

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**Características Geotécnicas de Estradas
Não-pavimentadas do Município de
Bauru/SP**

Michelle Aparecida Nicola Alves

Campinas
2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**

Michelle Aparecida Nicola Alves

**Características Geotécnicas de Estradas Não-
pavimentadas no Município de Bauru/SP**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de geotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Vidrih Ferreira.

Campinas
2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

AL87c	<p>Alves, Michelle Aparecida Nicola Características geotécnicas de estradas não-pavimentadas do município de Bauru/SP / Michelle Aparecida Nicola Alves. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.</p> <p>Orientador: Cláudio Vidrih Ferreira. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.</p> <p>1. Estradas rurais. 2. Patologia de construção. 3. Solo - Classificação. I. Ferreira, Cláudio Vidrih. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.</p>
-------	--

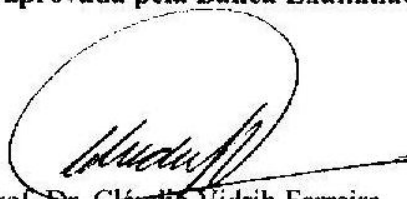
Título em Inglês: Geotechnical characteristics of unpaved roads of Bauru/SP
Palavras-chave em Inglês: Rural roads, Pathology buildings, Soil classification
Área de concentração: Geotecnia
Titulação: Mestre em Engenharia Civil
Banca examinadora: David de Carvalho, Eliane Viviani
Data da defesa: 26/09/2009
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE ESTRADAS NÃO-
PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE BAURU/SP**

Michelle Aparecida Nicola Alves

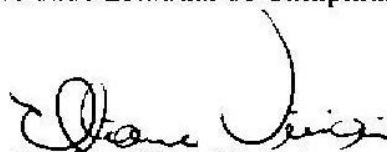
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dr. Cláudio Vidrih Ferreira
Presidente e Orientador(a)/Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. David de Carvalho
Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Eliane Viviani
Universidade Federal de São Carlos**

Campinas, 26 de agosto de 2009

Aos meus pais, pelo apoio nos momentos difíceis
e pela compreensão nos momentos ausentes.
A Diego, pelo amor, carinho e companheirismo
durante esses dois anos, me ajudando a ser melhor do que
posso ser.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, por acreditar no meu trabalho e ter me dado a oportunidade de crescer e aprender cada vez mais.

Ao Prof. Dr. Cláudio Vidrih Ferreira, pela orientação e paciência.

À Faculdade de Engenharia de Bauru – FEB, da Unesp, na pessoa do Prof. Dr. Heraldo Giachetti, por me fornecer o espaço necessário para desenvolver meus ensaios de laboratório.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao técnico do laboratório de Mecânica dos Solos da FEB, Gustavo Pinheiro, por toda a ajuda e apoio na parte prática do meu trabalho.

Ao Eng. Agr. Otaviano Alves Pereira, da SAGRA, pelas preciosas informações sobre as estradas rurais de Bauru.

Ao Eng. Ms. Nelson Augusto Neto, da Emdurb, pelo fornecimento de mapas e recursos gráficos muito úteis para a realização desse trabalho.

À Prof. Dr. Eliane Viviani, por disponibilizar grande parte do material necessário à construção desse trabalho.

À Prof. Dr. Miriam Gonçalves Miguel, pela compreensão nos primeiros meses de mestrado, me ajudando a escrever meu primeiro artigo.

Ao Prof. Dr. Paulo José Rocha de Albuquerque, por muitas vezes ter sido meu orientador para decidir assuntos burocráticos da pós-graduação.

Ao Prof. Dr. David de Carvalho, pela ajuda na decisão do tema da dissertação e por fornecer ótimas informações durante o trabalho.

Aos técnicos Figueiredo, Israel e Tiago, pelos momentos de descontração e alegria proporcionados durante os ensaios.

Às meninas do Pensionato da Leila e da República Piéria, que dividiram seu espaço comigo em Campinas, por dividirem também suas expectativas, segredos, alegrias e tristezas.

Às alunas do curso de Dança de 2005 da Unicamp, por fazerem parte da minha vida.

A Emanuelle, Bárbara e todos os amigos e pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

*“Diante de mim havia duas estradas
Eu escolhi a estrada menos percorrida
E isso fez toda a diferença.”*

*“Você não sabe o quanto eu caminhei
Pra chegar até aqui.
Percorri milhas e milhas antes de dormir
Eu não cochilei.
Os mais belos montes escalei...
Nas noites de frio chorei...”*

Toni Garrido

Resumo

ALVES, MICHELLE A. N. **Características Geotécnicas de Estradas Não-pavimentadas do Município de Bauru/SP**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2009, 49 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2009.

A malha viária, representada pelas rodovias e estradas não-pavimentadas, é de vital importância para uma nação. As estradas rurais não-pavimentadas são de grande importância no âmbito social e econômico do país, pois são responsáveis pelo acesso da população rural aos serviços urbanos, além de escoar grande parte da produção agrícola. Sem uma adequada manutenção, o processo de deterioração provoca imensuráveis prejuízos, aumentando os custos operacionais dos veículos, promovendo significativo acréscimo no número de incidentes e prejudicando o desenvolvimento da região por ela servida. Porém, registros existentes indicam que grande parte dessas estradas se encontra em estado precário, necessitando de serviços de manutenção. Neste trabalho, efetuou-se a caracterização geotécnica de três das principais estradas rurais do município de Bauru, seguida de um estudo das principais patologias ocorrentes, com indicação das falhas e possíveis correções, que permitirão ao poder público ações mais eficientes no sentido de promover as imprescindíveis manutenções. Os resultados permitiram avaliar que o solo de Bauru apresenta, em maior escala, areiões, pela falta de ligante em sua composição granulométrica e pelo transporte de partículas advindos de locais mais altos. A falta de sistema de drenagem favorece o aparecimento de atoleiros. A mistura com solo argiloso foi proposta como sugestão de correção.

Palavras-chave: estradas não-pavimentadas; patologias; caracterização geotécnica

Abstract

ALVES, MICHELLE A. N. **Características Geotécnicas de Estradas Não-pavimentadas do Município de Bauru/SP**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2009, 49 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2009.

The road net, represented by the highways and unpaved roads, has a vital importance for a nation. The rural and unpaved roads have great importance in the social and economic scope of the country; therefore they are responsible for the access of the agricultural population to the urban services, beyond draining great part of the agricultural production. Without an adjusted maintenance, the deterioration process causes immeasurable damages, increasing the operational costs of the vehicles, promoting significant addition in the number of incidents and harming the development of the region served by it. However, existing registers indicate that a big part of these roads are in precarious state, needing maintenance services. In this work it was intended to effect the characterization of the three main rural roads of the city of Bauru, followed of a study of the main occurring pathologies, indicating the imperfections and possible corrections, that will allow to the public power more efficient actions in the direction to promote the essential maintenances. The results allowed to evaluate the ground of Bauru presents, in bigger scale, sands, for the lack of linkage in its composition and for the transport of particles resulted from higher places. The lack of drainage system favors the appearance of mires. The mixture with clay soil was proposed as a suggested remedy.

Keywords: unpaved roads; pathologies; geotechnical characterization

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de localização das principais estradas do município de Bauru. (VIVIANI & RAMOS, 2006).....	6
Figura 2. Localização das estradas em estudo (VIVIANI & RAMOS, 2006, modificada).....	8
Figura 3. Início do trecho não-pavimentado da estrada BRU 026.....	9
Figura 4. Início da estrada BRU 001.....	10
Figura 5. Início da estrada BRU 011.....	10
Figura 6. Soquete padrão e cilindro de base cortante.....	18
Figura 7. Detalhe do cilindro de base cortante.....	19
Figura 8. Início do trecho não-pavimentado – BRU 001.....	26
Figura 9. Coleta de amostras no km 5,0 – BRU 001.....	27
Figura 10. Coleta de amostras no km 11,3 – BRU 001.....	27
Figura 11. Valores de mini-cbr natural e inundado – BRU 001.....	29
Figura 12. Areião de baixada – BRU 026.....	30
Figura 13. Valores de mini-cbr natural e inundado – BRU 026.....	32
Figura 14. Vista do primeiro trecho de areião –BRU 011.....	33
Figura 15. Vista do segundo trecho de areião – BRU 011.....	34
Figura 16. Valores de mini-cbr natural e inundado – BRU 011.....	35

Figura 17. Pontos de coleta de amostras superficiais em estradas não-pavimentadas de Bauru (VIVIANI & GIACHETTI, 2006).....	36
Figura 18. Gráfico comparativo dos resultados de granulometria conjunta.....	38
Figura 19. Gráfico comparativo dos resultados de compactação – proctor normal.....	39
Figura 20. Análise granulométrica – solo de Pederneiras.....	40
Figura 21. Curva granulométrica da mistura – 1º ensaio.....	41
Figura 22. Curva granulométrica da mistura – 2º ensaio.....	42
Figura 23. Gráfico comparativo dos valores de mini-CBR em função do teor de umidade para areião-BRU 026 e mistura – naturais.....	43
Figura 24. Gráfico comparativo dos valores de mini-CBR em função do teor de umidade para areião-BRU 026 e mistura – inundadas.....	44

Lista de Tabelas

Tabela 1. Rede Rodoviária Brasileira.....	13
Tabela 2. Resultados dos ensaios de campo e laboratório – BRU 001.....	28
Tabela 3. Resultados dos ensaios de campo e laboratório – BRU 026.....	31
Tabela 4. Valores dos ensaios de campo e laboratório – BRU 011.....	35
Tabela 5. Comparativo entre os resultados dos ensaios realizados.....	37
Tabela 6. Valores dos ensaios de campo e laboratório – Mistura.....	42

Lista de Abreviaturas e Siglas

Av.: Avenida

CATI: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral

CBR: Califórnia Bearing Rate, ou Índice de Capacidade de Suporte (ISC)

CODASP: Companhia de Desenvolvimento Agrícola do Estado de São Paulo

Crea – SP: Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

DER: Departamento de Estradas de Rodagem

DNIT: Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre

GEIPOT: Grupo de Estudos para a Integração da Política de Transportes

Ibape – SP: Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo

NBR: Norma Brasileira

NPV: não-pavimentadas

SAGRA: Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento

SEADE: Sistema Estadual de Análise de Dados

Unesp: Universidade Estadual Paulista

Lista de Símbolos

M_T : massa total coletada em campo;

w : teor de umidade do solo;

V : volume do cilindro de base cortante;

$\rho_{nat,campo}$: massa específica natural em campo;

ρ_d : massa específica seca aparente;

$\rho_{d,campo}$: massa específica seca aparente em campo;

ρ_s : massa específica dos sólidos.

Sumário

1. Introdução	1
2. Área de Estudo	4
2.1. Localização	4
2.2. O Solo de Bauru	5
2.3. Escolha das Estradas para Estudo	7
3. Estradas Não-Pavimentadas	11
3.1. Conceitos Básicos	11
3.2. Patologias em Estradas Não-Pavimentadas	14
4. Metodologia	17
4.1. Métodos Utilizados para Caracterização das Estradas	17
4.2. Ensaios Realizados	20
4.2.1. Massa Específica Natural em Campo – Cilindro de Cravação	20
4.2.2. Massa Específica dos Sólidos – Picnômetro	21
4.2.3. Granulometria Conjunta	21
4.2.4. Compactação – Proctor normal	23
4.2.5. Mini-CBR	23
5. Apresentação e Análise de Resultados	25

5.1. Estrada BRU 001	25
5.1.1. Acesso	25
5.1.2. Reconhecimento das patologias e coleta de amostras	26
5.1.3. Ensaio de Campo e de Laboratório	28
5.2. Estrada BRU 026	29
5.2.1. Acesso	29
5.2.2. Reconhecimento das patologias e coleta de amostras	30
5.2.3. Ensaio de Campo e de Laboratório	31
5.3. Estrada BRU 011	32
5.3.1. Acesso	32
5.3.2. Reconhecimento das patologias e coleta de amostras	33
5.3.3. Ensaio de Campo e de Laboratório	34
5.4. Análise de Resultados	37
5.5. Mistura	39
6. Conclusões e Sugestões	45
Referências	47

1. Introdução

A engenharia rodoviária é uma das mais antigas artes conhecidas pela humanidade. O desenvolvimento da indústria e o aperfeiçoamento dos veículos de transporte induziram alterações e melhorias na construção de estradas e nos seus métodos executivos.

As estradas não-pavimentadas constituem uma relevante parte da rede viária nacional. De acordo com Helene (2005), pesquisas mostram que cerca de 90% das rodovias do país, normalmente denominadas de rurais, ainda não são pavimentadas. Essas rodovias são de grande importância no âmbito social e econômico do país, pois são responsáveis por grande parte do escoamento da produção agrícola, além de ser o acesso da população rural aos serviços essenciais encontrados nos centros urbanos. Conforme Ferreira (2004), “o uso de estradas não-pavimentadas e/ou revestidas com pedras argamassadas vem dos tempos remotos e continuam em uso em grande escala no mundo contemporâneo”.

Os dados existentes indicam que 75% dessas estradas não-pavimentadas precisam de manutenção. Viviani (1998) alega que as manutenções são feitas empiricamente, sem nenhum planejamento e por municípios que enfrentam situações precárias, tanto financeiramente quanto na parte técnica. Não há, portanto, uma postura adequada dos órgãos responsáveis quanto a esse problema de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social do país. Carmo (2000) exemplifica a consequência da falta de manutenção dessas estradas:

Pinguela, costela de vaca, facão, lama e poeira. Boa parte da população do interior, principalmente quem circula bastante por estradas de terra, conhece bem essas palavras. Cerca de 80% dos caminhos de terra por onde passa a produção agrícola do Estado de São Paulo têm problemas. Nessa época do ano, com as chuvas, elas ficam piores e os estragos são ampliados.

É notório que, sem uma adequada manutenção, o processo de deterioração provoca imensuráveis prejuízos, aumentando os custos operacionais dos veículos, promovendo significativo acréscimo no número de incidentes e prejudicando o desenvolvimento da região por ela servida. Conhecer tais defeitos, que podem ocorrer em estradas não-pavimentadas, quanto ao tipo de solo que elas apresentam, falta de manutenção ou erro de projeto ou executivo, pode constituir-se numa importante ferramenta para sua prevenção e correção, já que esse estudo pode contribuir para um melhor planejamento do sistema de manutenção e construção dessas vias.

O conhecimento da infra-estrutura, aliado a uma análise das patologias e defeitos que ocorrem nessas estradas, poderá conduzir e resultar numa manutenção preventiva com significativos reflexos no custo das correções, permitindo um avanço no sentido de melhoria do desenvolvimento social e econômico das áreas rurais. Somente no Município de Bauru existem 26 estradas rurais não-pavimentadas.

Neste trabalho pretendeu-se, em parceria com a Prefeitura Municipal de Bauru, efetuar a caracterização de três das principais estradas rurais do município de Bauru, elaborando-se adequado banco de dados, seguido de um estudo das principais patologias ocorrentes, do ponto de vista geotécnico, indicando as falhas e possíveis correções, que permitam ao poder público ações mais eficientes no sentido de promover as imprescindíveis manutenções e/ou correções, com reflexos na melhoria das estradas rurais.

Além do primeiro capítulo introdutório, o trabalho é organizado de tal forma que no segundo capítulo, será brevemente descrita a cidade de Bauru: localização, dados geotécnicos, problemas mais comuns na administração de estradas não-pavimentadas na região. Além disso, haverá um item que abordará os critérios de escolha das estradas que serão estudadas.

Em seguida, será abordada a questão das estradas rurais, justificando realmente a importância desse trabalho para a melhoria dos programas de manutenção em estradas não-pavimentadas na região. Conceitos básicos, tipos de defeitos que podem ser encontrados e como podem ser corrigidos serão levantados nesse capítulo.

O quarto capítulo é dedicado aos materiais e métodos utilizados para a execução desse trabalho: observação das patologias encontradas e os ensaios desenvolvidos para efetuar a caracterização geotécnica das estradas.

O quinto capítulo trará os resultados obtidos neste trabalho, tais como descrições dos campos de estudo, fotos elucidativas tanto do acesso como dos próprios trechos percorridos,

indicando patologias encontradas e pontos de coleta de amostras para realização de ensaios e resultados dos ensaios realizados, com análise dos valores obtidos.

O capítulo seguinte descreverá as conclusões do trabalho, assim como o último capítulo é dedicado às sugestões de continuidade desse trabalho.

O último item é dedicado às referências bibliográficas que nortearam o presente trabalho.

2. Área de Estudo

Neste capítulo, será descrito o campo escolhido para estudo das patologias das estradas rurais não-pavimentadas: o município de Bauru, assim como sua localização no Estado de São Paulo, alguns dados estatísticos, o comportamento de seu solo e a localização das estradas não-pavimentadas escolhidas no município.

2.1. Localização

Com 113 anos de emancipação política, Bauru localiza-se na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo. De acordo com o perfil SEADE (2009), possui 361.918 habitantes na área urbana e estimados 6.000 habitantes na área rural. É sede da 7ª Região Administrativa do Estado de São Paulo, composta por 39 municípios.

Conforme dados da Prefeitura Municipal de Bauru, distante 345 km da capital do Estado, a cidade é conhecida como “maior entroncamento rodo-aero-hidro-ferroviário e energético do interior da América Latina”, despontando na tendência de centro logístico (Coração do Estado), facilitando o escoamento de bens e serviços produzidos na região. Esta particularidade tem destaque em uma das principais rodovias com pistas duplas do Estado (Rodovia Marechal Rondon, SP-300) e acesso facilitado com outras que interligam a todas as regiões do Brasil; o aeroporto Estadual Regional, recém inaugurado, com capacidade para expansão de vôos internacionais; o Rio Tietê transformado em hidrovía, localizado a 25 km da cidade; trens em bitola larga e estreita que ligam Bauru a São Paulo (capital) e ao Porto de

Santos, ao Rio Grande do Sul e à Bolívia e subestações estratégicas da CESP - Centrais Elétricas de São Paulo (atual CTEEP – Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista) e da CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz.

A localização geográfica do município e a instalação das ferrovias foram fatores de grande relevância para o desenvolvimento econômico e o crescimento da cidade. Bauru está ligada a diversos estados e países possibilitando o transporte de derivados de petróleo, minérios e grãos.

A principal rodovia da região, Marechal Rondon (SP 300), totalmente duplicada, faz a ligação entre Bauru e São Paulo pela Rodovia Castelo Branco, e à região Noroeste até o estado do Mato Grosso do Sul. Bauru dista 256 km de Campinas, 198 km de Ribeirão Preto, 406 km de São José dos Campos, 283 km de Sorocaba e 302 km de Presidente Prudente. Seus municípios limítrofes são Reginópolis (Norte), Arealva (Nordeste), Piratininga (Sul), Pederneiras (Leste), Agudos (Sudeste) e Avaí (Oeste).

Ainda de acordo com a Prefeitura Municipal de Bauru, o município apresenta uma área total de 674 km², sendo que 539 km² pertence à área rural, ou seja, 80% da área total. Quanto à estrutura fundiária, de um total de 690 lotes rurais, 72% correspondem a áreas de até 50 ha, evidenciando o aspecto minifundiário da região.

A figura 1, elaborada por Viviani e Ramos (2006), apresenta a localização das principais rodovias e vias não-pavimentadas do município, assim como o seu limite geográfico e fazendas existentes.

2.2. O Solo de Bauru

Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e material orgânico. Sob efeito de cargas externas, todos os solos, em maior ou menor proporção, se deformam. No caso em que estas deformações sejam diferenciadas ao longo do plano de uma obra, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura da mesma, podendo gerar o aparecimento de trincas. Se o solo for uma argila dura ou uma areia compacta, os recalques decorrem essencialmente de deformações por mudança de forma, função da carga e

do módulo de deformação do solo. No caso de solos moles e fofos, os recalques são provenientes da sua redução de volume, já que a água presente no bulbo de tensões tenderá a percolar para regiões sujeitas a pressões menores.

Originado do afloramento pré-cambriano, a camada superficial da região de Bauru apresenta-se recoberta, predominantemente, por um solo residual de arenito, conhecido como Arenito Bauru, não saturado e poroso, classificado como areia fina argilosa ou areia fina siltosa. As propriedades de ser não saturado, poroso e ter partículas de areia cimentadas em argila e silte conferem ao solo características colapsíveis.

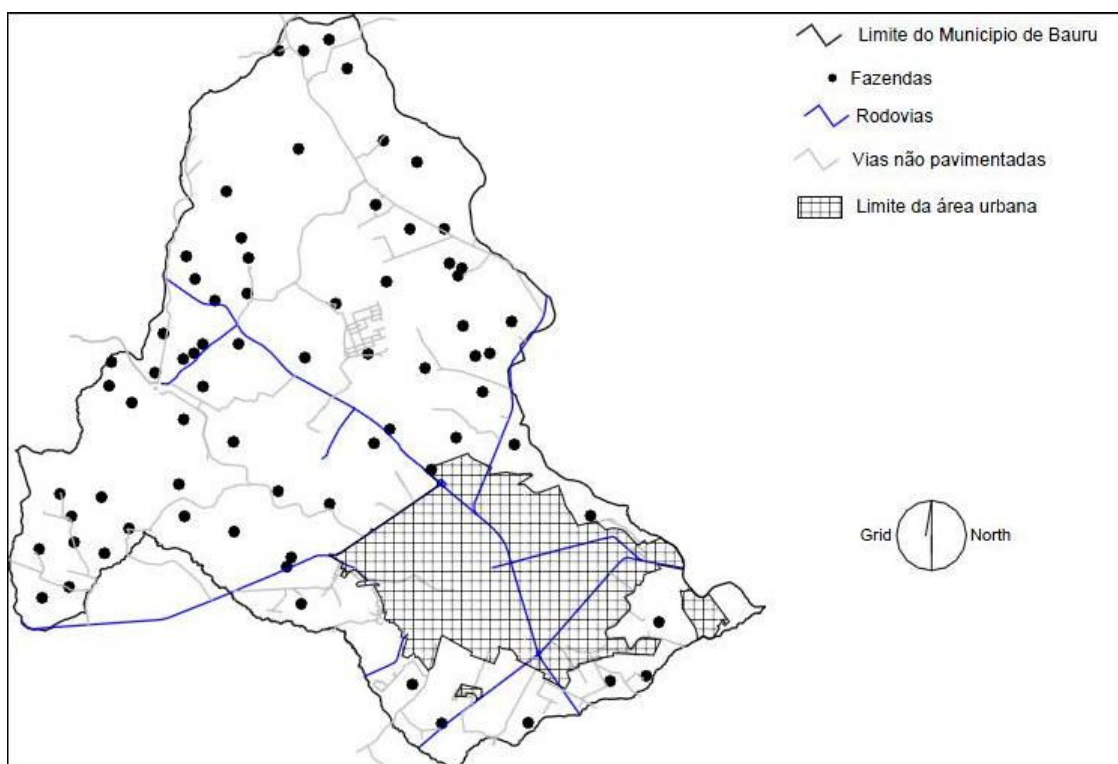


Figura 1 - Mapa de localização das principais estradas do município de Bauru.

Fonte: VIVIANI & RAMOS, 2006.

São freqüentes, nessa região, casos de obras que durante anos apresentaram bom desempenho estrutural e, subitamente, começaram a apresentar fissuras e trincas. Essa mudança de comportamento tem maior

ocorrência no período de chuvas da região (novembro a março) e é explicada pela saturação do solo, que ocasiona a dissolução de suas partículas cimentantes, diminuindo sua resistência ao cisalhamento e provocando, quando submetido a estado de tensão superior, reduções de volume.

Essa perda de resistência provoca redução da capacidade de carga, resultando em acentuados recalques. A característica colapsível do solo de Bauru acarreta inúmeras patologias em construções, que prejudicam proprietários, imóveis, vizinhos, responsáveis técnicos e construtores.

Santos e Viviani (2002) e Viviani e Giachetti (2006) elaboraram um estudo de caracterização dos solos de algumas estradas não-pavimentadas de Bauru, verificando segundo a classificação MCT se esses solos possuem comportamento laterítico. Esses dados terão grande importância na verificação da capacidade de suporte do solo dessas estradas.

2.3. Escolha das Estradas para Estudo

Conforme o Plano Diretor 2008, que foi aprovado em julho de 2008, o município de Bauru possui 26 estradas não-pavimentadas credenciadas. Vale ressaltar que há duas relações de estradas rurais no município: a lista do Plano Diretor, fornecida pela Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento - SAGRA e outra na Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Bauru, em forma de mapa, nas quais os códigos de identificação das estradas não são coincidentes. O mapa citado só fornece 15 estradas, sendo que a lista apresenta 26, no total.

Os valores divulgados de extensão total dessas estradas também diferem. Segundo o Plano Diretor, as estradas rurais do município de Bauru atingem 180 km. Pela Secretaria de Obras, a extensão é de 136 km aproximadamente. Porém, segundo estudos de geoprocessamento desenvolvidos por Viviani e Ramos (2006), essa extensão totaliza aproximadamente 300 km.

Dentre estas 26, foram escolhidas três, descritas sucintamente a seguir (Plano Diretor, 2008) e ilustradas na figura 2.

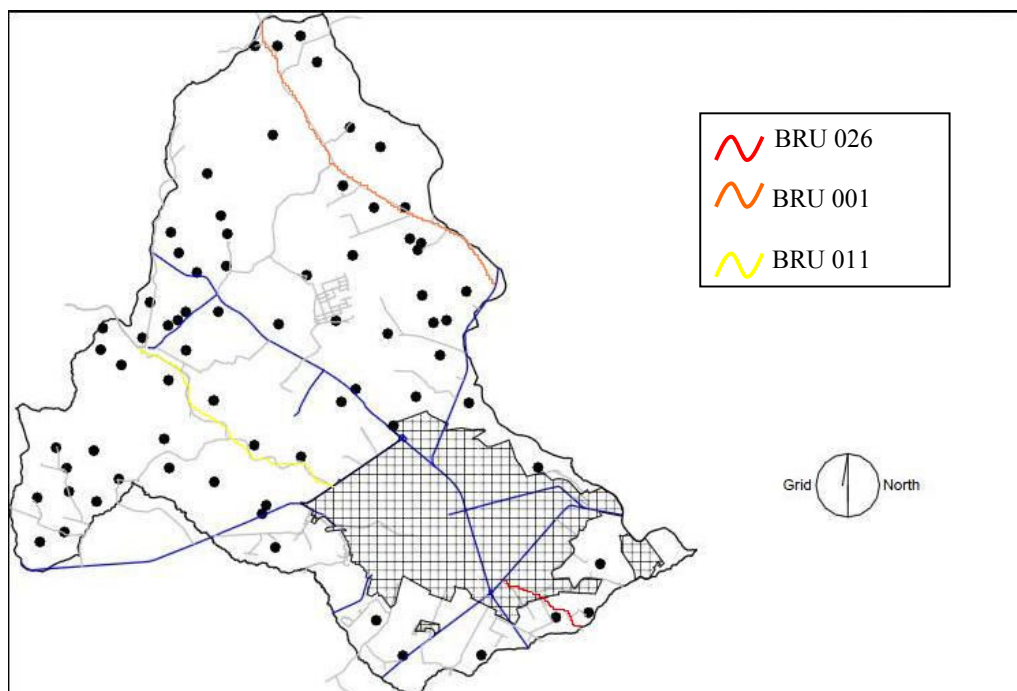


Figura 2 – Localização das estradas em estudo.

Fonte: VIVIANI & RAMOS (2006) modificada.

- BRU 026 (antiga BRU 020) - Estrada Municipal sem denominação, que inicia nas proximidades da Av. José Sandrim e termina na divisa com o município de Agudos - Ribeirão Campo Novo. A importância de sua escolha se dá pelo fato de que nela se escoam a maior produção de frangos e ovos da região, devido à localização da Granja Itabom nas proximidades da estrada. Fora isso, há uma grande concentração de chácaras e condomínios. De acordo com a listagem, a extensão é de 2,775 km, porém, percorrendo-a, totalizou-se 5 km. A figura 3 apresenta uma visão do início do trecho não-pavimentado da estrada ;
- BRU 001 (antiga BRU 312) - Estrada Municipal Murillo Vilaça Maringoni, que inicia na Rodovia Cesário José de Castilho (SP 321) e termina na divisa com o município de Reginópolis. A importância de sua escolha se dá pelo fato de ser responsável pelo escoamento da produção de laranja da região, uma vez que nela está situada a Fazenda Ventura, produtora de laranja da Citrovita, empresa mundialmente conhecida. Segundo a listagem, a extensão é de 13 km, porém o percurso totalizou 20 km. A figura 4 ilustra o início da estrada;

- BRU 011 – Estrada Municipal Gilberto Garcia, que inicia na Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (SP 294) e termina na estrada de acesso a Tibiriçá. Segundo a SAGRA, na pessoa do Eng. Otaviano Alves Pereira, essa estrada seria a mais importante da região, pois tem responsabilidade social (pelo acesso às escolas e prestação de serviços), cultural (acesso à vida cultural da cidade de Bauru) e econômico (pois Tibiriçá é um distrito extremamente rural). Além disso, a estrada margeia a antiga estrada de ferro da Rede Ferroviária Federal, conhecida também como Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, e passa pela Fazenda Val de Palmas, patrimônio histórico da cidade por ser considerada o local de fundação desta. Conforme a listagem, a extensão é de 15,121 km, porém o percurso totalizou 16 km. A figura 5 ilustra o início da estrada, próximo à Fazenda Val de Palmas.



Figura 3 – Início do trecho não-pavimentado da estrada BRU 026.



Figura 4 – Início da estrada BRU 001.



Figura 5 – Início da estrada BRU 011.

3. Estradas Não-pavimentadas

Nesse item, será abordada a questão das estradas não-pavimentadas: definições, tipos de estradas, os problemas mais comuns encontrados e sua importância no desenvolvimento sócio-econômico do município.

3.1. Conceitos Básicos

Segundo Baesso & Gonçalves (2003), as estradas rurais, também conhecidas como estradas vicinais, podem ser definidas como “o conjunto de pequenas vias que compõem o sistema capilar do transporte, sendo responsáveis fundamentalmente pelo escoamento da produção agrícola”. Em muitos países, dentre eles o Brasil, a maior parte da rede viária é composta de estradas não-pavimentadas, representando o principal meio de escoamento da produção agrícola, além de fornecer acesso da população rural aos serviços urbanos, tais como educação, saúde e lazer.

Grielber (2002) relata que a predominância das estradas não pavimentadas em relação às pavimentadas é uma realidade presente em praticamente todos os países em desenvolvimento, sendo a importância destas, maior nesses países, tendo em vista que grande parte de suas economias é baseada na produção e comercialização de produtos primários, sendo estes transportados principalmente nesse tipo de estrada.

Conforme o Manual de Conservação Rodoviária – DNIT (2005), estrada não-pavimentada pode ser um caminho que se desenvolveu pelo uso de muitos anos, ou pode ser uma

estrada que foi projetada e construída de acordo com um projeto geométrico, seções transversais e um sistema de drenagem; e ainda rodovias de terra (sic) são as construídas, usando-se o solo natural local na camada final (de rolamento). Rodovias com revestimento primário são rodovias revestidas com uma camada de material que tenha uma capacidade de suporte maior do que o solo local natural.

A tabela 1 (GEIPOT, 1999 *apud* BAESSO & GONÇALVES, 2003) apresenta os valores, em quilômetros, da rede rodoviária brasileira, nas cinco regiões sócio-econômicas do país. Conforme essa tabela, verifica-se que, de um total de 1.724.924 km de estradas brasileiras, 1.429.296 km, ou seja, 83% são estradas municipais não-pavimentadas. Somente na região Sudeste, esse índice atinge 87%, ou seja, aproximadamente 90% de toda a extensão rodoviária dessa região está sob jurisdição dos municípios. Vale ressaltar, portanto, a importância dos órgãos públicos municipais quanto aos serviços de manutenção das estradas não-pavimentadas. Apesar das estatísticas e da grande importância econômica e social, as estradas não-pavimentadas são relegadas a segundo plano. Os melhores profissionais não são recrutados a participar dos programas de manutenção dessas estradas, não são desenvolvidas técnicas que propiciem tal programa, além de os usuários afirmarem que a única solução para o problema das estradas vicinais seria a pavimentação destas, ignorando o alto custo de tal operação. (ODA, 1995).

Segundo Nunes (2003) *apud* Cruz (2005), os municípios, em geral, dispõem de escassos recursos técnicos e financeiros a serem empregados nos serviços de manutenção e recuperação das estradas de terra. Aliado a isso se incumbe a noção errônea, de que a manutenção dessas estradas não requer especialização.

A malha viária de qualquer país é de importância vital para sua economia e as condições de suas propriedades físicas de sua infra-estrutura são primordiais. Sem manutenção adequada e constante, estradas rurais e rodovias inexoravelmente irão se deteriorar, aumentando os custos operacionais dos veículos, o número de incidentes e reduzindo a confiabilidade nos serviços de transporte. Quando o serviço de manutenção é protelado, ele muitas vezes envolverá uma reabilitação mais extensiva, ou mesmo reconstrução, custando muitas vezes mais do que um simples reparo efetuado antecipadamente. A necessidade de proteger a malha viária existente e conservá-la em boas condições tornou-se imperativa, tendo geralmente precedência sobre novos investimentos.

Tabela 1 - Rede Rodoviária do Brasil.

REGIÕES BRASILEIRAS	REDE RODOVIÁRIA BRASILEIRA (km)			ESTRADAS MUNICIPAIS (km)			Coluna 5/3
	Pavim.	N Pavim.	Total	Pavim.	N Pavim.	Total	
NORTE	12.083	91.128	103.211	1.016	63.698	64.714	0,62
NORDESTE	44.693	360.683	405.376	1.129	325.146	326.275	0,80
SUDESTE	54.216	458.207	512.423	10.636	444.487	455.123	0,87
SUL	32.441	443.648	476.089	4.012	432.705	436.717	0,91
CENTRO- OESTE	20.814	207.011	227.825	110	136.260	163.370	0,72
Totais	164.247	1.560.677	1.724.924	16.903	1.429.296	1.446.199	0,83

Fonte: Anuário Estatístico da GEIPOT, 1999 *apud* BAESSO & GONÇALVES, 2003.

Quanto às características técnicas, uma estrada vicinal deve apresentar, acima de tudo, boas condições estruturais, que se refere à capacidade de suporte, e boas condições funcionais, referente às condições de rolamento e aderência. A primeira se refere à característica que confere à estrada capacidade maior ou menor de não se deformar frente às solicitações de tráfego, garantida pelo uso de materiais granulares e compactação da pista. A segunda diz respeito à prevenção de irregularidades da pista que interferem negativamente sobre a comodidade e segurança do tráfego, tais como esburacamentos, materiais soltos na via e pista escorregadia, garantida pelo uso de materiais granulares (aderência) e material argiloso (diminuindo a incidência de material solto), compactados (SANTOS et al., 1988).

Além disso, é também essencial um bom sistema de drenagem. A negligência dada para a construção deste sistema tem sido a principal causa das patologias nas estradas. O abaulamento transversal da pista (o DNIT recomenda um valor de 3%) muitas vezes é retirado pela patrolagem sistemática: remove-se o solo superficial e afunda-se o leito, propiciando o acúmulo de água e deteriorando a estrada, conseqüentemente.

Ao longo do tempo, a deterioração dos elementos constituintes da estrada é evitável a partir de um programa de manutenção, ou seja, um “(...) amplo conjunto de atividades destinadas a assegurar um transporte seguro, econômico e confortável em uma estrada ou rede” (BAESSO & GONÇALVES, 2003).

São três os tipos de manutenção:

- **Manutenção Corretiva Rotineira (MCR):** responsável pelos reparos localizados dos defeitos na pista, pelas roçadas e pela limpeza da estrutura drenante.
- **Manutenção Preventiva Periódica (MPP):** pode ser necessária a execução da camada de revestimento primário. Segundo Santos et al (1988), essa camada é constituída de uma mistura de material argiloso com material granular, variando de 10 a 20 cm de espessura, colocada sobre o subleito ou sobre o reforço do subleito. O traço utilizado é 1:2,5 (argila: material granular).
- **Reconstrução:** responsável pela renovação completa da pista, a fim de elevar sua capacidade operacional.

Liataud & Faiz (1994), mencionam que os custos de operação dos veículos em vias não-pavimentadas são, em geral, de 10% a 30% maiores que os custos em vias pavimentadas, isto se deve principalmente devido às diferenças nas condições de rugosidade da superfície.

3.2. Patologias em Estradas Não-Pavimentadas

O estudo da patologia é uma área relativamente nova no ramo da engenharia, que consiste, segundo Crea-SP & Ibape-SP (1998), no “estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e conseqüências das situações em que as obras ou suas partes apresentem um desempenho abaixo do mínimo pré-estabelecido”. Utilizar-se dessa nova “ciência” da engenharia para detectar eventuais patologias ou defeitos em estradas não-pavimentadas poderá trazer grande contribuição a futuros trabalhos nessa área.

Segundo Santos et al (1988), os problemas mais comuns em uma estrada não-pavimentada se baseiam em:

- **Ondulações, Rodeiros e Atoleiros:**

As causas principais são a falta de capacidade do subleito e a deficiência no sistema de drenagem. Seria necessário retirar a água acumulada, executar (ou re-executar) a camada de reforço, com revestimento primário ou agulhamento, que consiste na cravação de material granular grosseiro diretamente no subleito argiloso. O agulhamento é executado em estradas de menor porte.

- **Areiões de Espigão:**

A causa principal do areião é a falta de material ligante na pista de rolamento. Para corrigi-lo, executa-se uma mistura de areia e argila como revestimento primário, a fim de melhorar o solo constituinte do leito.

- **Areiões de Baixada:**

Nos areiões de baixada, ocorre sedimentação da areia trazida de trechos altos, sem presença de material ligante ou compactação. Seria importante combater a erosão dos trechos altos e compactar o material já trazido.

- **Excesso de pó na pista:**

No mesmo caso do areião, há abundância de materiais finos soltos no leito da estrada. Neste caso, se o material do leito for areia, faz-se um revestimento primário selante (com argila). Se o material for silte, há necessidade de se executar o reforço do subleito com material ligante.

- **Rocha Aflorante:**

Neste caso, a camada de solo no leito é insuficiente e pouco espessa, seja pela má execução, pela grande quantidade de blocos de rocha, por processos erosivos ou pela constante patrolagem (aplainamento) do leito. O problema é corrigido pela execução de revestimento primário de cobertura.

- **Pista Derrapante:**

Se a pista se torna derrapante quando molhada, a causa provável é a interação química entre a argila e a água, fazendo com que a pista perca a aderência. O agulhamento de material granular seria uma boa solução.

Se a pista é derrapante quando seca, falta material ligante em sua constituição. A solução seria substituir o material granular superficial por revestimento primário.

- **“Costelas de Vaca”:**

Nas “costelas de vaca”, o material granular de diâmetro entre 5 e 10 mm se acumula, formando pequenos “morros” sucessivos, causando instabilidade ao usuário. Também neste caso faz-se necessária a substituição do material por revestimento primário.

- **Segregação Lateral:**

O material granular sem ligante é lançado e acumulado nas laterais da pista, causando rebaixamento do leito e possível acúmulo de água na pista. O revestimento primário, neste caso, também seria a opção ideal.

- **Buracos:**

São designados pela expulsão de partículas sólidas do leito quando há empoçamento de água, causada pela má execução de estrutura drenante na estrada. As etapas de correção para este caso são: abaulamento transversal, valetas e sangras; retificação, limpeza e umedecimento da pista; compactação em camada com material para revestimento primário.

- **Erosões em Ravina:**

Assim como no caso de buracos, as erosões são provocadas pela falta do sistema de drenagem. As erosões se iniciam na forma de sulcos e evoluem para ravinas onde o solo tem baixa resistência. Se a erosão atinge o lençol freático, é denominada “boçoroca”. Neste caso, faz-se o preenchimento dos sulcos ou ravinas com solo local compactado, sendo os últimos 30 cm com material de revestimento primário, fazendo sua compactação com rolo. As erosões pequenas são tratadas como buracos.

4. Metodologia

Neste capítulo, serão apresentadas as etapas seguidas para se efetuar a caracterização das estradas escolhidas e os ensaios realizados.

4.1. Métodos Utilizados para Caracterização das Estradas

O método utilizado para caracterizar geotecnicamente as estradas escolhidas para esse trabalho foi realizado em duas etapas: inspeção visual-técnica e ensaios de laboratório.

A etapa de inspeção visual-técnica consistiu em visitar as estradas escolhidas. A primeira visita serviu como reconhecimento do campo, fornecendo o entendimento de como se encontrava a situação de cada trecho. Para isso, percorreu-se a estrada, tentando manter uma velocidade constante de 40 km/h, que de acordo com Chaves (1965) *apud* Oda (1995), seria a velocidade que determina que as condições de tráfego da estrada são boas. Em diversos trechos, não foi possível manter essa velocidade, chegando a 10 km/h em alguns deles.

Durante as visitas posteriores, retiraram-se amostras de solo desses trechos onde só conseguia-se percorrê-los a velocidades baixas (em torno de 10 a 20 km/h), e nos quais as patologias prejudicavam a integridade da via e as condições de tráfego. As amostras deformadas foram coletadas com o auxílio de um trado manual tipo escavadeira e condicionadas em sacos de coletas etiquetados, contendo nome do trecho, n°. do km correspondente, n°. da amostra e data de coleta.

Estas foram levadas ao laboratório da Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru, para realização dos ensaios. Antes da retirada das amostras, cravou-se, com a ajuda de um soquete e um cilindro de base cortante, com 59,53 mm de diâmetro interno e 78,75 mm de altura, ilustrados nas figuras 6 e 7, para a retirada de amostras indeformadas. Posteriormente, foi verificada a massa específica natural do solo superficial através destas amostras.

Foram retiradas 7 amostras deformadas e 7 indeformadas, sendo que 2 deformadas e 2 indeformadas foram retiradas na estrada BRU 026, 3 deformadas e 3 indeformadas na estrada BRU 001 e 2 deformadas e 2 indeformadas na estrada BRU 011. A profundidade das amostras é superficial, chegando a 1m, pela grande quantidade de solo necessária para realizar todos os ensaios (em torno de 15 kg em cada amostra deformada).



Figura 6 – Soquete padrão e cilindro de base cortante.



Figura 7 – Detalhe do cilindro de base cortante.

A etapa referente aos ensaios consistiu em proceder, utilizando as amostras retiradas em campo, os ensaios de caracterização do material, tais como ensaios de massa específica dos sólidos, teor de umidade e granulometria conjunta, ensaios de Mini-CBR e de compactação normal. Todos esses procedimentos foram realizados no Laboratório de Solos da Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru.

Viviani & Giachetti (2006) e Viviani, Pasqua e Santos (2002) apontaram alguns valores de granulometria conjunta e da classificação MCT, podendo-se fazer uma comparação com os valores obtidos nesse trabalho.

4.2. Ensaio Realizados

Os ensaios realizados nessa pesquisa visaram ao conhecimento das características do solo presente nas estradas, bem como avaliar sua capacidade de suporte frente ao tráfego imposto e às intempéries.

Serão descritos a seguir os ensaios realizados. No capítulo 5, serão apresentados os resultados dos ensaios e sua análise.

4.2.1. Massa Específica Natural em Campo – Cilindro de Cravação

Este ensaio é regido pela NBR 9813/87. Uma amostra indeformada foi retirada de um ponto afetado por alguma patologia, utilizando-se um cilindro de base cortante, com dimensões definidas, que foi cravado com o auxílio de um soquete de 2,5 kg. Essa amostra foi condicionada em um saco de coleta e levada ao laboratório, onde imediatamente, para que não se perdesse a umidade, foi pesada (M_T). Parte dessa amostra foi destinada à verificação do teor de umidade (w), segundo a NBR 6457/86.

Com os valores de w , M_T e o volume V do cilindro, podem-se calcular a massa específica natural em campo ($\gamma_{nat,campo}$) e a massa específica aparente ($\gamma_{d,campo}$), através das expressões (1) e (2).

$$\gamma_{nat,campo} = \frac{M_T}{V} \quad (1)$$

$$\gamma_{d,campo} = \frac{\gamma_{nat,campo}}{1 + w} \quad (2)$$

Essas informações são importantes para se comparar o que se encontrou em campo com o valor de $\gamma_{d,Max}$, obtido no ensaio de compactação.

4.2.2. Massa Específica dos Sólidos – Picnômetro

O ensaio para obtenção da massa específica dos sólidos (γ_s) é regido pela NBR 6508/84. Consiste em colocar 60 g de solo passado na peneira de 4,8mm em um picnômetro e, após uma situação de vácuo, completá-lo com água e pesá-lo em diferentes temperaturas. O picnômetro já foi previamente calibrado, obtendo-se um gráfico que relaciona massa de picnômetro + água (M_2) com a temperatura (T).

Sendo a massa do picnômetro + solo + água M_1 , tem-se que (3):

$$\gamma_s = \frac{(M_s \cdot \gamma_w)}{(M_2 - M_1 + M_s)} \quad (3)$$

Onde:

M_s : massa de sólidos da amostra;

γ_w : massa específica da água, que varia com a temperatura.

O valor de γ_s é fundamental para se conhecer o tipo de solo, uma vez que expressa a relação entre massa do grão e seu volume, prevendo assim se o solo é mais arenoso ou mais argiloso. Esse valor será usado nos cálculos subseqüentes, referentes às características dos solos.

4.2.3. Granulometria Conjunta

O ensaio de granulometria conjunta, regido pela NBR 7181/84, permite conhecer as dimensões dos grãos que constituem o solo, assim como as porcentagens de areia, silte e argila presentes. É dividido em três etapas: peneiramento grosso, sedimentação e peneiramento fino.

O peneiramento grosso consiste em determinar as porcentagens que passam em cada peneira de um conjunto destas, de aberturas que vão de 50 mm (pedregulho) a 2 mm (areia fina). Já no peneiramento fino, o mesmo procedimento é feito com peneiras de aberturas que variam de 1,2 mm a 0,075 mm (argila). A sedimentação, por sua vez, consiste em obter os diâmetros dos grãos menores que 0,075 mm, o que seria impossível através de peneiras. Assim, pela Lei de

Stokes, os diâmetros são relacionados com a densidade de uma dispersão ao longo do tempo numa dada temperatura, através da expressão (4), conforme NBR 7181/84:

$$d = \sqrt{\frac{1800 \cdot \eta}{\delta - \delta_d} \times \frac{a}{t}} \quad (4)$$

Onde:

d = diâmetro máximo das partículas, em mm;

η = coeficiente de viscosidade do meio dispersor, à temperatura de ensaio, em g x s/cm²;

a = altura de queda das partículas, com resolução de 0,1 cm, correspondente à leitura do densímetro, em cm;

t = tempo de sedimentação, em s;

δ = massa específica dos grãos do solo, em g/cm³;

δ_d = massa específica do meio dispersor, à temperatura de ensaio, em g/cm³.

A porcentagem do material em suspensão, ao longo do tempo, é dada pela expressão (5), conforme NBR 7181/84.

$$Q_s = N \times \frac{\delta}{\delta - \delta_d} \times \frac{V \delta_c (L - L_d)}{\frac{M_h}{(100 + h)} \times 100} \quad (5)$$

Onde:

N = porcentagem de material que passa na peneira de 2,0 mm, calculado no peneiramento grosso;

V = volume da suspensão;

δ_c = massa específica da água, à temperatura de ensaio, em g/cm³;

L = leitura do densímetro na suspensão;

L_d = leitura do densímetro no meio dispersor, na mesma temperatura da suspensão;

M_h = massa do material úmido submetido à sedimentação, em g;

h = umidade higroscópica da amostra.

4.2.4. Compactação – Proctor Normal

O ensaio de compactação, regido pela NBR 7182/86, relaciona umidade do solo com sua massa específica aparente seca.

Observa-se que, com o aumento do teor de umidade do solo (w), o valor de seu grau de compactação também aumenta, à medida que cresce a massa específica aparente seca (γ_d). Esse valor chega a um pico, $\gamma_{d,m\acute{a}x}$, em um determinado teor de umidade, $w_{\acute{o}timo}$. A partir desse valor, γ_d diminui com o aumento de w , devido ao amortecimento da energia de compactação pela água em excesso.

Para se obter o valor de $\gamma_{d,m\acute{a}x}$ e $w_{\acute{o}timo}$, utiliza-se um soquete de peso e altura de queda definidos pela norma e um cilindro de compactação de dimensões e massa conhecidas. A partir de 3 kg de solo numa umidade escolhida (geralmente 6 ou 8% para solos arenosos), compacta-se o solo em três camadas equivalentes. No ensaio de Proctor normal, a energia de compactação é obtida com 26 golpes em cada camada. Após a compactação, pesa-se o cilindro com o solo. Aumenta-se o teor de umidade do solo e repete-se o procedimento até que a massa do cilindro + solo diminua. Então, mais um ponto é executado.

A partir dos valores de w e γ_d , pode-se traçar a curva de compactação $\gamma_d \times w$, sendo que as coordenadas do ponto máximo correspondem aos valores de $\gamma_{d,m\acute{a}x}$ e $w_{\acute{o}timo}$.

4.2.5. Mini –CBR

O ensaio CBR miniatura ainda não é padronizado pela ABNT. Seu procedimento é regido por duas normas técnicas do DNIT: a ME 228/94 refere-se à moldagem dos corpos-de-prova e a ME 254/97 fixa as condições para determinação do índice Mini-CBR e da expansão de solos compactados, prescrevendo a aparelhagem, definições, ensaio e as condições para obtenção do resultado.

De acordo com Fortes (2009), esse ensaio foi desenvolvido na Iowa State University, sendo que o valor obtido foi caracterizado por IBV (Iowa Bearing Value). Nogami efetuou

algumas adaptações no método de ensaio, a fim de correlacioná-lo com os valores de CBR obtidos segundo a norma do DNIT, assim levando-se em conta outros fatores além da granulometria e dos limites de Atterberg.

Mais tarde, verificou-se que o Mini-CBR permitia uma grande flexibilidade nas variáveis que compõem o ensaio e que influenciam o valor de suporte. É possível determinar o valor de suporte com ou sem imersão em água, com diversos tipos de sobrecarga, com vários teores de umidade e energias de compactação, entre outras. Assim, foi possível se caracterizar melhor as peculiaridades dos solos tropicais, sem contudo aumentar a quantidade de amostra necessária, o esforço físico empregado e seu custo.

Analogamente ao CBR tradicional, constitui rotina a determinação da expansão dos corpos-de-prova submetidos à imersão em água. O procedimento adotado é similar ao tradicional, porém se reduz o tempo de imersão para 20 horas.

Ainda segundo Fortes, o ensaio Mini-CBR apresenta dispersão menor de valores de capacidade de suporte em relação ao ensaio tradicional. Pode-se ainda determinar o valor de suporte “in situ”, através do penetrômetro sul-africano e de equipamentos portáteis acoplados a veículos. Os resultados “in situ” apresentam valores maiores que os obtidos em laboratórios, reforçando a constatação de que os solos tropicais de bases e camadas de substratos trabalham numa umidade inferior à umidade ótima de compactação.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo, são apresentados e analisados os resultados obtidos nas três estradas estudadas: BRU 001, BRU 026 e BRU 011. O último item refere-se à mistura de solos feita para melhorar a capacidade de suporte dos solos da via.

5.1. Estrada BRU 001

5.1.1. Acesso

O acesso a esta estrada se dá pela Rodovia SP 294, no sentido de Iacanga. Chegando-se ao retorno para Bauru, segue-se para o sentido do Aeroporto Internacional Bauru-Arealva. A partir desse retorno, a Estrada Municipal Murillo Vilaça Maringoni possui um trecho pavimentado, devido ao acesso ao aeroporto. A Figura 8 retrata uma vista parcial do início do trecho não-pavimentado, no km1.

Continuando no trajeto, após passar pelo aeroporto, a estrada torna-se não-pavimentada, permitindo acesso às fazendas de laranja da região até o município de Reginópolis. Sob a tutela da Prefeitura Municipal de Bauru, o trecho possui extensão de aproximadamente 13 km, porém até chegar a Reginópolis, a estrada possui 20 km. Como pôde se observar nas visitas,

não há nenhum marco que identifique onde o trecho pertence a Bauru, portanto a visita agrega os 20 km de estrada. O fim da estrada situa-se também na Rodovia SP 294.



Figura 8 - Início do trecho não-pavimentado – BRU 001.

O trecho foi percorrido nos dois sentidos. Adota-se “ida” o sentido Bauru-Reginópolis e “volta”, o sentido contrário.

5.1.2. Reconhecimento das patologias e coleta de amostras

Foram feitas três visitas a BRU 001. Na primeira, fez-se um reconhecimento do trecho, identificando seu início e seu fim, as fazendas nele situadas e inspecionando as principais patologias encontradas. A segunda visita permitiu a escolha dos segmentos onde seriam coletadas as amostras, elaborando as tabelas de reconhecimento desses segmentos. Finalmente, na terceira

visita, foram coletadas as amostras para ensaios de laboratório e ensaio de massa específica em campo, como ilustram as figuras 9 e 10.



Figura 9 - Coleta de amostras no km 5,0 – BRU 001.



Figura 10 - Coleta de amostras no km 11,3 – BRU 001

Os segmentos escolhidos para retirada de amostras foram os km 1,2, 5,0 e 11,3, sendo que as patologias encontradas nestes locais foram areião, erosão e atoleiro, respectivamente.

5.1.3. Ensaio de Campo e Laboratório

Os ensaios de laboratório realizados foram descritos no capítulo anterior. Na tabela 2, são apresentados os resultados de cada ensaio, de uma forma geral, a fim de comparação entre os solos encontrados. A figura 11 apresenta um gráfico dos valores de mini-cbr em função do teor de umidade, para as fases natural e inundado.

De acordo com a tabela 2, verifica-se que há uma predominância de areia fina em todas as amostras e uma fração maior de areia média na amostra areião. Os valores de teor de umidade ótimo são semelhantes entre si, da ordem de 10%, porém a massa específica aparente seca apresentou menor valor na amostra em que predominava areia média.

Conforme a figura 11, nota-se que as amostras apresentaram comportamento semelhante: valores médios de capacidade de suporte quando as amostras não foram saturadas, porém os valores decrescem rapidamente se inundadas.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de campo e laboratório – BRU 001

Características do solo	PATOLOGIA ENCONTRADA		
	AREIÃO	EROSÃO	ATOLEIRO
Massa específica (g/cm ³)	1,933	2,049	1,995
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)	2,568	2,515	2,639
Teor de umidade (%)	10,18	7,96	6,84
Massa específica aparente seca (g/cm ³)	1,753	1,897	1,871
Areia grossa (%)	0,8	0,4	0,1
Areia média (%)	43,5	40,1	36,9
Areia fina (%)	45,25	41,5	45,45
Silte (%)	1,0	2,5	5,5
Argila (%)	9,45	15,5	12,05
Teor de umidade ótimo (%)	9,7	10,3	9,85
Massa específica aparente seca máxima (g/cm ³)	1,857	1,957	1,894

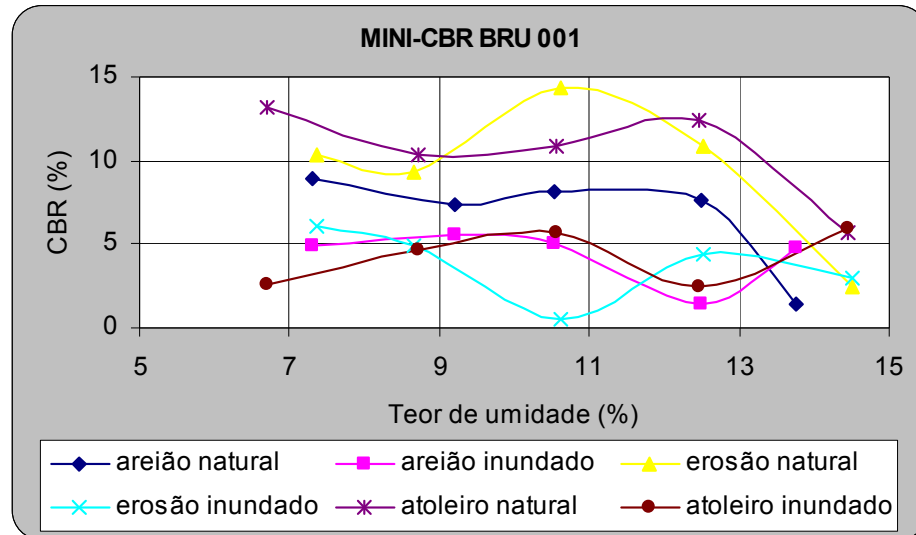


Figura 11 – Valores de mini-cbr natural e inundado – BRU 001

5.2. Estrada BRU 026

5.2.1. Acesso

Para se chegar à BRU 026, segue-se a Rodovia Marechal Rondon (SP 300), no sentido São Paulo, até a saída 342 B para a Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (SP 225), no sentido de Jaú. Na SP 225, haverá outra saída que dá acesso à Universidade Estadual Paulista – UNESP. Após a saída, segue-se sempre à direita, no sentido do Instituto de Pesquisas Meteorológicas – IPMet, do campus da UNESP. Essa avenida, chamada Av. José Sandrin, é pavimentada até o IPMet, sendo depois não-pavimentada e tendo a denominação de Estrada Municipal sem denominação – BRU 026, que dá acesso a Agudos. O trecho sob tutela da Prefeitura Municipal de Bauru possui 2,775 km, porém o percurso totalizou 5 km até o Ribeirão Campo Novo.

5.2.2. Reconhecimento das patologias e coleta de amostras

Foram feitas três visitas a BRU 026. Na primeira, fez-se um reconhecimento do trecho, identificando seu início e seu fim, e inspecionando as principais patologias encontradas. A segunda visita permitiu a escolha dos segmentos onde seriam coletadas as amostras, elaborando as tabelas de reconhecimento desses segmentos. Finalmente, na terceira visita, foram coletadas as amostras para ensaios de laboratório e ensaio de massa específica em campo. Foram escolhidos 2 segmentos para coleta de amostras: um trecho de areião (km1,3), apresentado na figura 12 e outro de atoleiro (km 3,0).



Figura 12 - Areião de Baixada – BRU 026.

5.2.3. Ensaios de Campo e Laboratório

Na tabela 3, apresentam-se os valores encontrados para cada ensaio realizado, nas duas amostras coletadas. A figura 13 ilustra os valores de mini-cbr, nas fases natural e inundado.

Nota-se que, apesar de apresentar valor de massa específica dos sólidos relativamente alto, a amostra areião tem um grau de compactação baixo, apresentando massa específica aparente da ordem de $1,79\text{g/cm}^3$.

De acordo com a figura 13, verifica-se que a amostra areião apresentou os valores mais baixos de capacidade de suporte, tanto nas amostras não-inundadas quanto inundadas, se mantendo quase constante, em valores inferiores a 10%. A amostra atoleiro apresentou maior capacidade de suporte que aquela, porém seus valores ainda são baixos, não ultrapassando 10%. O acréscimo brusco da capacidade de suporte da amostra atoleiro, na fase inundada, foi inesperado. O ensaio de mini-CBR para essa amostra foi refeito, obtendo-se o mesmo resultado.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de campo e laboratório – BRU 026

Características do solo	PATOLOGIA ENCONTRADA	
	AREIÃO	ATOLEIRO
Massa específica (g/cm^3)	1,778	2,027
Massa específica dos sólidos (g/cm^3)	2,714	2,595
Teor de umidade (%)	4,0	12,0
Massa específica aparente seca (g/cm^3)	1,710	1,810
Areia grossa (%)	1,2	8,7
Areia média (%)	60,8	48,3
Areia fina (%)	27,5	30
Silte (%)	7,5	9,0
Argila (%)	3,0	4,0
Teor de umidade ótimo (%)	11,35	10,35
Massa específica seca aparente máxima (g/cm^3)	1,791	1,910

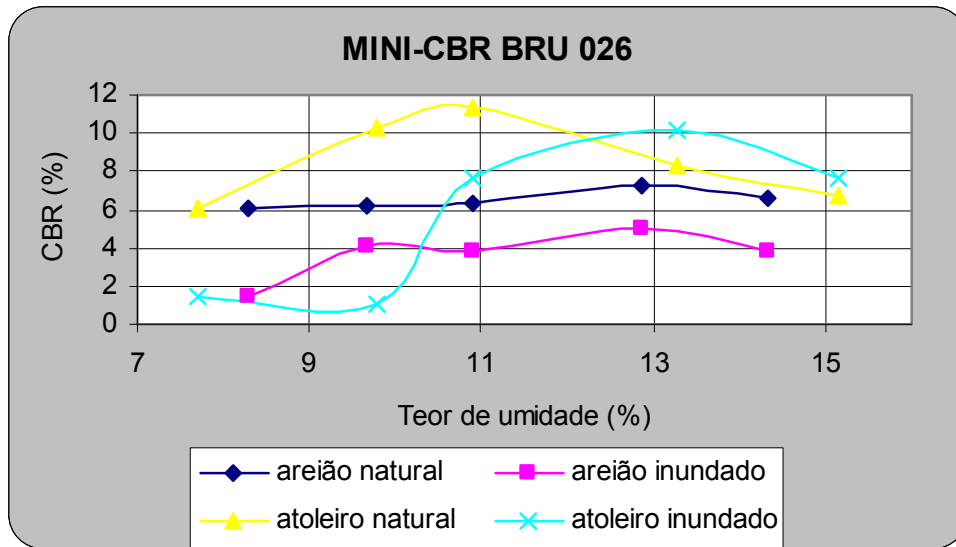


Figura 13 – Valores de mini-cbr natural e inundado - BRU 026.

5.3. Estrada BRU 011

5.3.1. Acesso

Para se chegar à estrada BRU 011, segue a Rodovia Marechal Rondon (SP 300), no sentido Bauru – Pirajuí. Na saída do km 347, acessa-se a Rodovia João Ribeiro de Barros (SP 294), no sentido de Avaí. A estrada BRU 011 é o primeiro trecho de terra encontrado, após o viaduto do Parque Jaraguá. Segundo a SAGRA, na pessoa do Eng. Agrônomo Otaviano Alves Pereira, essa estrada seria a mais importante da região, pois tem responsabilidade social (pelo acesso às escolas e prestação de serviços), cultural (acesso à vida cultural da cidade de Bauru) e econômico (pois Tibiriça é um distrito extremamente rural). Além disso, a estrada margeia a antiga estrada de ferro da Rede Ferroviária Federal, conhecida também como Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, e passa pela Fazenda Val de Palmas, patrimônio histórico da cidade por ser considerada o local de fundação desta. Conforme a relação de estradas rurais do Plano Diretor, a extensão é de 15,121 km, porém o percurso totalizou 16 km.

5.3.2. Reconhecimento das patologias e coleta de amostras

Foram realizadas duas visitas a essa estrada. Na primeira, fez-se o reconhecimento do trecho, identificando seu início e seu fim e seus pontos de referência. Foram escolhidos os pontos de coleta de amostra: um trecho de areião, sendo que sua cor era mais clara, como areia de praia, no km 2,8, como mostra a figura 14 e um trecho de areião, no km 12,3, apresentado na figura 15.



Figura 14 - Vista do primeiro trecho de areião – BRU 011.

5.3.3. Ensaios de Campo e Laboratório

Na Tabela 4, são apresentados os resultados de cada ensaio realizado, para as duas amostras coletadas. A figura 16 apresenta os valores de mini-cbr, para as fases natural e inundada.

Nesse caso, conforme indicado na aludida tabela e na figura 16, a amostra areião claro apresentou valores satisfatórios: grau de compactação alto, porcentagem satisfatória de argila e valores razoáveis de capacidade de suporte.



Figura 15 - Vista do segundo trecho de areião – BRU 011.

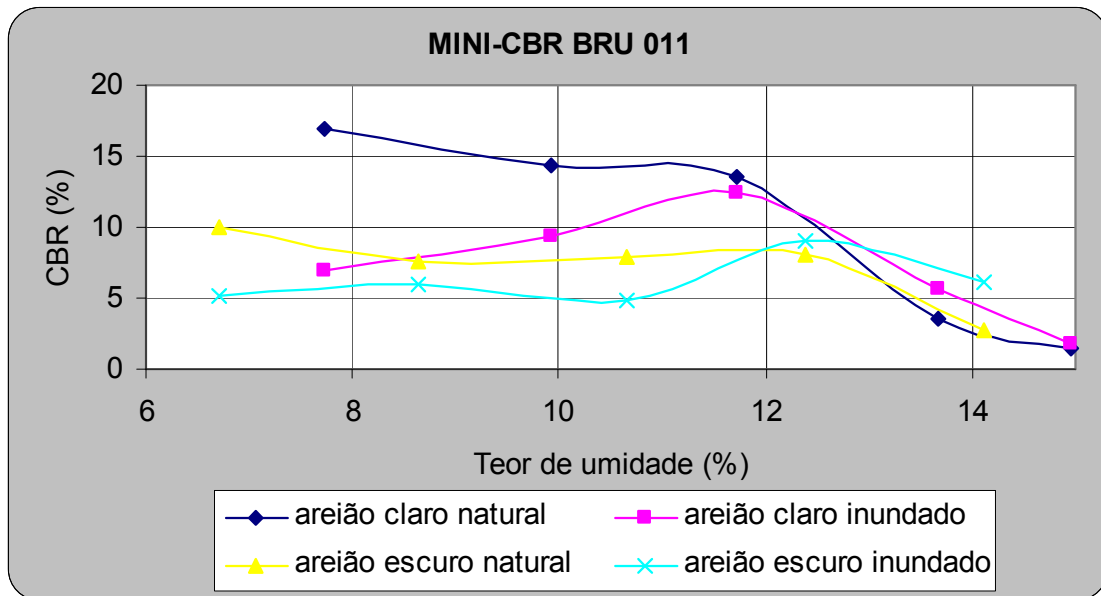


Figura 16 – Valores de mini-cbr natural e inundado – BRU 011.

Tabela 4 - Valores dos ensaios de campo e laboratório – BRU 011

Características do solo	PATOLOGIAS ENCONTRADAS	
	AREIÃO CLARO	AREIÃO ESCURO
Massa específica (g/cm ³)	2,146	2,048
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)	2,476	2,592
Teor de umidade (%)	3,0	4,7
Massa específica aparente seca (g/cm ³)	2,084	1,956
Areia grossa (%)	0,1	0,4
Areia média (%)	21,9	49,6
Areia fina (%)	48,0	37,5
Silte (%)	5,0	4,5
Argila (%)	16,0	9,0
Teor de umidade ótimo (%)	10,7	10,3
Massa específica aparente seca máxima (g/cm ³)	1,955	1,908

Segundo Fortes (2009), solos lateríticos podem apresentar maior capacidade de suporte quando compactados com teores de umidades inferiores ao ótimo. Na amostra de areião claro, foi observado esse comportamento. Viviani e Giachetti (2006), em estudos de classificação do solo realizados com 46 amostras retiradas em 300 km de estradas não-pavimentadas de Bauru, através da metodologia MCT, concluíram que o solo apresenta comportamento laterítico em alguns pontos. Os pontos de coleta de amostras do aludido trabalho são apresentados na figura 17.

Observando a figura 17, nota-se que os pontos de coleta referentes à estrada BRU 011 são os pontos 34, 35, 36 e 42. Segundo Viviani e Giachetti (2006), o solo situado no ponto 34 apresentou comportamento laterítico. Como esse ponto se situa próximo ao início da estrada, pode também estar próximo ao km 2,8, onde foi retirada a amostra de areião claro, indicando, portanto, que esse solo do areião claro pode apresentar também comportamento laterítico, explicando o fato de apresentarem maior capacidade de suporte em teores de umidade inferiores ao ótimo.

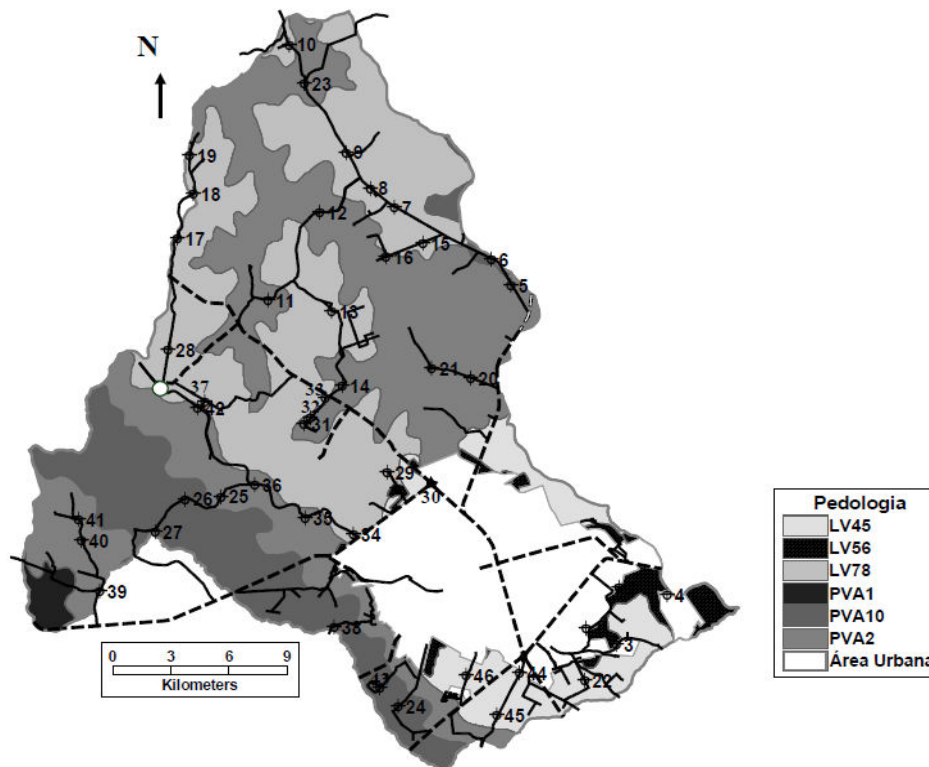


Figura 17 – Pontos de coleta de amostras superficiais em estradas não-pavimentadas de Bauru.
Fonte: VIVIANE & GIACHETTI (2006).

5.4. Análise dos Resultados

Para uma melhor compreensão dos resultados expostos até o item anterior, a tabela 5 apresenta todos os valores obtidos através dos ensaios realizados, para todos os pontos de coleta. A tabela é dividida em índices físicos, granulometria e índices obtidos da compactação.

Tabela 5 – Comparativo entre os resultados dos ensaios realizados.

	BRU 001			BRU 026		BRU 011	
	Areião	Erosão	Atoleiro	Areião	Atoleiro	Areião Claro	Areião Escuro
ρ (g/cm ³)	1,933	2,049	1,995	1,778	2,027	2,146	2,048
ρ_s (g/cm ³)	2,568	2,515	2,639	2,714	2,595	2,476	2,592
w (%)	10,18	7,96	6,84	4,0	12,0	3,0	4,7
ρ_d (g/cm ³)	1,753	1,897	1,871	1,710	1,810	2,084	1,956
e	0,46	0,33	0,41	0,59	0,43	0,19	0,33
S _r	0,562	0,615	0,440	0,185	0,718	0,395	0,375
n	0,32	0,25	0,29	0,37	0,30	0,16	0,25
% areia grossa	0,8	0,4	0,1	1,2	8,7	0,1	0,4
% areia média	43,5	40,1	36,9	60,8	48,3	21,9	49,6
% areia fina	45,25	41,5	45,45	27,5	30,0	48,0	37,5
% silte	1,0	2,5	5,5	7,5	9,0	5,0	4,5
% argila	9,45	15,5	12,05	3,0	4,0	16,0	9,0
W _{ót} (%)	9,7	10,3	9,85	11,35	10,35	10,7	10,3
ρ_{dmax} (g/cm ³)	1,857	1,957	1,894	1,791	1,910	1,955	1,908

Quanto aos índices físicos, a massa específica natural apresentou significativas variações nos pontos de coleta, variando de 1,778 a 2,145 g/cm³, o que indica que, apesar de

serem solos semelhantes, apresentam graus de compactação distintos, assim como o teor de umidade, que variou significativamente em relação aos pontos.

A massa específica dos sólidos apresentou relativa variação entre os solos estudados, variando de 2,476 a 2,714 g/cm³. Bowles (1982) *apud* Ferreira et al (1991) prevê valores de massa específica dos sólidos para areias, que estão na faixa de 2,65 a 2,68 g/cm³. Sendo assim, a maioria dos resultados obtidos se encontra abaixo dessa faixa.

O índice de vazios e a porosidade apresentaram discretas variações, exceto na amostra areião claro da estrada BRU 011, que apresentou valores baixos desses índices, indicando alto grau de compactação em campo.

A figura 18 apresenta a distribuição granulométrica de todas as amostras estudadas. Nota-se que há uma constância entre as amostras analisadas, no que se refere à porcentagem de areia. As porcentagens de silte e argila apresentaram maior diferença entre elas, embora discretas.

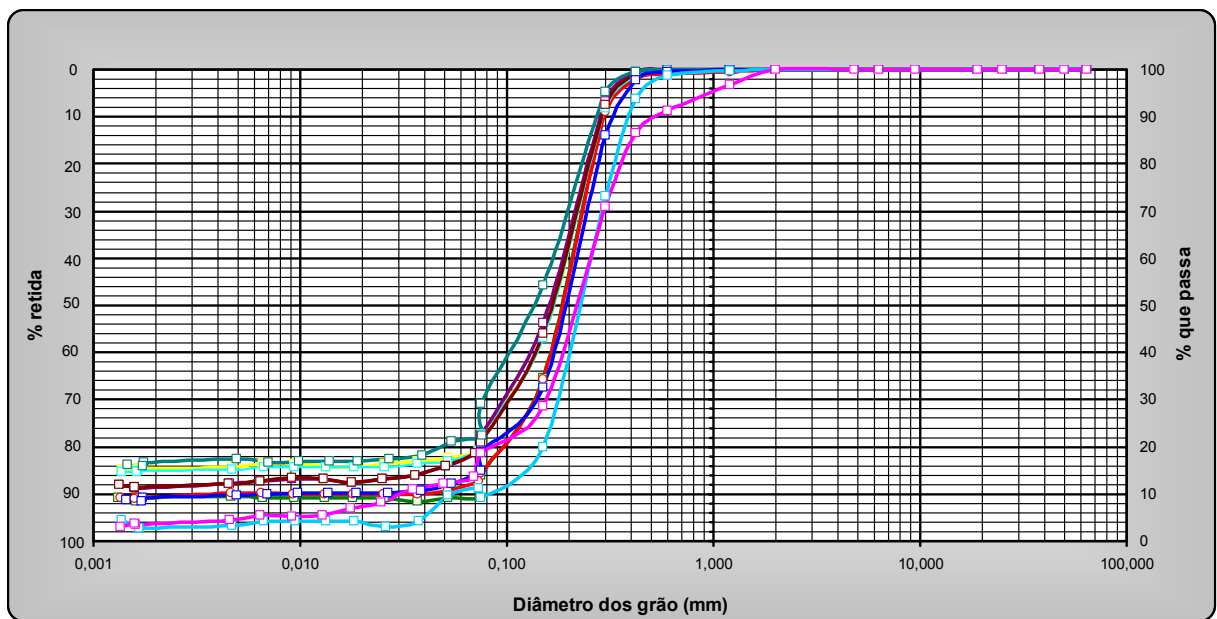


Figura 18 – Gráfico comparativo dos resultados da granulometria conjunta.

As curvas de compactação de todas as amostras são apresentadas na figura 19. Há uma predominância de valores de massa específica seca aparente, na ordem de 1,90 g/cm³. As amostras de areião da estrada BRU 026 apresentaram valores menores que 1,80 g/cm³ e as amostras de areião claro da estrada BRU 011, maiores que 2 g/cm³. Quanto ao teor de umidade

ótimo, os valores se situam na faixa de 10 a 11%. Esses valores são coerentes com valores típicos fornecidos por Vargas (1981) *apud* Ferreira (1991), para solos residuais de arenito.

Todas as amostras, exceto as referentes à estrada BRU 011, apresentaram massa específica seca aparente em campo (ρ_d) menor que $\rho_{d\text{máx}}$, indicando que o solo deve ter sido compactado em campo com um teor de umidade diferente do ótimo. Essa diferença é significativa nos areiões das estradas BRU 001 E BRU 026.

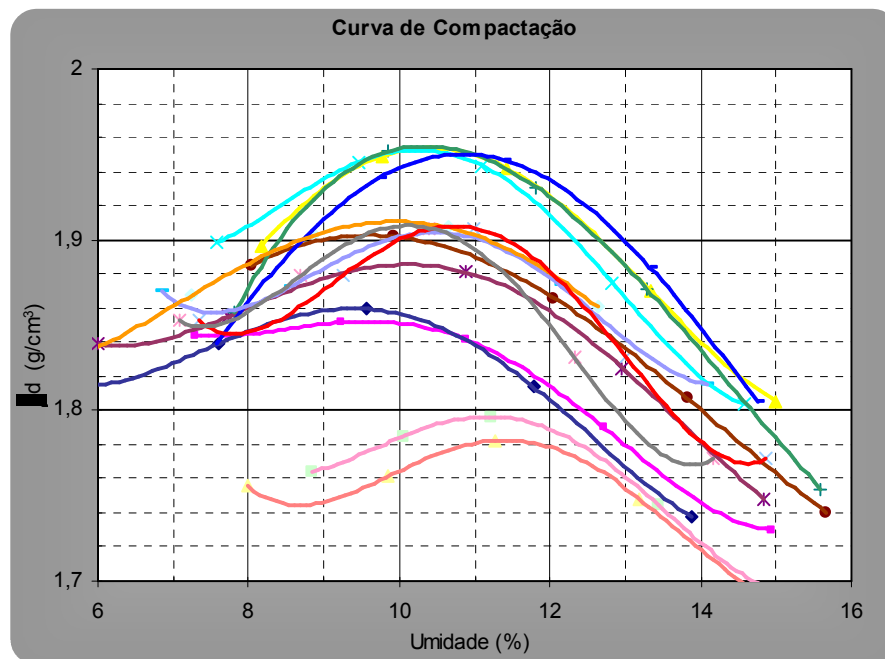


Figura 19 - Gráfico comparativo dos resultados de compactação - proctor normal.

5.5 Mistura

De todos os solos analisados, o que apresentou melhor capacidade de suporte foi a amostra areião claro, da estrada BRU 011. Acredita-se que esse resultado é consequência da maior porcentagem de finos no solo, pois esse é o que apresenta maior porcentagem de argila, com 16%. A presença de argila promove maior interação entre as partículas, além de diminuir os índices de vazios do solo, ocasionando melhor compactação deste.

Em contrapartida, o solo que apresentou o pior desempenho quanto à capacidade de suporte foi a amostra areião, da estrada BRU 026, que, analogamente, possui a menor porcentagem de finos.

O que se propõe neste item é fazer com que o areião da estrada BRU 026 tenha melhora em seu desempenho, adicionando-se finos a ele. Assim, pode-se concluir que, a partir da adição de determinada porcentagem de finos, o solo tem melhor capacidade de suporte. Pode-se também determinar qual a porcentagem máxima de finos adicionada a esse solo que acarreta o melhor valor de capacidade de suporte.

No sentido de se verificar se a maior quantidade de finos aumenta a capacidade de suporte da estrada, escolheu-se um solo da região que apresentasse essa característica.

Assim, o solo escolhido para a mistura é um solo superficial da cidade de Pederneiras, cidade próxima a Bauru, que contém alto grau de finos. A curva e a análise granulométrica desse solo são apresentadas na figura 20. A massa específica desse solo é da ordem de $2,75 \text{ g/cm}^3$. Ensaio de compactação indicaram uma massa específica seca aparente seca máxima de $1,820 \text{ g/cm}^3$, na umidade ótima de 17%.

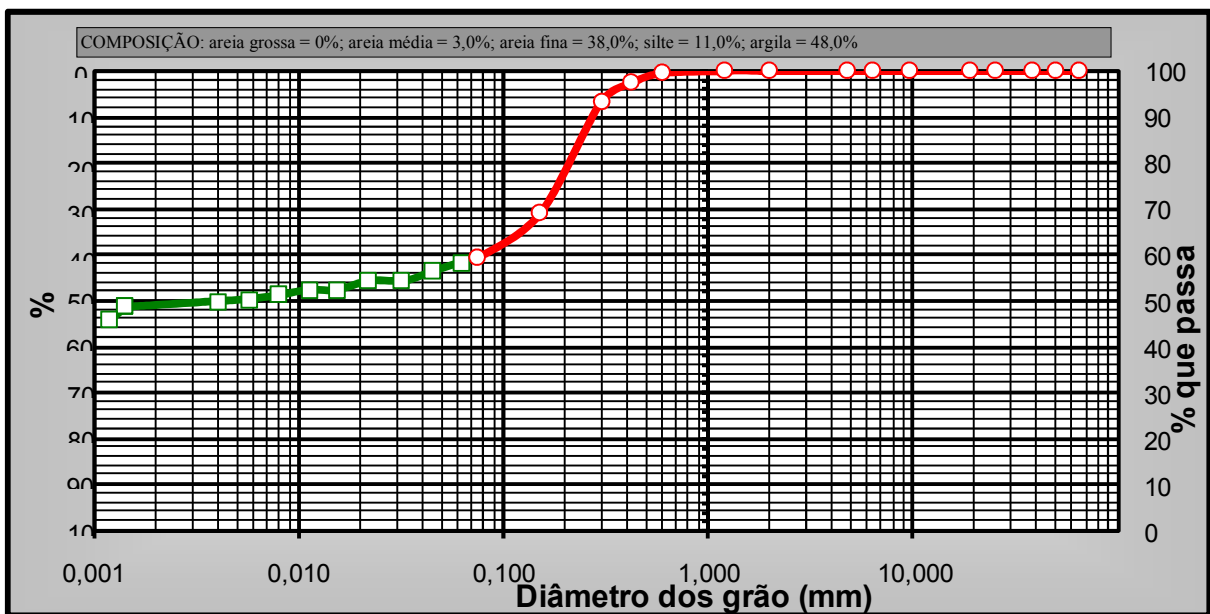


Figura 20 – Análise Granulométrica de solo de Pederneiras.

De início, calculou-se a porcentagem de grãos da mistura se esta contivesse 30% do solo de Pederneiras e 70% do solo da BRU 026, para que a mistura apresentasse 16% de argila, ficando com aspecto semelhante ao areião da estrada BRU 011. Porém, a porcentagem de areia fina ultrapassou 48%. Assim, da mesma forma, calculou-se as porcentagens dos grãos para a proporção 50/50, obtendo-se as curvas granulométricas apresentadas nas figuras 21 e 22. Nota-se que a porcentagem de argila atingiu 26%, contendo mais que o esperado; contudo essa adição de argila ao solo deve melhorá-lo ainda mais.

Deste modo, pôde-se proceder aos ensaios de massa específica dos sólidos, granulometria conjunta e mini-CBR, comparando os resultados com o areião da estrada BRU 011. A mistura, portanto, contém 50% do solo da BRU 026 e 50% do solo de Pederneiras.

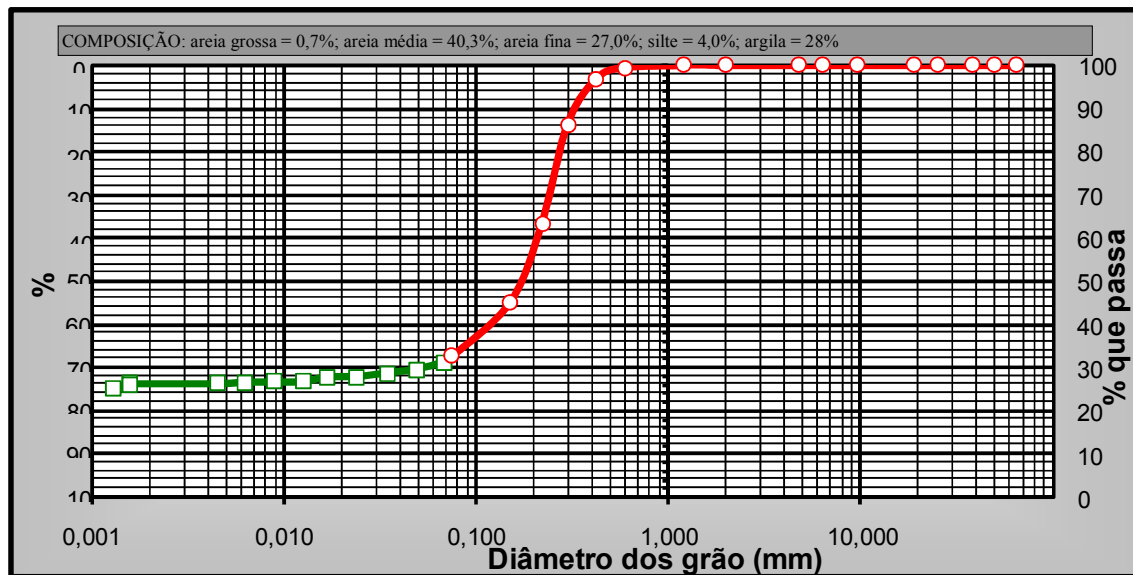


Figura 21 - Curva Granulométrica da mistura – 1º ensaio.

A tabela 6 apresenta os valores para os ensaios de laboratório realizados com a mistura.

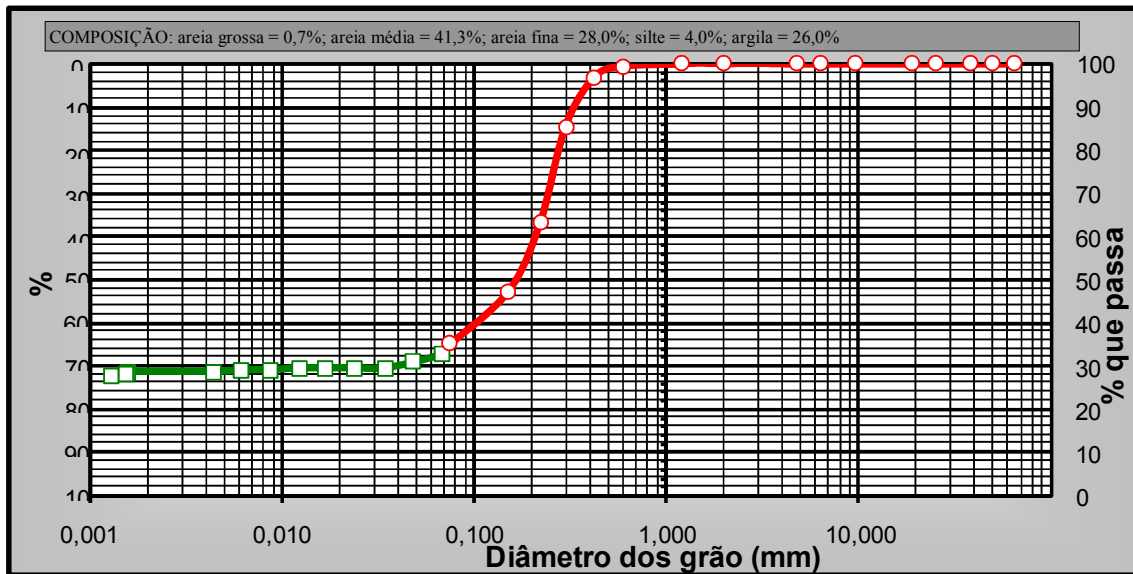


Figura 22 – Curva granulométrica da mistura – 2º ensaio.

Tabela 6 - Valores dos ensaios de campo e laboratório – Mistura.

Características do solo	MISTURA	
	1º ENSAIO	2º ENSAIO
Massa específica dos sólidos (g/cm^3)	2,671	2,642
Teor de umidade inicial (%)	4,13	4,13
Areia grossa (%)	0,7	0,7
Areia média (%)	40,3	41,3
Areia fina (%)	27,0	28,0
Silte (%)	4,0	4,0
Argila (%)	28,0	26,0
Teor de umidade ótimo (%)	10,4	10,8
Massa específica seca aparente máxima (g/cm^3)	2,035	2,021

Comparando-se os valores das tabelas 3 e 6, a mistura apresentou um aumento significativo da massa específica seca aparente em relação ao solo da BRU 026, embora o teor de

umidade ótima se mantivesse praticamente o mesmo. Esse aumento se deve, principalmente, ao preenchimento dos vazios entre as partículas de areia com partículas de argila.

As figuras 23 e 24 apresentam dois gráficos comparativos do desempenho das amostras areião, da BRU 026 e da mistura, quanto à capacidade de suporte.

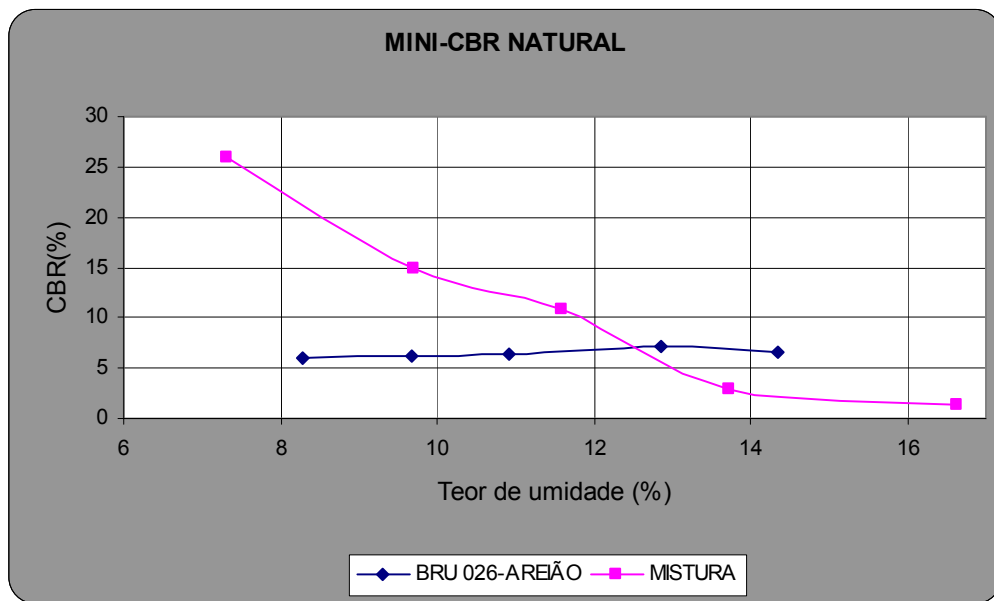


Figura 23 - Gráfico comparativo dos valores de mini-cbr em função do teor de umidade para as amostras areião-BRU 026 e mistura, naturais.

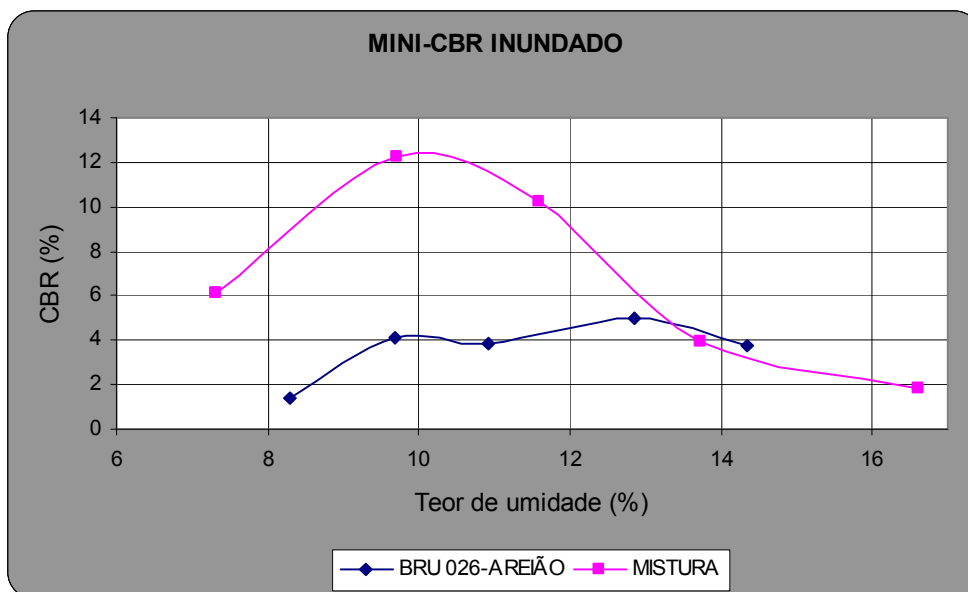


Figura 24 - Gráfico comparativo dos valores de mini-cbr em função do teor de umidade para as amostras areião-BRU 026 e mistura, inundadas.

Essas figuras permitem verificar um aumento significativo da capacidade de suporte do solo da amostra areião, localizada na BRU 026, principalmente quando o solo foi previamente compactado na umidade ótima e se encontra saturado, o que seria a pior condição para o solo. O valor de CBR passou de 4% para um valor superior a 12%, somente com a adição de material mais fino.

Vale ressaltar que esse material está disponível em áreas próximas à cidade de Bauru, portanto essa medida não encareceria demasiadamente os custos de manutenção de tal estrada.

6. CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios realizados permitem verificar a tendência de um solo arenoso, com 85% de areia, 10% de argila e 5% de silte, em média.

As principais patologias encontradas foram: areiões, situados geralmente em partes mais baixas do terreno, indicando transporte de sedimentos; e atoleiros, advindos principalmente pela falta de um sistema de drenagem nessas vias.

O solo de Bauru, com as características encontradas, é suscetível a processos erosivos, como o encontrado na estrada BRU 001.

Os ensaios indicaram que, na amostra areião claro da estrada BRU 011, uma maior capacidade de suporte é alcançada com teores de umidade menor que a ótima, evidenciando o comportamento laterítico desse solo.

A adição de material fino na amostra areião da estrada BRU 026 permitiu verificar uma melhoria na capacidade de suporte desse solo, comparando os resultados do ensaio de mini-CBR antes e após a adição.

7. SUGESTÕES DE CONTINUIDADE

Para continuidade desse trabalho, sugere-se que outras misturas, com outros solos próximos à região, sejam estudadas, surgindo novas opções para a melhoria da capacidade de suporte e rodagem dos trechos.

A partir dessa e de novas misturas que poderão surgir, pode-se executar uma simulação do efeito do tráfego nesses novos solos, para verificar se realmente há melhoria.

Outra proposta seria verificar, através de ensaios de mini-cbr, qual a porcentagem máxima de argila e silte que fornece a maior capacidade de suporte que se pode alcançar pela adição de finos. Com esse valor, pode-se fazer uma estimativa de custos dessa melhoria.

Espera-se que esse trabalho possa incentivar os órgãos responsáveis a repensar a manutenção dessas estradas, para que, com medidas simples como uma mistura com um solo próximo da cidade, pode contribuir efetivamente para o melhor desempenho dos trechos prejudicados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457/86**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508/84**: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica dos sólidos. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182/86**: Ensaio de compactação – Energia normal.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9813/87**: Determinação da massa específica aparente *in situ* com o emprego do cilindro de cravação. Rio de Janeiro, 1987.

BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L. R. **Estradas Rurais**: Técnicas Adequadas de Manutenção. Florianópolis: DER/SC, 2003, 236 p.

BOWLES, J. E. **Foundation Analysis and Design**. 3^a. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1982, 816 p *apud* FERREIRA, C. V. *et al.* Características Geotécnicas do Solo Residual de Arenito da Cidade de Bauru – SP. In SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS – II SEFE, 2º, 1991, São Paulo, SP. **Anais**. São Paulo: ABMG, p. 133-142.

CARMO, A. J. Plano de microbacias ajuda a conservar estradas rurais. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, Mar. 2000. Suplemento Agrícola. Disponível em: <<http://www.estado.estao.com.br/jornal/suplem...08/agri305.html>>. Acesso em 20 jan. 2007.

CHAVES, C. R. **Curso de Conservação de Rodovias**. In II Simpósio de Conservação de Rodovias, 1965, São Paulo, SP. **Anais** *apud* ODA, S. **Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas não-pavimentadas**. 1995, 186 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.

CREA-SP & IBAPE-SP. **Manual do Proprietário – A Saúde dos Edifícios**. São Paulo: Exata Editora & Produção Gráfica LTDA, 1998.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Conservação Rodoviária**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2005, 564 p.

GRIELBER, N. P., **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas**. 2002, 121p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2002.

FERREIRA, Fábio Mutti. **Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada Não-Pavimentada**. 2004, 222 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

FORTES, R. M.. Capacidade de Suporte CBR: notas de aula. Disponível em: http://meusite.mackenzie.com.br/rmfortes/estradas2/4_CAPACIDADE_DE_SUPORTE_CBR.pdf. Acesso: 11 maio 2009.

HELENE, Paulo. Prefácio. In: SILVA, P.F.A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. São Paulo: PINI, 2005, p. 4-5.

LIAUTAUD & FAIZ. **Factors Influencing the transferability of Maintenance Standards for Low-Volume Roads**. Transportation Research Board 1434. 1994, p. 73-76

NUNES, T.V.L. **Método de Previsão de Defeitos em Estradas Vicinais de Terra com Base no Uso das Redes Neurais Artificiais: Trecho de Aquiraz – CE**. 2003, 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003 *apud* CRUZ, A. V. **Estradas Vicinais: Abordagem Pedológica, Geotécnica, Geométrica e de Serventia de Dois Trechos Rodoviários Não-Pavimentados no Campus da UFV – MG**. 2005, 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.

ODA, S. **Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas não-pavimentadas**. 1995, 186 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.

SANTOS, A. R.; PASTORE, E. L.; AUGUSTO JR, F.; CUNHA, M. A. **Estradas Vicinais de Terra: Manual Técnico para Conservação e Recuperação**. 2ª. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1988, 125 p.

SANTOS, C. R. G.; VIVIANI, E. . Caracterização geotécnica do solo de algumas estradas rurais não pavimentadas de um município do Brasil. In: 8º Congresso Nacional de Geotecnia da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, 2002, Lisboa, Portugal, 2002. **Anais**.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos**. 2ª edição. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981, 509 p. *apud* FERREIRA, C. V. *et al*. Características Geotécnicas do Solo Residual de Arenito da Cidade de Bauru – SP. In SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE

FUNDAÇÕES ESPECIAIS – II SEFE, 2º, 1991, São Paulo, SP. **Anais**. São Paulo: ABMG, p. 133-142.

VIVIANI, Eliane. **A utilização de um Sistema de Informação Geográfica como auxílio à gerência de manutenção de estradas rurais não-pavimentadas**. 1998, 292 p. Tese (Doutorado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

VIVIANI, E. ; GIACHETTI, H. L. Caracterização dos Solos do Município de Bauru a Partir de Sistemas de Classificação Para Solos Tropicais. In XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 8., 2006, Curitiba. **Anais Cobramseg'2006**, v. 1, p. 47-52.

VIVIANI, E. ; RAMOS, R. A. R. Proposta de Indicadores para Suporte à Decisão em Gerência de Vias Não-pavimentadas. In PLURIS 2006 – Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável, 2006, Braga, Portugal. **Anais**.

VIVIANI, E. ; PASQUA, K.B.S. ; SANTOS, C. R. G. . Propriedades dos solos de estradas rurais não pavimentadas de um município do Brasil. In: XVI CAMSIG - Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingenieria Geotécnica, 2002, Trelew. CD-ROM, 2002.