavras, considera-se solo qualquer material que possa ser escavado com pá, picareta, escavadeiras, etc, sem necessidade de explosivos.

Assim, o solo é um elemento indispensável para obras na área de engenharia civil, uma vez que o mesmo está presente nos mais variados tipos de superfícies.

### 2.6.1 Formação e Origem do Solo

Fundamentalmente, os solos formam-se a partir do processo de decomposição das rochas de origem, chamadas de rochas mãe. Isso significa dizer que, no início, não existiam solos na Terra, mas apenas grupos rochosos que foram lentamente desgastados pelo clima, pela ação da água e dos ventos e também pelos seres vivos, sobretudo as plantas. Com isso, essa lenta desagregação proporcionou a formação de sedimentos, que se mantêm aglomerados e compõem os solos.

Conforme Caputo (1972, p.14), por desintegração mecânica, através de agentes como água, temperatura, vegetação e vento, formam-se os pedregulhos e areias (solos de partículas grossas) e até mesmo os siltes (partículas intermediárias), e, somente em condições especiais, as argilas (partículas finas). Segundo o mesmo autor, por decomposição química entende-se o processo em que há modificação química ou mineralógica das rochas de origem. O principal agente é a água e os mais importantes mecanismos de ataque são a oxidação, hidratação, carbonatação e os efeitos químicos da vegetação. As argilas representam o último produto do processo de decomposição.

## 2.7 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Todos os solos, em sua fase sólida, contêm partículas de diferentes tamanhos em proporções das mais variadas, logo a finalidade da análise granulométrica consiste na determinação dos diâmetros dessas diversas partículas existentes no solo.

A análise dessas partículas é feita por meio de peneiras standardizadas, chamadas Tyler, sendo que estas apresentam malhas quadradas. O resultado desta análise é expresso em porcentagens do peso total da amostra, distribuídas em faixas de ordem de tamanho das partículas de solo (BAPTISTA, 1978)

Granulometria é a distribuição, em porcentagem, dos diversos tamanhos de grãos. Para se fazer o procedimento da análise granulométrica de um solo, é necessário fazer com que os componentes deste atravessem peneiras, as quais são dispostas ordenadamente, superpondo-as na ordem de série, sempre iniciando com a de maior abertura de malha.

O ensaio de análise granulométrica, realizado em laboratório, consiste de duas fases: peneiramento e sedimentação.

No ensaio por peneiramento, passa-se uma amostra de solo por uma série de peneiras de malhas quadradas de dimensões padronizadas. Pesam-se as quantidades retidas em cada peneira e calcula-se as porcentagens referente ao material passante.

Quando há interesse no conhecimento da distribuição da porção mais fina dos solos, grãos menores que 0,075mm, emprega-se o ensaio de sedimentação

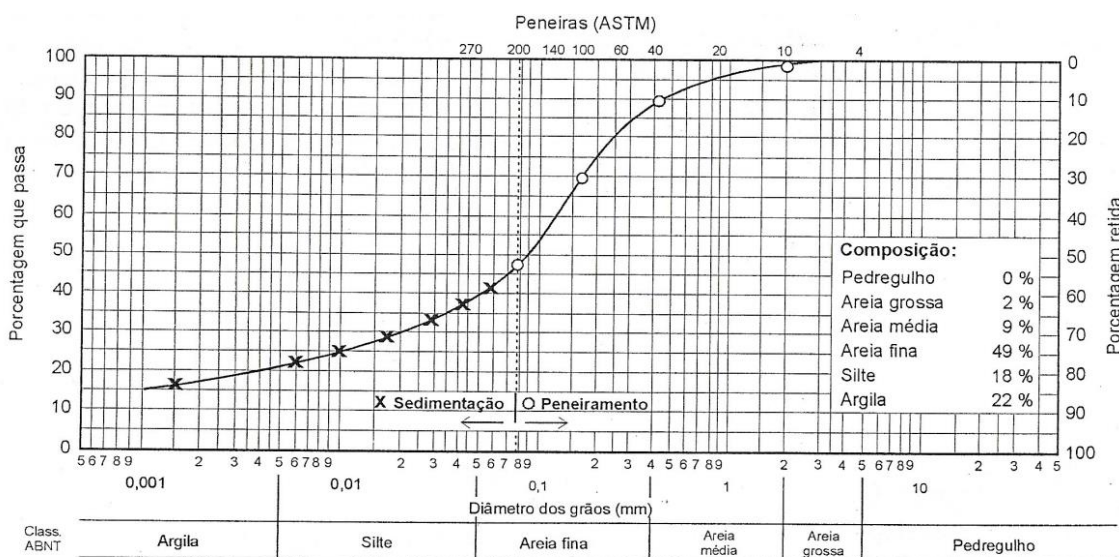
baseado na Lei de Stokes, a qual estabelece uma relação entre o diâmetro dos grãos e a sua velocidade de sedimentação em um meio líquido de viscosidade e peso específico conhecidos.

### 2.7.1 Curva de Distribuição Granulométrica

Os resultados do ensaio de análise granulométrica são apresentados por meio de uma curva de distribuição granulométrica, traçada por pontos em um diagrama semi-logarítmico. Na curva granulométrica representada no gráfico 1, observa-se que sobre o eixo das abscissas são marcados os logaritmos das dimensões das peneiras. Sobre o das ordenadas, as porcentagens em massa das partículas de diâmetros inferiores aos das peneiras consideradas.

No gráfico 1 observa-se, ainda, uma curva de distribuição granulométrica com as das fases, peneiramento e sedimentação

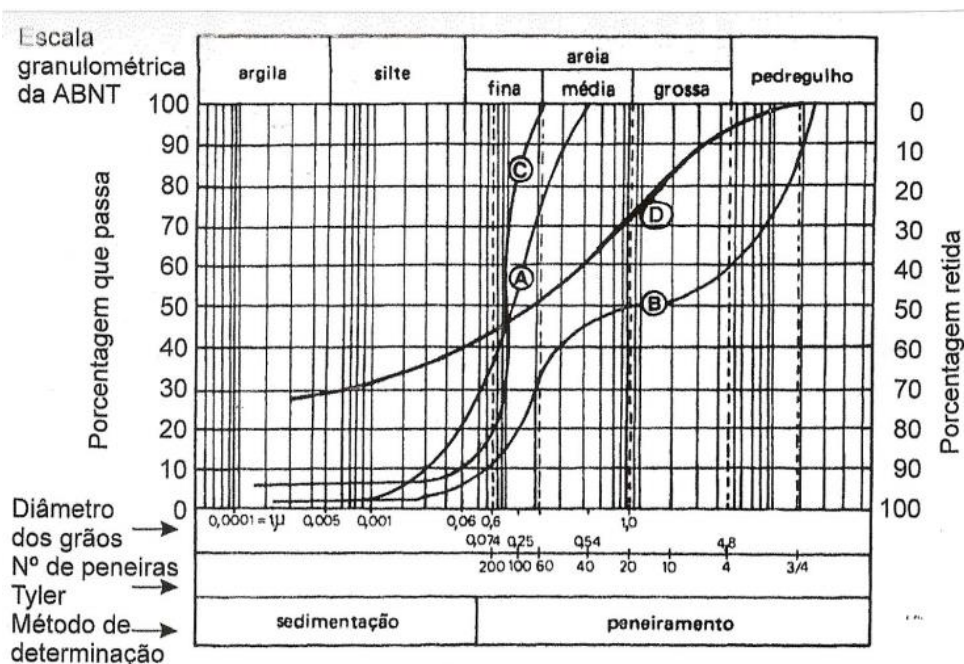
Gráfico 1: Exemplo de curva granulométrica de um solo.



Fonte: PINTO (2002, p.09).

De acordo com Senço (2007, p.88), as curvas granulométricas podem apresentar diversas formas, as quais identificam não só prováveis aplicações, mas também o comportamento das camadas com elas construídas, inclusive em misturas com aglutinantes. O gráfico 2 apresenta diferentes formas de curvas granulométricas.

Gráfico 2: Tipos de curvas granulométricas.



Fonte: SENÇO (2007, p.89).

## 2.8 LIMITES DE CONSISTÊNCIA

Consistência refere-se ao grau de adesão entre as partículas e a resistência oferecida às forças que tendem a deformar ou romper a massa desse solo. (TERZAGUI, 1973 apud TSUTSUMI, 2008, p.14)

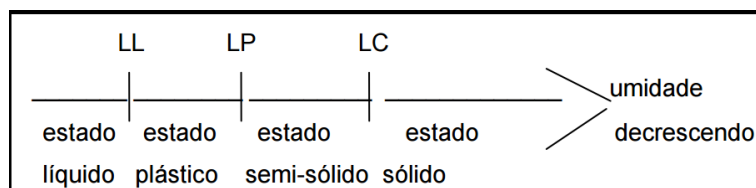
A consistência do solo está entre as características mais importantes nos estudos do campo da engenharia. Ela determina o desempenho do solo diante de determinadas tensões e deformações.

Para uma melhor análise desta característica dos solos, utiliza-se os limites de consistência estabelecidos pelo engenheiro químico Atterberg. Esses ensaios permitem avaliar a plasticidade dos solos.

Em estudos geotécnicos, a correlação entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade, tem grande aplicação em avaliações de solo para uso em fundações, construções de estradas e estruturas para armazenamento e retenção de água. (Mbagwu & Abeh apud SOUZA & RAFFUL, 2000)



Figura 4: Limites de Consistência.



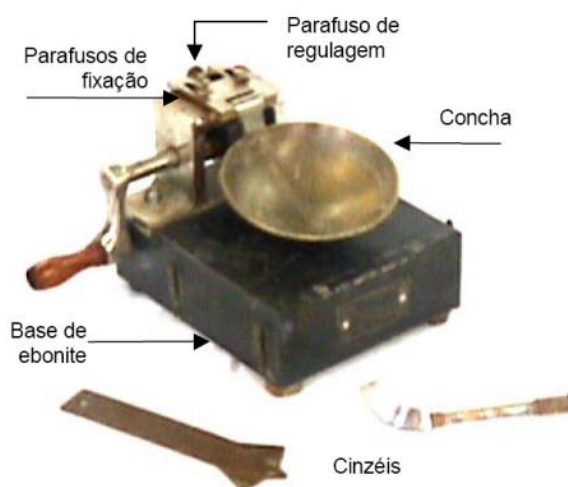
Fonte: DNIT (2006, p. 35).

### 2.8.1 Limite de Liquidez (LL)

O limite de liquidez de um solo é o teor de umidade que separa o estado de consistência líquido do plástico e para o qual o solo apresenta uma pequena resistência ao cisalhamento. O ensaio utiliza o aparelho de Casagrande, onde tanto o equipamento quanto o procedimento são normalizados (ABNT/NBR 6459/94).

Para a obtenção do LL em laboratório, utiliza-se um equipamento semelhante a uma concha, chamado de aparelho de Casagrande. O ensaio fundamenta-se na determinação do número de golpes necessários para fechar um sulco padrão, efetuado no solo colocado na concha. O ensaio é executado diversas vezes, fazendo-se variar o teor da umidade da amostra. O LL corresponde à umidade que determina o fechamento do sulco com 25 golpes.

Figura 5: Aparelho Casagrande.



Fonte: Tsutsumi, 2008.

### 2.8.2 Limite de Plasticidade

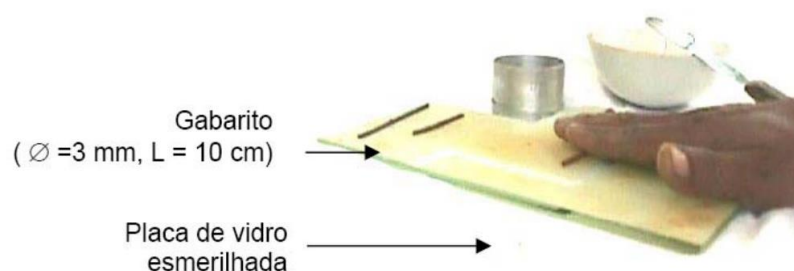
I

É definido quando o teor de umidade limite está entre o estado plástico e o estado semissólido.

O ensaio deste limite é determinado pela ABNT NBR 7180/88, é determinado pelo teor de umidade no qual o solo começa a se fraturar, quando se tenta moldar com ele um cilindro de 3mm de diâmetro e aproximadamente da largura da mão (10 cm) - MB-31.

Com o processo de rolagem do cilindro, em uma placa de vidro fosco, a amostra começa a perder umidade. O momento em que a amostra apresenta fissuras caracteriza o limite de plasticidade.

Figura 6: Ensaio de Limite de Plasticidade.



Fonte: Tsutsumi, 2008.

### 2.8.3 Índice de Plasticidade (IP)

Os valores alcançados nos Ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade são necessários para obter-se o Índice de Plasticidade (IP), o qual classifica a amostra de solo. Segundo a NBR 7180/88, para calcular o IP, utiliza-se a fórmula abaixo:

$$IP = (LL - LP)$$

## 2.9 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

O objetivo principal da classificação de um solo é conhecer o seu provável comportamento diante das diversas solicitações impostas.

Pinto (2002, p. 51) comenta que a classificação dos solos tem o intuito, sob o ponto de vista da engenharia, de poder estimular o provável comportamento do solo, ou pelo menos orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise de um problema.

Diversos são os sistemas de classificação encontrados, porém, aqui serão comentados somente dois, que são os mais empregados e são de interesse da área de engenharia rodoviária. Esses sistemas são os seguintes: Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) e Sistema de Classificação *Transportation Research Board* (TRB).

### **2.9.1 Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS)**

O sistema SUCS (ou U.S.C.) é o aperfeiçoamento da classificação de Casagrande para utilização em aeroportos, adaptada para uso no laboratório e no campo pelas agências americanas *Bureau of Reclamation* e *U.S. Corps of Engeneers*, com simplificações que permitem a classificação sistemática.

Foi proposto por Arthur Casagrande no início da década de 40. Pela primeira vez os solos orgânicos foram considerados como um grupo de características e comportamento próprio e diferente dos outros dois. As mais significativas mudanças e revisões, da norma antiga, podem ser resumidas em quatro itens. A classificação de um solo é feita através de um símbolo e de um nome.

Segundo DNIT (2006, p.55), o SUCS baseia-se na identificação dos solos de acordo com suas qualidades de textura e plasticidade, agrupando-os de acordo com seu comportamento quando usados em estradas, aeroportos, aterros e fundações.

Neste sistema são consideradas as seguintes características dos solos:

- Percentagens de pedregulhos, areia e finos (fração que passa na peneira nº 200: silte e argila);
- Forma da curva granulométrica;
- Plasticidade e compressibilidade.

A tabela 4 abaixo apresenta cada tipo de solo representado por 2 letras. A inicial indica o tipo principal de solo e a segunda corresponde às características granulométricas e plasticidade.

Tabela 3: Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS.

<b>SOLOS DE GRADUAÇÃO GROSSA:</b> mais de 50% retido na peneira nº 200	Pedregulhos: 50% ou mais da fração graúda retida na peneira nº 4	Pedregulho sem finos	GW	Pedregulhos bem graduados ou misturas de areia de ped.com pouco ou nenhum fino.	
			GP	Pedregulhos mau graduados ou misturas de areia de ped.com pouco ou nenhum fino.	
		Pedregulho com finos	GM	Pedregulhos siltosos ou misturas de ped.areia e silte	
			GC	Pedregulhos argilosos ou misturas de ped.areia e argila.	
	Areias: 50% ou mais da fração graúda passando na peneira nº 4	Areias sem finos	SW	Areias bem graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.	
			SP	Areias mau graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.	
		Areias com finos	SM	Areias siltosas – Misturas de areia e silte.	
			SC	Areias argilosas – Misturas de areia e argila.	
<b>SOLOS DE GRADUAÇÃO FINA:</b> mais de 50% retido na peneira nº 200	SILTES e ARGILAS com $LL \leq 50$	ML	Siltos inorgânicos – Areias muito finas – Areias siltosas e argilosas.		
		CL	Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade – Argilas pedregulhosas, arenosas e siltosas.		
		OL	Siltos orgânicos – Argilas siltosas orgânicas de baixa plasticidade.		
		MH	Siltos – Areias finas ou siltos micáceos – Siltos elásticos.		
	SILTES e ARGILAS com $LL > 50$	CH	Argilas inorgânicas de alta plasticidade.		
		OH	Argilas orgânicas de alta e média plasticidade.		
		Solos Altamente Orgânicos		PT	Turfas e outros solos altamente orgânicos.

Fonte – DNIT (2006, p.59).

### 2.9.2 Sistema de Classificação Transportation Research Board – TRB

Nesta classificação, os solos são reunidos em grupos e sub grupos, em função de sua granulometria, limites de consistência e do índice de grupo. (DNIT, 2006)

Para se fazer a classificação dos solos através do quadro 2, o grupo do solo é determinado por processo de eliminação, da esquerda para a direita no quadro de classificação. Partindo sempre da esquerda, o primeiro grupo com o qual os valores do solo ensaiado coincidir, indicará a classificação.

Quadro 2: Classificação dos solos *Transportation Research Board* – TRB.

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias siltosos ou argilosos				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

Fonte: DNIT, (2006, p.56).

A determinação do índice de grupo baseia-se nos limites de consistência do solo e na porcentagem do material fino que passa na peneira nº 200. Varia de 0 a 20 e é obtido através da fórmula:

$$IG = 0,2a + 0,005ac + 0,01bd$$

onde,

$a$  (varia de 0 a 40) = porcentagem do material que passa na peneira nº200, menos 35; se a porcentagem for maior que 75, adota-se 75, se for menor que 35, adota-se 0;

$b$  (varia de 0 a 40) = porcentagem do material que passa na peneira nº200, menos 15; se a porcentagem for maior que 55, adota-se 55, se for menor que 15, adota-se 0;

$c$  (varia de 0 a 20) = valor do limite de liquidez, menos 40; se o limite de liquidez for maior que 60, adota-se 60, se for menor que 40, adota-se 0;

$d$  (varia de 0 a 20) = valor do índice de plasticidade, menos 10; se o índice de plasticidade for maior que 30, adota-se 30, se for menor que 10, adota-se 0.

## 2.10 COMPACTAÇÃO DOS SOLOS

Inúmeras vezes, na prática da engenharia, em determinado local, o solo não oferece as condições necessárias para a obra. Ele pode ser pouco resistente, muito compressível ou apresentar características que não satisfazem o empreendedor do ponto de vista econômico. Um meio de tentar melhorar as propriedades desse solo é fazendo a compactação do mesmo.

“Entende-se por compactação de um solo a operação de reduzir os vazios desse solo comprimindo-o por meios mecânicos”. (Souza apud Senço, 2007).

A compactação de solos pode ser feita com processos manuais ou mecanizados, em busca da redução do volume de seus vazios, aumentando sua resistência, tornando-se estável.

Segundo Caputo (1988), a compactação visa melhorar as características do solo nos aspectos de permeabilidade, compressibilidade e absorção de água. Qualquer tipo de solo atinge o seu maior peso específico dependente da sua umidade ótima e a energia de compactação.

De acordo com Pinto (2006) a compactação é empregada em diversas obras de engenharia, como por exemplo, nos aterros. O tipo de compactação será escolhido de acordo com o tipo de solo, a umidade, a densidade a ser atingida e o processo de compactação a ser utilizado. Com a compactação o aterro se torna mais homogêneo e há um maior contato entre os grãos. Diversas propriedades do solo melhoram com a compactação como a densidade e a redução do índice de vazios. Para determinarmos a umidade ótima e o peso específico máximo de um solo nós podemos utilizar o ensaio padronizado pela ABNT, o ensaio normal de Proctor.

Segundo Caputo (1988) o ensaio consiste na ação de 25 golpes em um cilindro com 1000 cm<sup>3</sup> através de três camadas sucessivas que compactam a amostra. O soquete de 2,5 Kg cai de uma altura de 30 cm de altura. O ensaio é repetido diversas vezes até se achar a umidade ótima e o peso específico do solo escolhido. No auxílio dessa escolha são utilizados gráficos e feitos cinco pontos para que um deles se encontre na umidade ótima, dois na zona seca e dois na zona úmida. Para se obter um controle efetivo da amostra podemos realizar os ensaios de speedy (umidade específica aparente) e o frasco de areia (peso específico

aparente). O ensaio Proctor é, hoje, usado apenas para obras de compactação de reaterro de fundação. Segundo Caputo (1988) a compactação pode ser feita através de rolos compressores, pilões e vibradores. Primeiramente o material é espalhado uniformemente em camadas mais ou menos horizontais. Se o material for siltoso podemos utilizar o próprio equipamento pesado de transporte para obter a compactação. A quantidade de água a ser utilizada na compactação será determinada através de testes em um trecho experimental previamente escolhido. Os pilões são recomendados para quase todos os tipos de solos e os vibradores para solos granulares (arenosos ou pedregulhos).

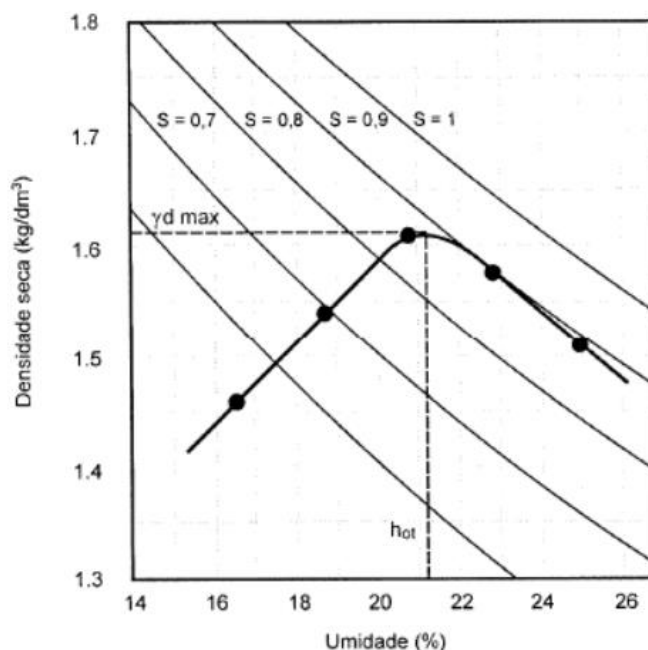
### **2.10.1 Ensaio de Compactação**

Com o ensaio, pretende-se determinar os parâmetros ideais da compactação, que assegurarão as propriedades necessárias para o projeto. Isso se traduz em determinar qual é a umidade que, se requer, com uma energia de compactação dada, para conseguir a densidade seca máxima que se pode ter para um determinado solo.

Conforme Caputo (1988, p.175), o ensaio original para a determinação da umidade ótima e do peso específico máximo de um solo é o ensaio de Proctor, proposto em 1933, pelo engenheiro americano que lhe deu o nome.

Para realização do ensaio é compactada uma amostra de solo em várias camadas em um cilindro metálico com volume conhecido. O ensaio é repetido para diferentes teores de umidade, determinando-se para cada um deles o peso específico aparente. Com os dados obtidos, desenha-se a curva de compactação, que consiste na representação da densidade seca em função da umidade, conforme gráfico 3.

Gráfico 3: Curva de compactação.



Fonte: DNIT (2006).

As energias de compactação, frequentemente empregadas no Brasil, adotam as especificações da ABNT através da NBR 7182/88, que estabelece as energias de compactação normal, intermediária e modificada para se determinar a correlação entre o teor de umidade e a massa específica aparente do solo seco.

Na tabela 5 é apresentada a energia de compactação necessária para cada tipo de ensaio Proctor (normal, intermediário e modificado).

Tabela 4: Energia de compactação.

Cilindro	Característica de cada Energia de Compactação	Energia		
		Normal	Intermediária	Modificada
Pequeno	Soquete	Pequeno	Grande	Grande
	Nº de camadas	3	3	5
	Nº de golpes por camada	26	21	27
Grande	Soquete	Grande	Grande	Grande
	Nº de camadas	5	5	5
	Nº de golpes por camada	12	26	55

Fonte: NBR 7182/88.



## 2.11 ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

O Ensaio de Índice de Suporte Califórnia, padronizado no Brasil pela ABNT através da NBR 9895/87, mede a resistência de um solo compactado e a capacidade de suporte das bases compactadas.

É o chamado Ensaio de Suporte Californiano que fornece o índice de suporte californiano (*California Bearing Ratio*) indicado comumente pelas iniciais CBR, utilíssimo tanto para o julgamento da compactação das bases de pavimentos rodoviários como para o projeto de pavimentos flexíveis. (Vargas, 1978, p. 68)

Conforme o DNIT (2006, p.37), o ensaio de CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada.

De acordo com Pinto (1991) apud Mariano (2008, p.51), o ensaio de CBR é um ensaio empírico que permite a avaliação do comportamento do solo sob o ponto de vista da resistência e deformabilidade, por meio de um único índice.

O valor obtido no ensaio, em porcentagem, é utilizado pelo Método do DNER para dimensionamento de pavimentos flexíveis. A tabela 6 apresenta os limites impostos pelo método para cada camada de pavimento.

Tabela 5: Limites de ISC para as camadas de um pavimento.

<b>Camada do Pavimento</b>	<b>ISC</b>
Subleito	≥2%
Reforço do Subleito	maior que o ISC do subleito
Sub-base	≥20%
Base	≥80%

Fonte: DNIT (2006, p.142).

## 2.12 EXPANSIBILIDADE

Define-se expansão de um solo como o seu aumento de volume quando da absorção de água. Este fenômeno está associado praticamente apenas a solos com uma elevada fração argilosa, aos quais altera o comportamento, introduzindo tensões no interior da sua massa, podendo provocar, entre outros, movimentos diferenciais das camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários, aumento nas tensões horizontais que atuam em estruturas de suporte, etc. (CARDOSO, D. L. et al, 1994 apud CRISTELO, 2001, p.3.28)

De acordo com Pinto (2002, p.341), o estudo da expansividade dos solos geralmente é feito por meio de ensaios de compressão endométrica. Inunda-se o corpo de prova quando as deformações decorrentes de uma certa pressão já se estabilizaram e mede-se a expansão ocorrida. A expansão depende da pressão aplicada à amostra, sendo tanto menor quanto maior a pressão.

O ensaio de expansão é realizado nos corpos de prova moldados para o ensaio de Índice de Suporte Califórnia, e assim como este, o Método do DNER para dimensionamento de pavimentos flexíveis determina limites para os valores de expansão dos solos em cada camada.

Tabela 6: Limites de expansão para as camadas de um pavimento

<b>Camada do Pavimento</b>	<b>Expansão</b>
Subleito	≤2%
Reforço do Subleito	≤1%
Sub-base	≤1%
Base	≤0,5%

Fonte: DNIT, 2006, p.142.

O propósito do conhecimento da expansão de um solo é identificar e classificar o seu potencial de expansão (entenda-se variação volumétrica específica) e a sua pressão de expansão (ou pressão a ser aplicada a uma amostra, que já sofreu expansão, para que o seu volume retorne ao valor inicial), de modo a permitir ao engenheiro uma avaliação quantitativa dos problemas que possam advir da sua

utilização como material de construção. (CARDOSO, D. L. et al, 1994 apud CRISTELO, 2001, p.3.30)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo em questão foi a região do Jalapão, onde foi feito um estudo de análise do processo ambiental de implantação de uma estrada parque, na Área de Proteção Ambiental Jalapão, e o estudo da viabilidade técnica da utilização do estabilizante Oxnix na mesma.

Figura 7: Mapa contendo a localização do trecho



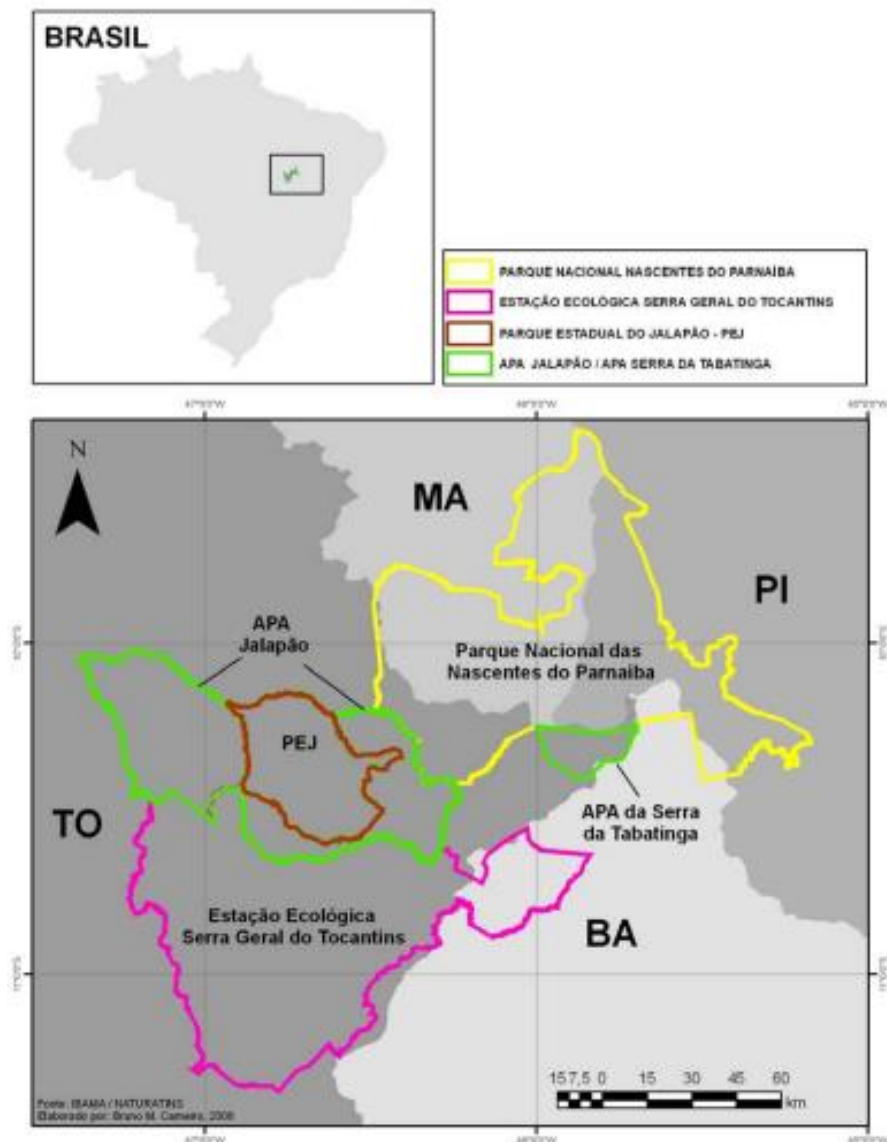
Fonte: Google earth

De acordo com a Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente – SEPLAN, a partir da capital, Palmas, são dois os trajetos rodoviários que atravessam a APA Jalapão. Pelo Norte, o percurso envolve as rodovias TO-020, trecho Palmas - Novo Acordo (106 km), TO-030, trecho Novo Acordo - São Félix do Tocantins (119 km), seguindo-se depois pela rodovia TO-110 entre São Félix do Tocantins e Mateiros (80 km), totalizando 305 quilômetros de estradas não-pavimentadas.

Pelo Sul, o caminho entre Palmas e Mateiros percorre trechos de rodovias pavimentadas como a TO-070 até Porto Nacional (60 km), que dá acesso à rodovia

parcialmente pavimentada TO-255, que passa por Ponte Alta do Tocantins (105 km de asfalto) até atingir o município de Mateiros (160 km de terra). Apesar de ser mais longo (325 km), o caminho de acesso por Ponte Alta do Tocantins é o mais utilizado por apresentar trechos pavimentados de estrada.

Figura 8: Mapa do Mosaico de UC's do Jalapão.



Fonte : NEATUS, 2008.

### 3.2 ANALISAR A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTRADA PARQUE

Foram realizadas buscas através dos órgãos competentes acerca da legislação ambiental pertinente para uma possível implantação de Estrada Parque na Área de Proteção Ambiental Jalapão.

### 3.3 ANALISAR A VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DO ESTABILIZANTE OXNIX

Foram realizadas pesquisas a partir de artigos já publicados, como o da acadêmica Denise Bresciani, em seu Trabalho de Conclusão de Curso, com o tema Análise das propriedades físicas e mecânicas de um solo da formação palermo, estabilizado com aditivo Perma Zyme®, bem como *sites* do Estabilizante Oxnix, folhetins do mesmo, artigos da empresa do produto.

### 3.4 ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DO SOLO COM USO DO ESTABILIZANTE DE SOLOS OXNIX

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânica de Solos, localizado no Centro Universitário Luteranos de Palmas (CEULP/ULBRA). O experimento teve como objetivo analisar o comportamento das propriedades mecânicas do solo do Jalapão, o mesmo tem características de um solo arenoso, sendo adicionado o estabilizante de solos Oxnix, com o intuito de comparar os resultados obtidos com as características mecânicas exigidas pelo DNIT, para a utilização do solo em obras rodoviárias.

O presente trabalho foi um estudo experimental efetuado com o solo do Jalapão, o qual foi estudado nos seguintes estados:

- Natural;

- Estabilizado com aditivo orgânico Oxnix® e o reagente (CAL).

Para a caracterização física e mecânica do solo na condição natural, foram realizados os seguintes ensaios:

- Granulometria: por peneiramento;
- Compactação na energia Proctor Normal;
- Índice de Suporte Califórnia (ISC);
- Expansão.

Para a determinação das propriedades mecânicas do solo estabilizado com aditivo foram executados ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão.

Não foram possíveis realizar os seguintes ensaios:

- Limite de liquidez (LL);
- Limite de plasticidade (LP);

### 3.5 MATERIAIS EMPREGADOS

#### 3.5.1 Solos

O solo que foi estudado e ensaiado neste trabalho, é o solo do Jalapão, o mesmo é constituído um solo de composição Neossolo Quartzarenico, apresentando textura arenosa e coloração variada entre o branco e o róseo, variando de acordo com a concentração de argila e óxido de ferro.

De acordo com a EMBRAPA (2013), são solos originados de depósitos arenosos, muito lixiviados, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 metros de profundidade, com quantidade de argila menor que 15%, constituídos de grãos de quartzo e praticamente destituídos de minerais primários facilmente alteráveis.

O desgaste natural das rochas sedimentares das chapadas (formações areníticas do mesozóico-cretáceo) gera grandes deposições de areia, formando enormes dunas. Apesar deste cenário aparentemente árido, a interposição de veredas e várzeas dos diversos rios perenes concede vida à região, além de servir como suprimento constante para o Rio Tocantins. Dentre os diversos rios e cursos

d'água, destacam-se os rios Sono, Novo, Galhão, Prata, Soninho, Vermelho, Ponte Alta e Caracol. A região ainda conta com uma grande quantidade de nascentes responsáveis por uma contribuição vigorosa para o sistema Araguaia-Tocantins, oriunda dos tributários da margem direita deste último.

### **3.5.2 Aditivos**

Com o objetivo de analisar as propriedades mecânicas (ISC e expansão) do solo, foram feitos os procedimentos para o estudo da estabilização do mesmo. O estabilizante utilizado foi o estabilizante de solos Oxnix®.

O Oxnix® é um composto organometálico alcalino derivado de hidrocarboneto saturado de cadeia média, apresentado na forma de pó de cor branco-amarelada, solúvel em água e de caráter não iônico.

O Oxnix® é incorporado ao solo com um dos reagentes indicados para cada tipo de solo: sulfato de alumínio ou hidróxido de cálcio. A impermeabilização é obtida pela absorção do aditivo por parte das partículas argilosas do solo (que retém íons de alumínio ou de cálcio), produzindo mudanças na atividade superficial dessas partículas.

## **3.6 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO**

### **3.6.1 Preparação da Amostra**

A preparação da amostra se deu de acordo com a norma 6457/1986, a qual prescreve o método para a preparação de amostras de solos para os ensaios de compactação e de caracterização

#### **3.6.1.1 Procedimento**

Para ter acesso às amostras de solos do Jalapão, foi preciso autorização do órgão competente NATURATINS, sendo que tais amostras de areia foram coletadas por funcionários do próprio órgão.



Figura 9: Material sendo coletado.



Fonte: Autora (2016).

Logo após o material ser coletado e transportado para o laboratório do CEULP/ULBRA (figura 10), foi colocado em bandejas e permaneceu por alguns dias para que ocorresse a secagem ao ar. Transcorrido este tempo de secagem, o solo foi então preparado para que pudessem ser realizados os ensaios necessários (figura 11). Ressalta-se que não foi preciso destorroar o material, pois o mesmo trata-se de uma areia. Dessa forma, foi passado na peneira de malha 4,8 mm para eliminar a porcentagem mais grossa do solo, assim ficando retidos apenas os materiais orgânicos, tais como pedaços de madeiras. Depois desta etapa, o solo foi armazenado em embalagens com identificação e quantidade suficiente para realização dos ensaios (figura 12).

Figura 10: Amostra do Solo.



Fonte: Autora (2016).

Figura 11: Pesagem e Armazenagem do Solo.



Fonte: Autora (2016).

### 3.6.2 Ensaio de Caracterização

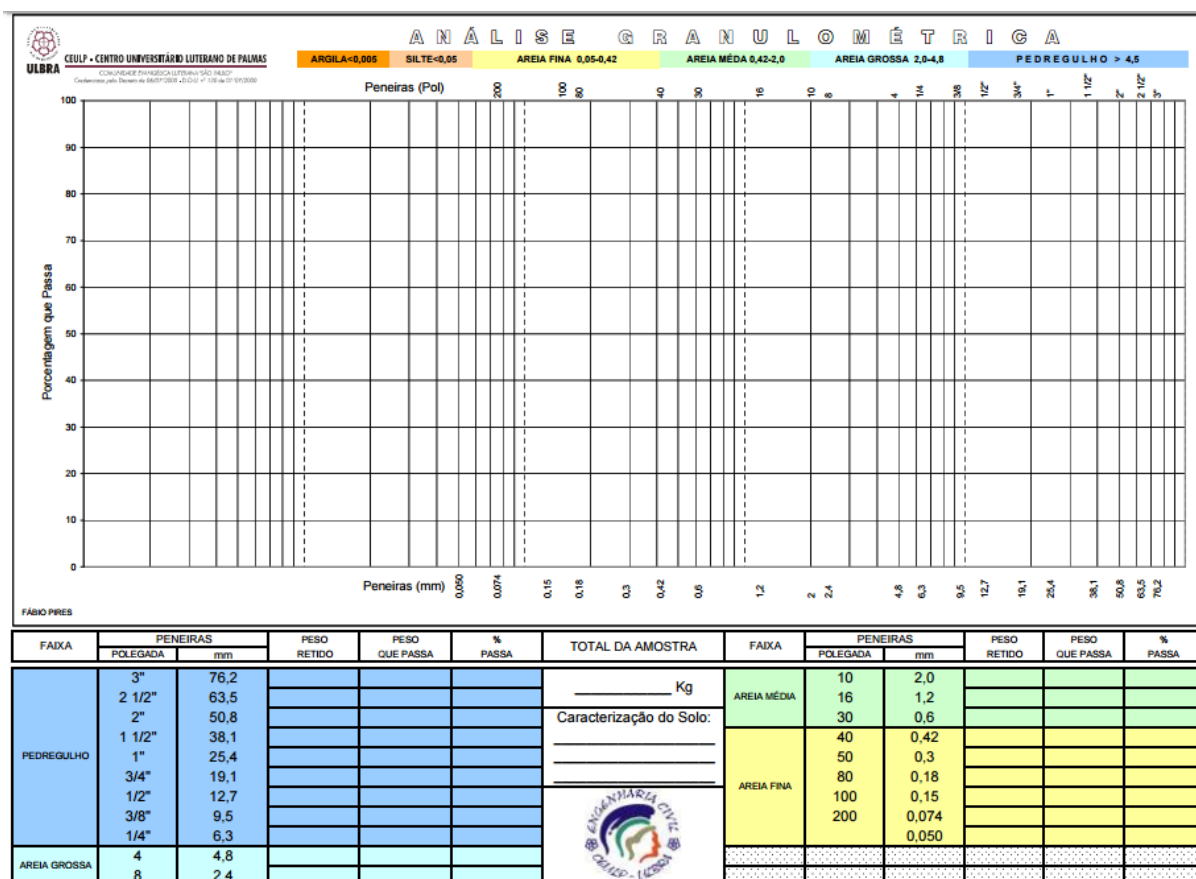
Os ensaios de caracterização física e mecânica foram realizados de acordo com os procedimentos exigidos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) correspondentes a cada ensaio. Foram realizados ensaios de Análise Granulométrica, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade e o sistema adotado para classificação será o sistema TRB.

### 3.6.2.1 Análise Granulométrica por Peneiramento

Este procedimento se deu seguindo a norma 7181/88, a qual prescreve o método para a análise granulométrica de solos, realizada por peneiramento ou por uma combinação de sedimentação e peneiramento.

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Através dos resultados obtidos desse ensaio foi possível a construção da curva de distribuição granulométrica (tabela 8), tão importante para a classificação dos solos bem como a estimativa de parâmetros para filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade etc. A determinação da granulometria de um solo pode ser feita apenas por peneiramento ou por peneiramento e sedimentação, se necessário. (ABNT/NBR 7181/88)

Tabela 7: Tabela de Granulometria



Fonte: Aula profª Jackeline, 2012.

### 3.6.2.1.1 Procedimento

Foi realizado o procedimento peneiramento fino, no qual as peneiras, foram preparadas, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo. A amostra de solo seco é então peneirada nas peneiras de diâmetros 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15 e 0,075 mm. O procedimento pode ser realizado com o auxílio de um agitador mecânico ou manualmente. Neste caso, foi utilizado o método manual como mostra a figura 13. Anotam-se então os pesos do material retido em cada peneira.

Ainda, neste ensaio, utilizou-se 01 kg do material retido e lavado na peneira 0,075 mm, o qual, posteriormente, foi seco em estufa. A amostra de solo seco passa a ser peneirada nas peneiras de diâmetros 1,2; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15 e 0,075 mm. Os pesos retidos em cada peneira são então anotados.

Figura 12: Agitador Mecânico.



Fonte: Autora (2016).

### 3.6.2.2 Limite de Liquidez

O objetivo deste ensaio é proceder a realização dos ensaios de limites de Atterberg visando obter os valores do Limite de Liquidez (LL), segundo rege a NBR 6459/94.

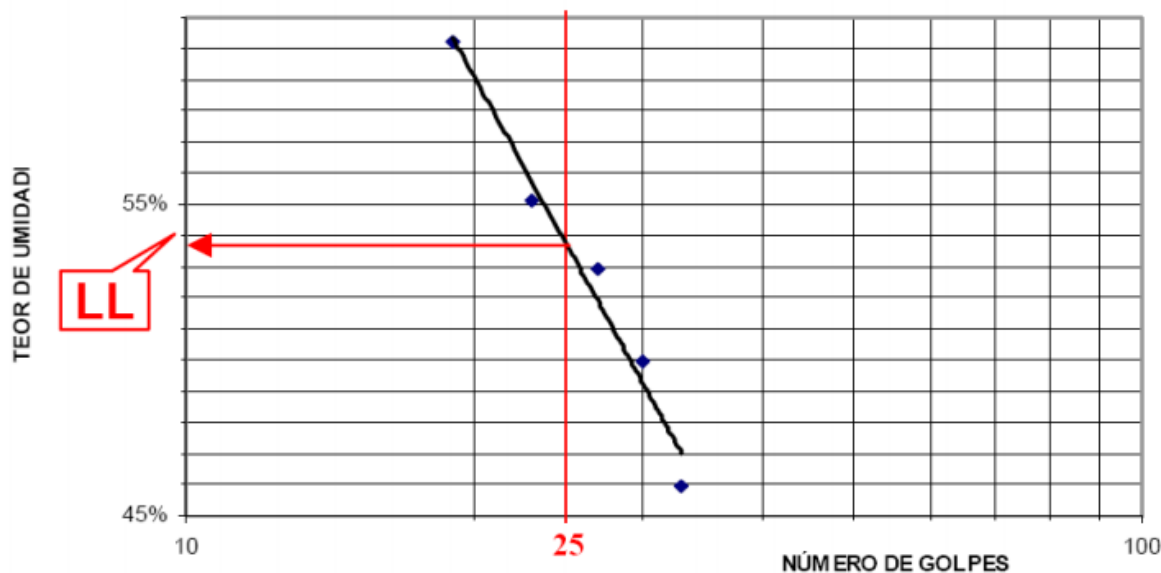
O Limite de Liquidez (LL) é definido como a umidade abaixo da qual o solo se comporta como material plástico; Marca a transição do estado plástico ao estado líquido. Experimentalmente corresponde ao teor de umidade com que o solo fecha certa ranhura sob o impacto de 25 golpes do aparelho de Casagrande.

Com os pares de valores (número de golpes, teor de umidade) faz-se um gráfico relacionando teores de umidade (Tabela 9), em escala aritmética (nas ordenadas) com o número de golpes em escala logarítmica (nas abscissas).

Para se determinar o valor do teor de umidade utilizou-se a seguinte fórmula:

$$W(\%) = \left( \frac{M_w}{M_{SS}} \right) \times 100$$

Tabela 8: Limites de Liquidez



Fonte: Tsutsumi, 2008.

O resultado do Limite de Liquidez é dado pela seguinte fórmula

$$LL = h \cdot \left( \frac{N}{25} \right)^{0,156}$$

### 3.6.2.3 Limite de Plasticidade

O objetivo deste ensaio é proceder a realização dos ensaios de limites de Atterberg visando obter os valores do Limite de Plasticidade (LP). (NBR 7180/88)

O Limite de Plasticidade (LP) é tido como o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço; é a umidade de transição entre os estados plástico e semisólido do solo. O ensaio deste limite regulamenta o cálculo do teor de umidade para o qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldá-lo na forma de uma amostra cilíndrica de 3mm de diâmetro. A obtenção dos limites de consistência (ou limites de Atterberg) do solo permite estimar, através da Carta de Plasticidade, suas propriedades, principalmente no tocante a granulometria e compressibilidade.

Para a obtenção do limite de plasticidade fez-se a média simples dos teores de umidade individuais, entretanto, a NBR 7180/1988 diz que o resultado individual não pode diferir em mais de 5 % da média e que a quantidade mínima de amostras para validação do ensaio não pode ser inferior a 3.

### 3.6.3 Índice de Plasticidade (IP)

Os valores obtidos nos Ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade são necessários para obter-se o Índice de Plasticidade (IP), qual classifica a amostra de solo. Segundo a NBR 7180/88 para calcular o IP utiliza-se da fórmula a baixo:

Na prática, pode-se caracterizar o solo por seu índice de plasticidade e seu limite de liquidez, como mostrado na tabela 10 a seguir:

A seguir são apresentados alguns intervalos do IP, que de acordo com Jenkins apud Caputo (1974) classificam o solo quanto a sua plasticidade:

- $IP=0$  Não Plástico
- $1 < IP < 7$  Pouco Plástico
- $7 < IP < 15$  Plasticidade Média
- $IP > 15$  Muito Plástico

Tabela 9: Classificação dos solos em função dos índices de plasticidade

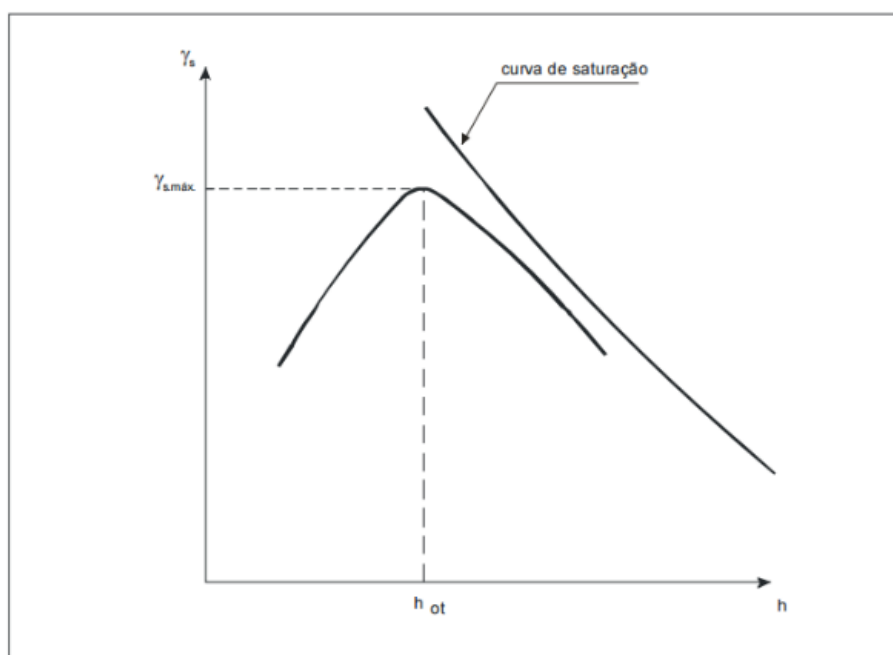
Tipo de solo	IP (%)	LL (%)
Arenoso	0 a 10	0 a 30
Siltoso	5 a 25	20 a 50
Argiloso	> 20	> 40

Fonte: CRATerre (1979)

### 3.6.4 Ensaio de Compactação

O ensaio conhecido como ensaio de Proctor, normalizado pela NBR-7182 e DNER ME-129/94, tem como objetivo aumentar a resistência do solo, diminuindo sua compressibilidade ou o recalque, assim como sua permeabilidade. Esse processo permite a obtenção da curva de compactação (gráfico 4) e consequentemente do peso específico aparente seco máximo relacionado à umidade ótima do solo analisado.

Gráfico 4: Gráfico de compactação.



Fonte: DNIT (2006).

### 3.6.4.1 Procedimento

No que diz respeito ao ensaio de compactação, foi realizado na energia de compactação Proctor Normal em cilindro grande e sem reutilizar o material.

Para o referido procedimento, separou-se uma amostra de cerca de 6 kg de solo em estado natural, seco ao ar e passante na peneira 4,8 mm. O ensaio de compactação é realizado para obtenção da umidade ótima necessária para realização do ensaio de ISC, segundo as recomendações da ABNT.

Para fazer o ensaio, precisa-se do solo na umidade ótima. Como não é possível obter este resultado de imediato, adota-se uma umidade 5% abaixo da umidade presumível, que segundo a norma é muito próxima da umidade dada pelo IP. Nas etapas seguintes, os teores de umidade serão dados pela umidade da etapa anterior acrescida em 2%.

Dessa forma, o solo é misturado com a água necessária para que atinja a umidade ótima, neste caso, foram feitos 10 corpos de prova, utilizando de 2 a 10% de água, até que se torne homogêneo. Feito isso, o solo é dividido em cinco porções, colocado no cilindro e compactado. A compactação é feita com 12 golpes de soquete grande com massa de 4,536 kg, caindo de uma altura de 45,7 cm, a cada camada de solo que é acrescentada no cilindro.

Após concluir essa etapa, é retirado o anel que complementa o cilindro e feita a regularização da superfície com o auxílio de uma régua (figura 14), após, pesa-se o conjunto (cilindro+solo) (figura 15). Com os valores de peso específico seco e umidade, obtidos no ensaio, em seguida, traça-se a curva de compactação, da qual determina-se o peso específico seco máximo e a umidade ótima. Foram realizados cinco ensaios de compactação e os resultados são obtidos através da média desses ensaios.



Figura 13: Regularização da Superfície



Fonte: Autora (2016).

Figura 14: Peso do Solo.



Fonte: Autora (2016).

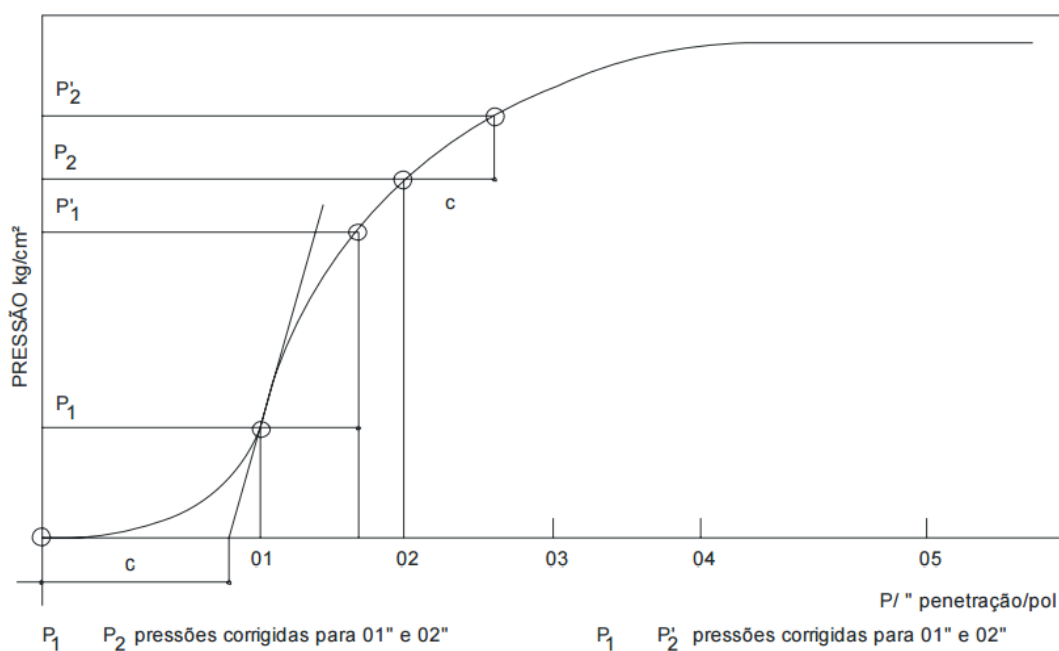
### 3.6.5 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

A norma a ser utilizada é a NBR 9895/87 de Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR - *California Bearing Ratio*), o ensaio consiste na determinação da curva (Gráfico 5), da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada. (DNIT, 2006)

Através do ensaio de CBR é possível conhecer qual será a expansão de um solo sob um pavimento quando este estiver saturado, e fornece indicações da perda de resistência do solo com a saturação.

O ensaio é constituído de três etapas, compactação do solo em corpos de prova através do ensaio de Proctor, cálculo de expansão através da imersão do corpo de prova em água e ensaio de penetração. Conforme Mariano Pinto (2008) “o ensaio de CBR é um ensaio empírico que permite a avaliação do comportamento do solo sob o ponto de vista da resistência e deformabilidade, por meio de um único índice”.

Gráfico 5: Curva de pressão - penetração.



Fonte: DNIT (2006).

### 3.6.6 Expansão

De acordo com Pinto (2002, p.341), o estudo da expansividade dos solos é feito geralmente por meio de ensaios de compressão endométrica. Inunda-se o corpo de prova quando as deformações decorrentes de uma certa pressão já se estabilizaram e mede-se a expansão ocorrida. A expansão depende da pressão aplicada à amostra, sendo tanto menor quanto maior a pressão.

O ensaio de expansão é realizado nos corpos de prova moldados para o ensaio de Índice de Suporte Califórnia, e assim como este, o Método do DNER para dimensionamento de pavimentos flexíveis determina limites para os valores de expansão dos solos em cada camada.

#### 3.6.6.1 Procedimento: Mistura Solo – Aditivo Químico

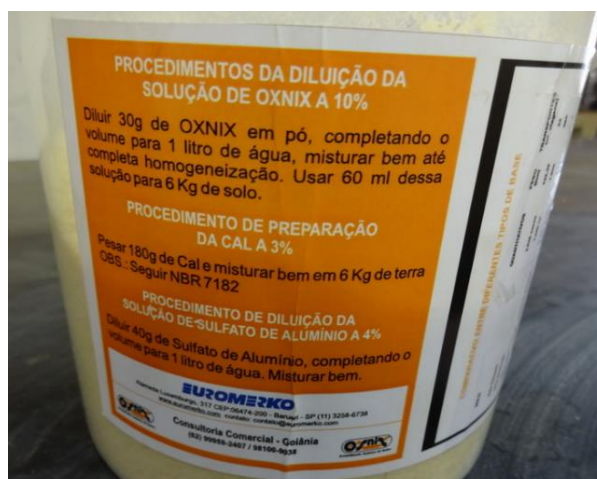
O procedimento da mistura do estabilizante de solos Oxnix®, foi realizado conforme as especificações do fabricante (figura 16). A princípio, foi adicionado ao solo natural uma quantidade de 60g de cal (reagente), e fez-se a homogeneização do material. Em seguida, adicionou-se água já com adição do estabilizante, na quantidade prevista no ensaio de compactação e, posteriormente, nova homogeneização foi feita. A quantidade de cal não foi variável em relação à quantidade de água nem de solo.

A quantidade do aditivo à mistura, não variou. Frisa-se que foi usado sempre a quantidade recomendada pelo fabricante (figura 16).

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) do solo no estado natural e da mistura solo-aditivo nas diferentes dosagens, foi realizado na umidade ótima média obtida nos ensaios de compactação do solo no estado natural. Moldaram-se os corpos-de-prova utilizando-se o cilindro grande e o soquete de 4,536 kg que é solto de uma altura de 47,5 cm.

Os corpos-de-prova foram preparados pesando-se uma amostra de solo de 6 kg, passante na peneira 4,8 mm, para retirada de impurezas, e, logo após, reservando. Enquanto isso, uma solução de água destilada + aditivo é preparada, sendo que esta solução deve conter água suficiente para que o solo atinja a umidade ótima.

Figura 15 : Instruções de uso do material



Fonte: Autora (2016).

Figura 16: Oxnix diluído em água.



Fonte: Autora (2016).

À quantidade do produto, calculado em relação ao peso seco, foi adicionado a água (destilada) necessária para a obtenção da umidade ótima e acrescentada ao solo. Convém salientar que, da quantidade de água total a ser adicionada ao solo, para que o mesmo atinja a sua umidade ótima, foi reduzida a quantidade de água pura a ser adicionada ao mesmo, uma vez que o aditivo já havia sido diluído em água.

Logo, a quantidade de líquido a ser adicionado ao solo para que o mesmo atinja a umidade ótima, é a soma de água + água-aditivo. Com o material necessário

preparado, mistura-se a cal ao solo, e faz-se a homogeneização, logo em seguida, mistura-se a solução (água+água-aditivo) ao solo até que esta mistura se torne homogênea (Figura 18)

Figura 17: Mistura do solo + cal + estabilizante.



Fonte: Autora (2016).

Após a homogeneização, a mistura é colocada no cilindro, onde é compactada na energia de Proctor Normal. São feitas cinco camadas de solo aplicando-se 12 golpes em cada uma delas. Após esta etapa, é feita a regularização da superfície do corpo-de-prova, retira-se o espaçador e pesa-se o conjunto (cilindro + solo). Todo este procedimento pode ser visualizado nas Figuras 19 e 20.

Figura 18: Moldagem do corpo de prova.



Fonte: Autora (2016).

Figura 19: Pesagem do corpo de prova.



Fonte: Autora (2016).

Após os procedimentos dispostos acima, os corpos-de-prova foram armazenados em local apropriado, em temperatura ambiente, respeitando-se o tempo de cura recomendado pelo fabricante, esse tempo é de 48 horas. A temperatura ( $t$ ) ambiente durante o processo de cura deve estar dentro do seguinte intervalo:  $0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 40^{\circ}\text{C}$ . Depois do processo de cura, os corpos foram imersos em

água por 4(quatro) dias. Posteriormente, foram feitas as leituras de expansão do solo. (Figura 21)

Figura 20: Corpos de Prova imersos com medidor de expansão.



Fonte: Autora (2016).

Com isso, pode-se fazer uma comparação entre os resultados obtidos, a fim de verificar a influência do aditivo nas propriedades mecânicas do solo. 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 22)

Feito isso, inicia-se o procedimento onde são feitas as leituras para vários pontos de penetração.

Figura 21: Corpo na Prensa.



Fonte: Autora (2016).

### **3.6.7 Classificação dos solos**

Na classificação *Transportation Research Board* (TRB), os solos são reunidos em grupos e subgrupos, em função de sua granulometria, limites de consistência e do índice de grupo.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 ANALISAR A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTRADA PARQUE

Foram realizadas pesquisas nas mais variadas legislações retiradas em *sites* como Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), Planalto, Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins), entre outros.

Ressalta-se que é necessário entender as leis que regem o local para conhecer o cenário no qual a estrada parque será inserida. Assim, a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), consolidando a estrutura relativa às UC's no Brasil e reunindo os instrumentos e normas existentes utilizados até então. Esse sistema estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação.

No mesmo contexto, enxerga-se a necessidade de conhecimento dessas leis que ajudam a proteger os locais previstos, assegurando o uso sustentável de cada unidade estudada. Considera-se também o Licenciamento Ambiental de suma importância, pois se trata de uma obrigação legal e prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou que promova a degradação do meio ambiente e possui, como uma de suas mais expressivas características, a participação social na tomada de decisão, por meio da realização de audiências públicas como parte do processo. Essa obrigação é compartilhada pelos órgãos estaduais de meio ambiente e pelo IBAMA, como partes integrantes do SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente). É importante ressaltar que o IBAMA atua, principalmente, no licenciamento de grandes projetos de infraestrutura que envolvam impactos em mais de um estado e nas atividades do setor de petróleo e gás na plataforma continental.

As principais diretrizes para a execução do Licenciamento Ambiental estão expressas na Lei nº 6.938/81 e nas Resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97. Além dessas, o Ministério do Meio Ambiente emitiu recentemente o Parecer nº 312,

que discorre sobre as competências estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a abrangência do impacto. A Diretoria de Licenciamento Ambiental é o órgão do IBAMA responsável pela execução do licenciamento em nível federal e vem realizando esforços na qualificação e na reorganização do setor de licenciamento e trabalhando no sentido de disponibilizar aos empreendedores módulos de abertura de processo em formato on-line. Inicialmente o procedimento está disponibilizado para empreendimentos de usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas, linhas de transmissão e mineração.

Sobre a estrada-parque, percebe-se que sua criação e gestão devam ser pensadas mediante o enquadramento em uma das categorias da lei que instituiu o SNUC (citada anteriormente). Como as Unidades de Conservação nasceram com propósitos e limitações, se a estrada estiver incluída em uma APA, como a do Jalapão, deve-se respeitar essas imposições da categoria.

Ao observar as estratégias jurídicas utilizadas na criação das estradas parques existentes no Brasil, pode-se perceber que foram criadas seguindo critérios diferentes, como a formalização de acordos jurídicos entre as partes, a qual foi utilizada pela ONG SOS Mata Atlântica para criar a Estrada parque Serra do Gararu em São Paulo. Outro critério adotado é a promulgação de uma lei ou decreto a instituindo, como a Estrada parque de Mato Grosso e Estrada-parque APA – Itu Rio Tietê/SP.

O Estado do Tocantins é um dos três estados brasileiros que possui um Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC). Deste modo o SEUC estabelece uma base conceitual legal mínima para subsidiar a formulação da lei ou decreto de criação específico para uma estrada parque, em âmbito municipal e estadual. Sendo assim, conforme Lei nº 1.560 de 05/04/2005:

Art. 27. A Estrada Parque é instituída compreendendo o leito de parte ou totalidade da estrada e as faixas de domínio de notável valor panorâmico, cultural ou recreativo.

§ 1º. A administração da Estrada Parque é realizada em conjunto com os órgãos de transporte e meio ambiente.

§ 2º. O Poder Público incentiva o turismo sustentável e a educação ambiental ao longo das Estradas Parque

Assim, a efetiva criação da figura da Estrada Parque na APA Jalapão só poderia existir, de fato, através da criação de uma norma estadual, uma vez que,

apesar de não haver uma legislação federal em que possa se basear, os estados tem a legitimidade para instituírem normas de criação.

Ainda, no Brasil, grande parte das iniciativas de criação de estradas parque não são fundadas em um conceito bem estabelecido e acabam sendo apenas estradas comuns, que ligam duas ou mais cidades que passam por locais bonitos, geralmente protegidos por um instrumento legal, como uma APA. Apesar, de não haver no país uma legislação federal para ser seguida, tais iniciativas são de suma importância, uma vez que tentam proteger as remanescentes de vegetação nativa e de belas paisagens.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), estabeleceu a Portaria Interministerial nº 281, de 16 de setembro de 2008, ao analisar a necessidade de se estabelecer critérios e procedimentos administrativos referentes aos processos de implantação de estrada parque. No entanto, tais regras são vagas e gerais, além da Portaria ser um instrumento jurídico sem força suficiente para alterar a realidade de informalidade em torno do uso do termo estrada parque.

## 4.2 FAZER ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DO JALAPÃO

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados dos ensaios expostos na metodologia. Esta análise pretende observar os parâmetros de estabilidade do solo quando submetido a uma mistura com cal e estabilizante e verificar se os requisitos técnicos exigidos pelo DNIT para construção de subleito rodoviário foram atingidos.

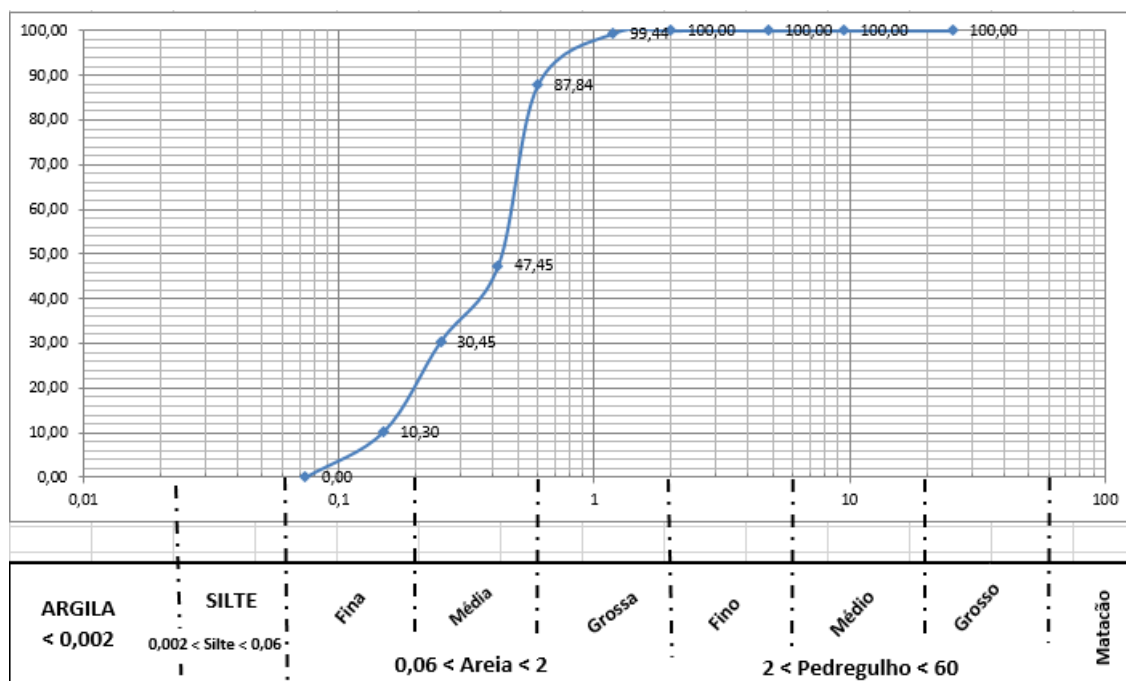
### **4.2.1 Ensaios de granulometria e limites de Atterberg**

Os ensaios de caracterização do material antes da adição de cal e do Estabilizante, mostraram que se tratava de um solo A-3, de acordo com a classificação TRB.

Ainda de acordo com a Classificação TRB, o solo A-3 é classificado como: areias finas, com menos de 10% na peneira de número 200 e mais de 50%

passando na peneira de número 40. São, assim, areias finas mal graduadas, com IP nulo. Classificadas ainda como areias finas de praia ou deserto, sem material siltoso ou argiloso ou com bem pouca quantidade de silte não plástico, e areia fina fluvial mal graduada com pouca areia grossa e pedregulho.

Gráfico 6: Curva Granulométrica.



Fonte: Autora (2016).

Estes ensaios mostram que as amostras coletadas têm grande parcela de minerais arenosos na sua composição, visto que nada fica retido na peneira 200, ou seja, é um material mais grosso. De acordo com a EMBRAPA (2013), são solos originados de depósitos arenosos, muito lixiviados, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 metros de profundidade, com quantidade de argila menor que 15%, constituídos de grãos de quartzo e praticamente destituídos de minerais primários facilmente alteráveis.

Ao analisar a curva granulométrica por peneiramento fino, verificou-se que a amostra ensaiada (sem estabilizante) apresenta 100% das partículas com diâmetro entre 2,0 mm e 0,06 mm, identificando o solo como arenoso. Dessa porcentagem, 33,3% é classificada como areia fina, 50% como areia média e 16,70% como areia grossa.

O diâmetro máximo característico da amostra é de 1,2 mm.

No solo do Jalapão, não foi possível realizar o teste de limite de liquidez, razão pela qual a fenda aberta no aparelho de Casagrande para determinação de limite de liquidez fecha muito antes dos 25 golpes, caracterizando os solos como arenosos, uma vez que o referido ensaio somente é possível de ser realizado com a presença de solos argilosos, caracterizando-o como NL (não líquido).

Conforme já comentado, pelo fato do material utilizado ser extremamente arenoso, e não obter uma textura plástica, mesmo com a adição de água, não teve como o ensaio ser realizado, ou seja, o Limite de Plasticidade do material é considerado NP (não plástico).

#### 4.2.1.1 Classificação do Solo

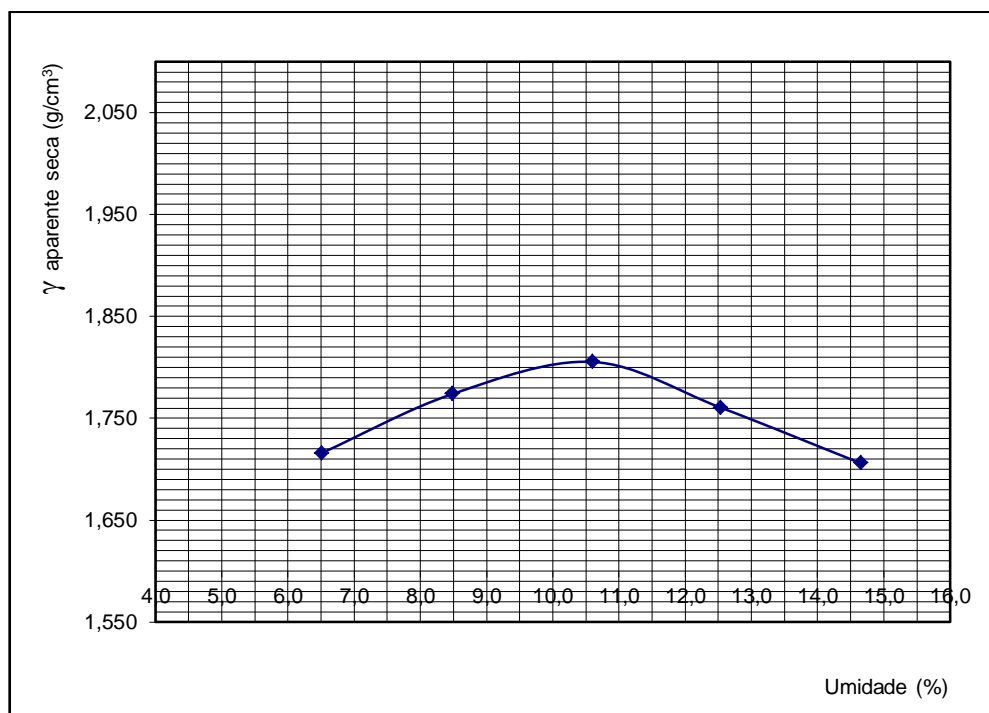
De acordo com o Sistema Unificado, de Classificação de Solos o percentual que passou na peneira de nº 200 (0,075mm), foi menor que 50%, assim, pode-se considerar o solo como granular. Analisando a peneira nº 04 (4,8mm), observa-se que passou mais de 50% do solo, no caso, a quantidade passante foi de 100%. Como o percentual que passou na peneira nº 200 (0,075mm) foi de 0%, sendo assim, menor que 5%, utilizamos o conceito do coeficiente de uniformidade ( $C_u$ ) o qual forneceu o resultado de 3,06 sendo menor do que 6. Deste modo, o solo foi classificado como um SP (areia mal graduada) (BADILLO & RODRÍGUEZ, 1969).

#### 4.2.2 Ensaio de compactação

É mostrada a curva de compactação do solo em estudo classificado como arenoso, com adição de cal e estabilizante. Constatou-se que o solo arenoso possui um teor de umidade ótima de compactação com cerca de 10,5% e uma densidade aparente seca de 18,10 kN/m<sup>3</sup>

Abaixo encontra-se a curva de compactação do solo, na qual é possível observar os 5 pontos escolhidos para a confecção dos corpos de prova, no entanto, com umidades distintas, de forma que um deles se localiza no ramo seco e o outro no ramo úmido. O ponto de número 3 é o ponto ótimo onde localiza-se a umidade ótima e a máxima massa específica aparente seca.

Gráfico 7: Curva de Compactação.



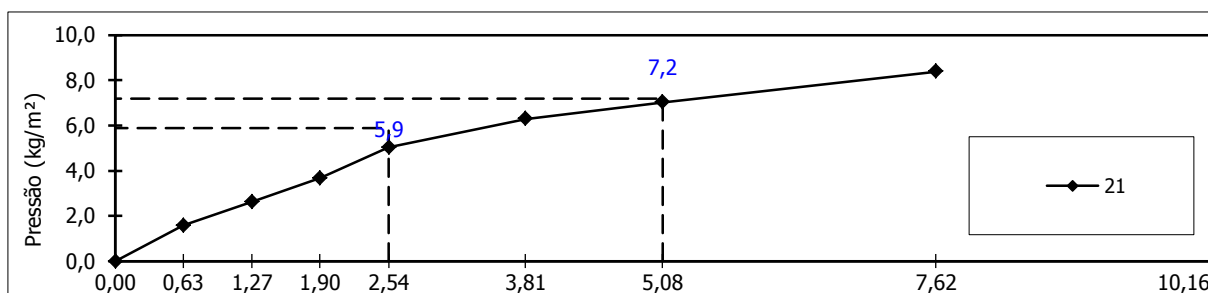
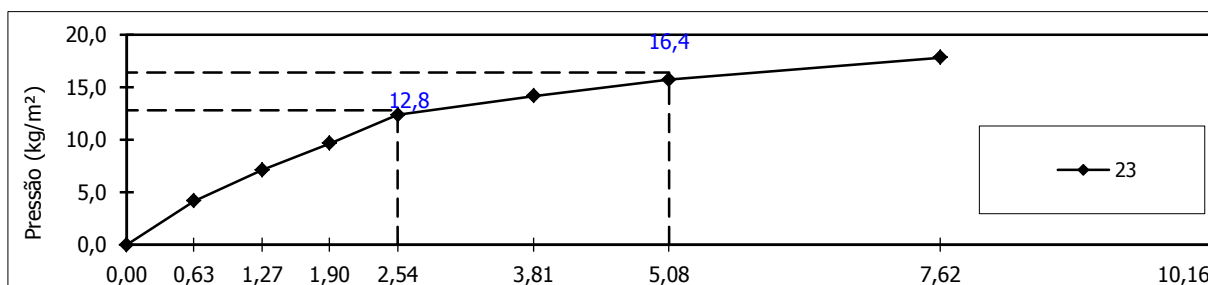
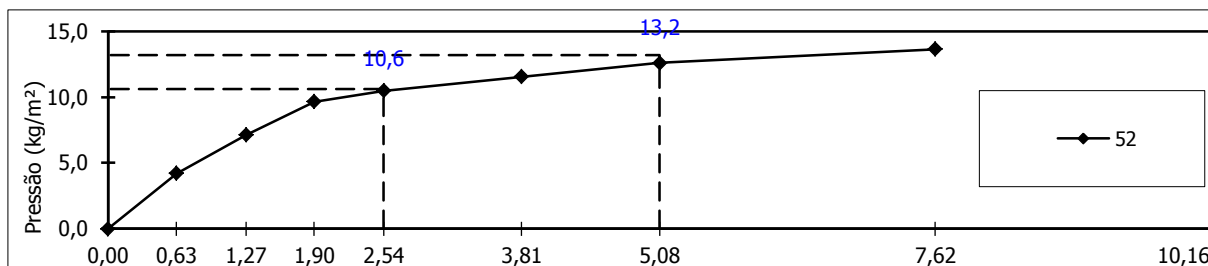
Fonte: Autora (2016).

#### 4.2.3 Expansibilidade e ISC

A moldagem dos corpos-de-prova foi realizada na umidade ótima (10,5%) obtida nos ensaios de compactação na energia Proctor Normal. Os resultados para o ISC e expansão do solo estabilizado estão no quadro abaixo.

Utilizando a equação abaixo passo-se a determinar o ISC em porcentagem de cada corpo-de-prova em estudo, aqui adotou-se o maior valor obtido nas penetrações, que é 2,54 e 5,08mm, deve-se ser levado em consideração o CBR correspondente dos corpos de provas com umidade ótima.

$$ISC = \frac{\text{Pressão calculada ou pressão corrigida}}{\text{Desvio Padrão}}$$



Quadro 3: ISC Expansão

CARACTERÍSTICA	AM 1 (7%)	AM 2 (8%)	AM3(9%)	MÉDIA
ISC (%)	13,20%	16,40%	7,20%	12,27%
EXPANSÃO (%)	0,07	0,02	0,01	0,033

Fonte: Autora (2016).

Como o solo é totalmente arenoso, pelo fato de ser altamente coesivo e possuir pouca quantidade de finos, não foi possível a obtenção de resultados de Índice de Suporte Califórnia do solo natural, com isso, considera-se o valor de ISC do solo natural desprezível. Logo, pelo fato do solo com estabilizante ter um ISC igual a 16,40%, os resultados são satisfatórios, visto que houve um acréscimo

significativo, onde os materiais se mantiveram dentro dos níveis aceitáveis de expansão e CBR.

#### 4.3 ANALISAR A INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO ESTABILIZANTE DE SOLOS OXNIX® NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO MESMO, ATRAVÉS DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS, COM O INTUITO DE UTILIZÁ-LO EM OBRAS RODOVIÁRIAS (ISC. COMPACTAÇÃO, EXPANSÃO)

De acordo com o DNIT, o material utilizado na camada de subleito do pavimento deve apresentar um  $ISC \geq 2\%$  e uma expansão  $\leq 2\%$ . Conforme pôde ser visto no tópico anterior, os resultados médios obtidos são  $ISC = 12,27\%$  e uma expansão =  $0,033\%$ , ou seja, ambos estão de acordo com o estabelecido pelo DNIT. Logo, o objetivo de estabilização do solo foi atingido, quando se compara ao ganho de resistência.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível notar, em relação às Estradas Parques, que é bem escasso a informação sobre o tema, não há uma legislação específica pertinente, só há uma Portaria Ministerial, a qual é um instrumento jurídico que não tem força suficiente para alterar a realidade de informalidade em torno do uso do termo estrada parque e, principalmente, para regular a implementação de Estradas Parques no país.

Constatou-se que a estabilização do solo com aditivo empregada na pesquisa possibilita, em conjunto com a cal, a produção de um material significativamente mais resistente e durável que o solo natural, constituindo-se, portanto, em alternativa tecnicamente viável e ambientalmente correta para pavimentação, e assim propiciará significativa melhoria no solo do Jalapão, com reflexos socioeconômicos. Igualmente contribuirá para a preservação do meio ambiente, empregando um material orgânico e reduzindo a exploração de jazidas de recursos não-renováveis, como solos e rochas.

A mesma se mostrou satisfatória quanto aos parâmetros de Índice de Suporte Califórnia e expansão, visto que a análise dos parâmetros foi feita para um subleito.

É importante esclarecer que os resultados obtidos servem apenas para expressar a reação do produto com o solo estudado, não sendo válida nenhuma conclusão a respeito da veracidade da atuação desse produto em outros tipos de solos.

Como sugestão para trabalhos futuros, fica a seguinte proposição : Fazer o estudo da incorporação do aditivo em outro tipo de solo.

## REFERÊNCIAS

ARGONA, M. N. **A Estrada Parque APA Rio Tietê**, p.15. In: HIROTA, M. M. et all. Estrada-parque: conceito, experiências e contribuições. São Paulo: S.O.S. Mata Atlântica, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459/94**: solo – Determinação do limite de liquidez de solos, Rio de Janeiro, RJ, 7p, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 7207/82**: Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_. **NBR 7181/84**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. **NBR 6457/86**: Solo: Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986a.

\_\_\_\_\_. **NBR 7182/88**: Solo: Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro: 1986.

\_\_\_\_\_. **NBR 9895/87**: Solo-Cimento – Índice de Suporte Califórnia, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 7180/88**: Determinação do Limite de Plasticidade de Solos, Rio de Janeiro: 1988.

BAPTISTA, Cyro N. **Pavimentação**: tomo 1. Ensaios fundamentais para a pavimentação – dimensionamentos dos pavimentos flexíveis. 3ª ed. Porto Alegre: Globo, 1978.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 10, de 14 de dezembro de 1988**. Dispõe sobre a regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental-APAs. Brasília, 1988. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=74>> Acesso em 12 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Manual de conservação rodoviária** – Instruções técnicas de execução de serviços. Diretoria de desenvolvimento tecnológico, 1974.

\_\_\_\_\_. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DOS TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Unidades de Conservação**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros.html>> Acesso em 03 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.985/2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da

Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)> Acesso em 27 fev. 2016.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MINISTÉRIO DO TURISMO. **Define estradas parques nacionalmente**. Brasília, 2008. Disponível em:  
<[http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-interministerial-281-2008\\_207367.html](http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-interministerial-281-2008_207367.html)> Acesso em 03 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MINISTÉRIO DO TURISMO. **Ecoturismo**: orientações básicas. 2. Ed. 2010. Disponível em:  
<[http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o\\_ministerio/publicacoes/downloads\\_publicacoes/Ecoturismo\\_Versxo\\_Final\\_IMPRESSxO\\_.pdf](http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/downloads_publicacoes/Ecoturismo_Versxo_Final_IMPRESSxO_.pdf)> Acesso em 04 fev. 2016.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: Livro Técnico S.A., 1972. v.1.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 3.ed. Rio de Janeiro, Livro Técnico, 1974. v.1,62p.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1988. 234 p

CONDE, C. A. R. **Estrada-parque, uma estratégia sustentável**. Revista Pós. São Paulo, v. 16, n. 25, 2009.

CRISTELO, Nuno Miguel Cordeiro. **Estabilização de Solos Residuais Graníticos através das Adição de Cal**. 2001. 96f. Dissertação. (Escola de Engenharia) – Universidade do Minho, Portugal.

DA-RÉ, M; ARCARI, R. **A rodovia como ordenador espacial**: uma proposta de Estrada Parque. III Encontro Ibero-Americano do Setor Transportes, Curitiba, 1998.

DOUROJEANNI, M. J. **Estradas-parque**: uma oportunidade pouco explorada para o turismo no Brasil. Revista Natureza e Conservação. v. 1, n. 1, 2003.

FRANÇA, Fabrício Carlos. **Estabilização Química de Solos para Fins Rodoviários**: Estudo de Caso com o Produto “RBI Grade 81”. 2003. 104 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

FUNDAÇÃO S.O.S. MATA-ATLÂNTICA. **Estrada-parque**: conceito, experiências e contribuições. São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/>> Acesso em 11 fev. 2016.

HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Earth Construction**: a compressive guide. London: Intermediate Technology Publications, 1994. 362 p.

LANCI DA SILVA, M. da G. **A imagem da cidade turística**: promoção de paisagens e de identidades culturais. Arquitectos, São Paulo, 05.053, Vitruvius, out 2004 Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/05.053/543>>. Acesso em 05 mar. 2016.

MARQUES, G. L. O. **Camadas de pavimentos flexíveis**. 2007.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil**. Revista Megadiversidade. v. 1, n. 1, 2005.

MARIANO, Evelise Gonçalves. **Melhoria das Propriedades Mecânicas de um Solo Estabilizado com Cal, Cimento e CON-AID® Visando Aplicação em Obras de Pavimentação**. 2008. 123 f. Monografia (Curso de Engenharia Civil) Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

MORAIS, Antonio Carlos Robert; CHRISTOFELETTI, Antonio. **Turismo e Geografia: teoria e realidade**. São Paulo: Hucitec, 1996.

NECKEL, G. **Estudo do Asfalto-Borracha como Revestimento Asfáltico em Pistas Aeroportuárias**. Joinville, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2008.

ORTIGÃO, J.R.A. **Introdução a Mecânica dos Solos dos Estados Críticos**. 3. ed. 2007.

OXNIX. **Estabilizante químico de solos**. Disponível em: <<http://www.oxnix.com.br/>> Acesso em 01 abr. 2016.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 3ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

PINTO, A.R.A.G., 2008. **Dissertação**: Fibras de curauá e sisal como reforço em matrizes de solo / orientador: KhosrowGhavami. – Rio de Janeiro: PUC. Departamento de Engenharia Civil, 2008.

RODRIGUES. I. S. **Desenvolvimento do Turismo e Conservação da Paisagem: estudo do potencial turístico de Itaara (RS)**. Santa Maria: Ed. Facos, 2005.

SENÇO, Wlastermiler de. **Pavimentação**. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1979. 2. ed. 452 p. il.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997. v.2. 671p.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2. ed. ampl. São Paulo: Pini, 2007. v.1.

SILVA, Cláudia Claumann. **Comportamento de Solos Siltosos Quando Reforçados com Fibras e Melhorados com Aditivos Químicos e Orgânicos**. 2007. 170f. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Construção Civil-Setor de Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SORIANO, A. J. S. **Estrada-parque: proposta para uma definição**. Tese de Doutorado. Rio Claro, 2006.

SOUZA C. M. A.; RAFFUL, L. Z. L.; VIEIRA, L. B. **Determinação do Limite de Liquidez em dois Tipos de Solos, Utilizando Diferentes Metodologias**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 4 460:464 pp. 2000, Campina Grande, Paraíba, Brasil. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141543662000000300024&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141543662000000300024&script=sci_arttext)> Acesso em 05 ago 2016.

TOCANTINS. **Lei nº 1172, de 31 de julho de 2000**. Cria a unidade de conservação Área de Proteção Ambiental – APA “JALAPÃO” e dá outras providências. Palmas, 2000. Disponível em: <<http://www.al.to.gov.br/>> Acesso em 01 abr 2016.

\_\_\_\_\_. SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO. **Parque Estadual do Jalapão completa 15 anos como Unidade de Conservação Integral no Tocantins**, 2016. Disponível em <<http://secom.to.gov.br/noticia/260552/>> Acesso em 05 fev. 2016.

\_\_\_\_\_. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA. **Com roteiros para aventura, Jalapão é destino de turismo**, 2013. Disponível em: <<http://secom.to.gov.br/noticia/2013/8/7/com-roteiros-para-aventura-jalapao-e-destino-de-turismo/>> Acesso em 14 fev. 2016.

\_\_\_\_\_. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE - SEPLAN. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Jalapão – APA**, 2003. Disponível em: <[www.seplan.to.gov.br](http://www.seplan.to.gov.br)>. Acesso em 10 mar. 2016.


TRINDADE, T. P. et al. **Estudo da durabilidade de misturas solo-RBI Grade 81 com vistas à aplicação em estradas florestais e camadas de pavimentos convencionais**. Revista Árvore, v.29, n.4, p.591-600, 2005.

TSUTSUMI, Mitsuo. **TRN018 - Mecânica dos Solos I**. Net. Juiz de Fora, jul. 2008.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: McGrawHill do Brasil, 1981.)

## APÊNDICE

### Apêndice A : Tabela de Granulometria

 <b>CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS</b> <small>COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"</small> <small>Credenciada pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000</small>					
SOLICITANTE:			FONE:		
MATERIAL: Solo Arenoso Jalapão			DATA:		
TRECHO: Jazida 01			MUNICÍPIO:		
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR - 7181					
Ø peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira	
25,4	0	0,00	0,00	100,00	
9,5		0,00	0,00	100,00	
4,8		0,00	0,00	100,00	
2		0,00	0,00	100,00	
1,19	4,1	0,56	0,56	99,44	
0,6	85,2	11,61	12,16	87,84	
0,42	296,5	40,39	52,55	47,45	
0,25	124,8	17,00	69,55	30,45	
0,15	147,9	20,15	89,70	10,30	
0,074	75,6	10,30	100,00	0,00	
< 0,074	0	0,00	100,00	0,00	

### Apêndice B : Tabela de Compactação

COMPACTAÇÃO - NBR-7182											
Teor de Umidade											
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5					
C + S + A	(g)	83,7	83,7	88,8	88,8	120,5	120,5	106,0	106,4	94,5	94,5
C + S	(g)	79,6	79,6	83,2	83,2	110,9	110,9	96,3	96,3	84,7	84,7
C - Cápsula	(g)	16,6	16,6	17,2	17,2	20,3	20,3	17,3	17,3	17,8	17,8
A - Água	(g)	4,1	4,1	5,6	5,6	9,6	9,6	9,7	10,1	9,8	9,8
S - Solo	C	63,0	63,0	66,0	66,0	90,6	90,6	79,0	79,0	66,9	66,9
w - Umidade	(%)	6,5	6,5	8,5	8,5	10,5	10,5	12,3	12,8	14,6	14,6
Umidade Médi (%)		6,5		8,5		10,5		12,5		14,6	
Dados de Compactação dos Corpos de Prova											
Água Adic.	(g)	360		420		480		540		600	
% Água Adic.	(%)	6,0		7,0		8,0		9,0		10,0	
Umidade Calc. (%)		6,5		8,5		10,5		12,5		14,6	
Nº do Molde	#	34		52		23		21		22	
M + S + A	(g)	9150		9520		9630		9630		9490	
M - Molde	(g)	5336		5500		5455		5507		5412	
S + A	(g)	3814		4020		4175		4123		4078	
γ úmida	(g/cm <sup>3</sup> )	1,828		1,924		1,997		1,981		1,956	
γ seca	(g/cm <sup>3</sup> )	1,716		1,774		1,807		1,761		1,706	