

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ARGILOSOS RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM ADIÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES PARA EXECUÇÃO DE SUB-BASE DE PAVIMENTAÇÃO

Fred Belmonde Ceccon¹
Greice Kelly Menegussi²
Josiel Marré Milanez³
Júlio César Rodrigues⁴
Renata Damaceno de Almeida⁵
Felippe Toledo Antunes⁶

RESUMO

A pavimentação de rodovias contribui para o desenvolvimento das cidades, melhorias no transporte de pessoas e cargas. O tráfego em rodovias em más condições gera para os usuários alto custo operacional e riscos. Atualmente o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo (DER-ES) é o órgão com objetivo de executar os serviços de pavimentação, conservação e recuperação nas rodovias estaduais. Todos esses serviços requerem a utilização de matéria prima natural. A consciência a finitude de nossos recursos naturais gera a necessidade da preservação do meio ambiente e redução dos impactos ambientais. Reciclar é contribuir com o meio ambiente, trazendo benefícios como a economia de matéria-prima e de valores. Diante disto, vislumbrou-se a possibilidade do uso de materiais reciclados da construção civil, derivados da argila para execução da sub-base do pavimento a ser executado.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem de entulhos. Execução sub-base. Construção civil.

ABSTRACT

The asphalt road paving contributes to the cities 'improvement in regard of people and cargo transportation. Traffic on roads under poor condition generates high operational costs and are risky. Nowadays, the Road Department of Espírito Santo (Departamento de Estradas de Rodagem-ES) is the state department in charge of running paving services, road conservation and repair. All of these services need natural raw material. Constraints to that are the limited resources supplied by nature and currently natural environmental preservation. Taking in account that recycling contributes to the environment preservation by combining decrease of raw material use and cost reduction, this article propose the use of recycled materials from civil construction and also derivatives of clay to serve as first option for subfloor pavement preparation.

KEY-WORDS: Rubble Recycling. Subfloor Pavement. Civil Construction.

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Multivix - Nova Venécia.

² Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Multivix - Nova Venécia.

³ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Multivix - Nova Venécia.

⁴ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Multivix - Nova Venécia.

⁵ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Multivix - Nova Venécia.

⁶ Professor orientador. Professor da Faculdade Multivix - Nova Venécia.

1 INTRODUÇÃO

Um dos impactos ambientais ligado à construção civil é a geração de resíduos sem sua devida destinação final. Segundo Pucci (2006, p. 09), “o manejo dos resíduos da construção civil (RCC) enfrenta o problema de limpeza e recolhimento dos RCC, depositados em locais inapropriados, como áreas públicas, canteiros, ruas, praças e margens de rios.”

Atualmente, a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (Abrecon), representa o setor de reciclagem de entulho do Brasil, sendo 30 (trinta) empresas associadas.

Além dos benefícios quanto aos impactos ambientais, existe o benefício financeiro. Segundo Engenheiro Civil Pierre Ziade, vice presidente da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (Abrecon), a utilização de resíduos reciclados na construção de novas obras tem em média 30% de economia.

A presente pesquisa tem como foco o estudo da utilização de resíduos argilosos reciclados provenientes da construção civil, como agregado para sub-base de pavimentação, que por sua vez, é a camada granular de pavimentação executada sobre o subleito ou reforço de subleito devidamente compactado e regularizado (DNER- ES 301/97). Isto posto, pretendemos analisar soluções que busquem o combate aos impactos ambientais, diminuindo assim, a utilização de matéria prima natural, e conseqüentemente sendo economicamente favorável o uso dos materiais reciclados.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA

A grande quantidade de resíduos gerados pela construção civil demanda soluções para menores impactos ambientais, como a reciclagem dos entulhos para a utilização de serviços dentro da construção civil.

Em obras de pavimentação a utilização dos resíduos reciclados tem a vantagem quanto à aquisição do material, onde se encontra locais de venda. Já para o uso de material natural, de acordo com a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº.05 DE 09 DE AGOSTO DE 2010 (p.06), instrui no inciso XI do art. 6º “As condições para utilização de jazidas de empréstimo”, são elas:

- a. Estar previstas no processo de licenciamento da atividade fim, indicando coordenadas, características e demais informações pertinentes;
- b. Estar previamente autorizada pelos proprietários do terreno, sendo arquivada pelo executor das obras cópia de anuência por escrito;
- c. Respeitar as Áreas de Preservação Permanente (APP's), sem exceções, e não realizar supressão de vegetação nativa primária ou secundária em estágio médio e avançado de regeneração, ainda que haja autorização do órgão competente;
- d. Prever recuperação da área, promovendo recomposição topográfica do terreno, revegetação de todo o solo exposto, recuperação/estabilização de taludes, instalação de estruturas de drenagem (quando necessárias);
- e. Observar o Decreto-Lei nº. 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), o Decreto Federal Nº 3.358, de 02 de fevereiro de 2000 e a Portaria DNPM Nº 441, de 11 de dezembro de 2009, quanto ao registro é a dominialidade do bem mineral utilizado.

Diante disto, percebemos que a utilização do material reciclado tende a ser mais viável quanto ao processo de aquisição quanto ao material natural.

O presente estudo pretende trazer incentivos para utilização de resíduos reciclados da construção civil em obras de rodovias, demonstrando as análises dos resultados dos ensaios feitos em laboratório em conformidade de normas que garante a possibilidade do seu uso.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A presente pesquisa delimita-se o estudo de traço para execução da camada sub-base, utilizando resíduos argilosos reciclado da construção civil com adição de brita graduada simples (Uma mistura de britas com variados tamanhos com faixa granulométrica entre 2,36 mm a 31,5 mm). Os materiais do estudo serão submetidos a ensaios no laboratório de solos e demonstrados seus resultados.

1.3 PROBLEMA DA PESQUISA

A pavimentação de rodovias é benéfica quanto a melhorias de acessos a localidades, gerando menos custos quanto ao transporte. Uma rodovia não pavimentada gera dificuldades de acessos e transportes de cargas e pessoas.

Pavimentar uma rodovia requer o uso de grandes volumes de matéria prima, como argila, britas, areia, entre outros agregados. Diante disso pensamos sobre reutilizar os resíduos provenientes da construção civil na execução de sub-base se pavimentação.

Posto isso, surge o seguinte questionamento: **Como será comprovada a possibilidade do uso dos resíduos reciclados da construção civil para execução de sub-base de pavimentação?**

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GERAL

Desenvolver a montagem do traço e a determinação de ensaios para análise quanto à possibilidade de uso de resíduos argilosos reciclados da construção civil com a adição de brita graduada simples para execução de sub-base de pavimentação.

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Fazer a coleta do material reciclado e da brita natural.
- Montar o traço e fazer os ensaios laboratoriais.
- Demonstrar os resultados dos ensaios, para análise da possibilidade do uso do material reciclado para sub-base.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente pesquisa é experimental e bibliográfica, os materiais a serem utilizados nesta pesquisa foram submetidos a ensaios no laboratório de solos que comprove se é possível sua utilização.

A sub-base é uma das camadas do pavimento executada após a regularização do sub-leito, antecede a base do pavimento. Os materiais que geralmente são utilizados na

sub-base são solos, mistura de solos e materiais britados, e escória. (DNER-ES 301/97).

As normas técnicas que usamos como base para os ensaios são a DNER-ES 301/97, DNER-ME 080/94, DNER-ME 82/94, DNER-ME 122/94, DNER-ME 49/94, DNER-ME 129/94.

As coletas dos materiais usados no traço em estudo são de duas empresas particulares. O resíduo argiloso reciclado fornecido pela empresa “Natureza Viva Reciclagem”, localizada na cidade de Vila Velha, ES. A brita graduada simples fornecida pela empresa “M C L Mineração Colúmbia”, localizada na cidade de Nova Venécia, ES. Os ensaios foram realizados no laboratório da empresa Concremat Engenharia, localizada na cidade de Nova Venécia, ES.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O problema quanto à demanda de resíduos da construção civil e sua destinação são de alguns anos atrás. De acordo com Pinto (1992, p. 21), “a enorme quantidade de resíduos produzida pela indústria da construção civil tem sido notícia frequente porque vem há tempos causando sérios problemas urbanos, sociais e econômicos”.

Na atualidade continua o mesmo problema, com novas construções sendo realizadas, ocorrências de demolições, gerando assim resíduos. O problema persiste se não houver alternativa de reutilização desse resíduo da construção civil.

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos pode ser considerado um dos maiores desafios a ser enfrentado pelos governos municipais, responsáveis por esta atividade. A inexistência de um gerenciamento dos resíduos sólidos, principalmente na etapa de destinação final, tem colaborado para o incremento da poluição ambiental e contribuído de forma importante para o agravamento de diversas doenças que podem acometer a população (GÜNTHER, 1999, p. 607).

Obras de pavimentação requer o uso de grande volume de matéria prima natural, a utilização de resíduos reciclados na substituição desta matéria prima, tem benefícios quanto ao meio ambiente e melhorias quanto ao gerenciamento de resíduos. Na maioria das vezes o resíduo é descartado em aterros sem licenciamento ambiental ou em outros lugares expostos, entendendo que este resíduo pode ser reutilizado e contribuindo para o meio ambiente e gerando economia na obra.

Uma alternativa que sugerimos seria a possibilidade de incentivo por parte do governo, quanto à abertura de mais empresas de reciclagem de entulhos. E também a utilização de resíduos reciclados em obras do governo.

“O entulho serve para substituir materiais normalmente extraídos de jazidas ou pode se transformar em matéria-prima para componentes de construção, de qualidade comparável aos materiais tradicionais” (VAZ, 2001, p. 07).

Nesta pesquisa temos como objetivo a análise que faremos através de ensaios laboratoriais a possibilidade de substituição da argila (matéria prima natural), para o material reciclado argiloso na execução de sub-base de pavimentação.

Para JOHN & AGOPYAN (2002, p. 26) “frações compostas de solo misturado a materiais cerâmicos e teores baixos de gesso, podem ser recicladas na forma de sub-base e base para pavimentação”.

Segundo a norma DNER-ES 301/97 (p. 3) o material utilizado para execução de sub-base estabilizada granulometricamente deve apresentar ensaios feitos em laboratório de solos conforme os seguintes resultados:

- Índice de grupo (IG) igual à zero;
- Ensaio granulométrico, a fração retida na peneira nº 10 (2,00 mm) deve ser constituída de partículas duras, isentas de fragmentos moles, material orgânico ou outras substâncias prejudiciais;
- Índice de Suporte Califórnia (ISC) ≥ 20 ;
- Expansão $\leq 1,0\%$;
(DNER-ES 301/97)

O índice de grupo se refere à classificação do solo, baseado no sistema Highway Research Board (H.R.B). “Empregado na engenharia rodoviária em todo o mundo, proposto pelo Bureau of Public Roads e revisto pelo HRB (1945). Normalizado pela AASHTO M145 (1973)”. Segundo a HRB classifica o índice de grupo como “um número inteiro que varia de 0 (solo ótimo quanto a capacidade de suporte) a 20 (solo péssimo quanto a capacidade de suporte)”.

O cálculo para encontrar o valor de Índice de Grupo (IG) é através da formula:

$$IG = (F - 35)[0,20 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(IP - 10)$$

F= porcentagem de material que passa na peneira #200 (0,075 mm).

LL= Porcentagem de umidade entre o estado líquido e plástico.

IP= Porcentagem da diferença entre os limites de liquidez e de plasticidade.

O ensaio granulométrico para solos é regido pela norma DNER-ME 080/94, por várias peneiras com malhas diferentes, onde em cada peneira fica retida uma porcentagem da amostra do solo que está sendo ensaiado.

Índice de Suporte Califórnia (ISC) é um método que determina a resistência do solo, quanto maior o ISC, maior a resistência do solo. O ensaio é feito em três etapas, sendo elas, compactação do solo no molde de corpo de prova (Figura 2), permanência do molde submerso a água por quatro dias medindo sua expansão (Figura 4), e medida da resistência obtida por uma prensa (Figura 5).

4 RESULTADOS

Em obras de pavimentação todas as camadas do pavimento devem ser executadas conforme normas, evitando patologias posteriores. No nosso estudo do presente trabalho, os ensaios foram realizados conforme a norma DNER-ES 301/97 que rege a execução de sub-base estabilizada granulometricamente. Segundo a norma citada, os materiais utilizados para o serviço “são solos, misturas de solos, misturas de solos e materiais britados, escória ou produtos totais de britagem”.

O material usado neste estudo foram o resíduo argiloso reciclado da construção civil misturado com brita graduada simples. O traço que utilizamos em estudo foi o mesmo executado na Reabilitação da Rodovia ES – 430, que liga Jaguaré a Água Limpa. A mistura de argila 70% e brita graduada 30%, onde no estudo fizemos a substituição argila por resíduos argilosos reciclados, determinando a mistura de resíduos argilosos reciclados 70% e brita graduada 30%.

Os ensaios realizados foram, compactação, índice de suporte califórnia e caracterização. E estes realizados em três amostras e retirado a média dos valores. Relatamos abaixo as informações dos ensaios.

- Índice de grupo (IG): **0,00**
- No Ensaio granulométrico, a fração retida na peneira nº 10 (2,00 mm) foi constituída de partículas duras, isentas de fragmentos moles, material orgânico ou outras substâncias prejudiciais. (Figura 4)
- Índice de Suporte Califórnia (ISC): **65,00 (%)**
- Expansão: **0,17 (%)**

Segundo a norma que rege sobre a execução de sub-base, a DNER-ES 301/97, os resultados citados demonstram a possível utilização dessa mistura em estudo para sub-base. Diante disto, comprovamos que a reciclagem de entulhos da construção civil pode ser utilizada para obras de pavimentação. Deste modo contribuindo para o meio ambiente, e dando destinação correta para os resíduos da construção civil.

Demonstramos abaixo fotos e os resultados dos ensaios realizados no laboratório de solos.



Figura 1: Mistura do material. (Fonte: acervo dos autores)



Figura 2: Compactação manual com cinco camadas, obtido 26 golpes cada camada. (Fonte: acervo dos autores)



Figura 3: Fração retida na granulométrica peneira nº 10. (Fonte: acervo dos autores)

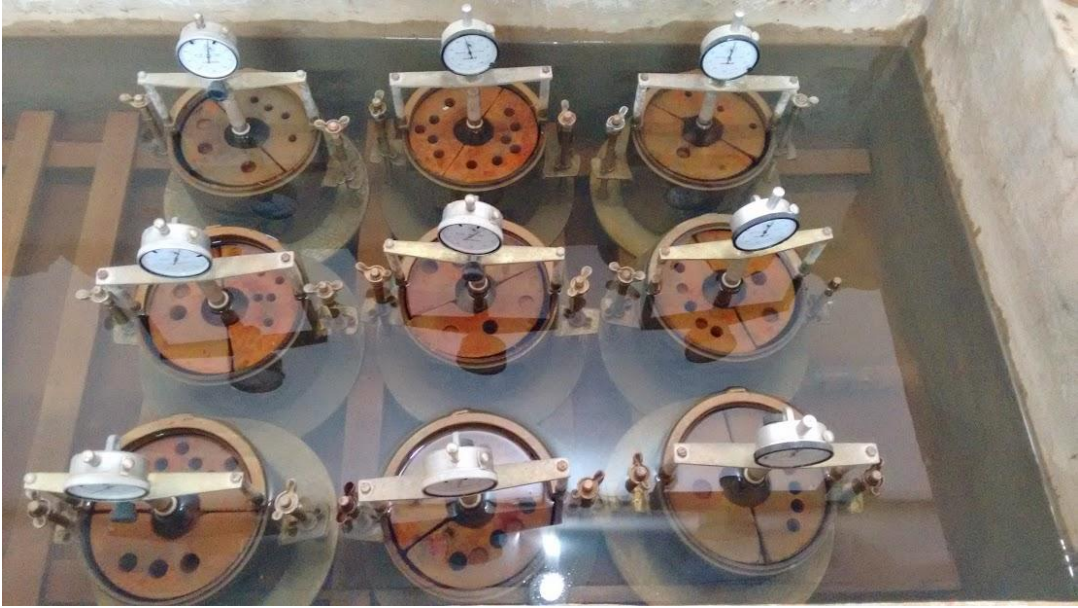


Figura 4: Moldes submersos na água por quatro dias e medição da expansão. (Fonte: acervo dos autores)



Figura 5: Rompimento do Índice de Suporte Califórnia. (Fonte: acervo dos autores)



Figura 6: Empresa MLC Colúmbia - (Fonte: acervo dos autores)



Figura 7: Empresa Natureza Viva – (Fonte Site Natureza Viva, acesso em 18/08/2016)

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS: Sugestão do Highway Research Board-HRB adotada pela AASHTO

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Peneiração: % que passa:											
Nº 10	50 máx.		51 mín.								
Nº 40	30 máx.	50 máx.	10 máx.								
Nº 200 (p)	15 máx.	25 máx.		35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40											
Limite de Liquidez - LL (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade IP (%)		6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Figura 8: Tabela classificação de solos – (Fonte www.cct.udesc.br, acesso em 18/08/2016)

Ensaio Realizados

ALUNOS	Fred Belmonde Ceccon, Greice Kelly Menegussi, Josiel Marré Milanez, Júlio César Rodrigues e Renata Damaceno de Almeida
PROJETO:	Integrador II
ENSAIO :	Sub-base
ESTUDO :	Utilização de resíduos argilosos reciclados da construção civil com adição de brita graduada simples para execução de sub-base de pavimentação.
AMOSTRA:	70% Resíduo argiloso reciclado / 30% Brita graduada simples (BGS)
EMPRESA 01:	Natureza Viva Reciclagem
EMPRESA 02:	M C L Mineração Colúmbia
LABORATORISTA :	Alessandro da Silva

Figura 10: Informações dos ensaios. (Fonte: acervo dos autores)

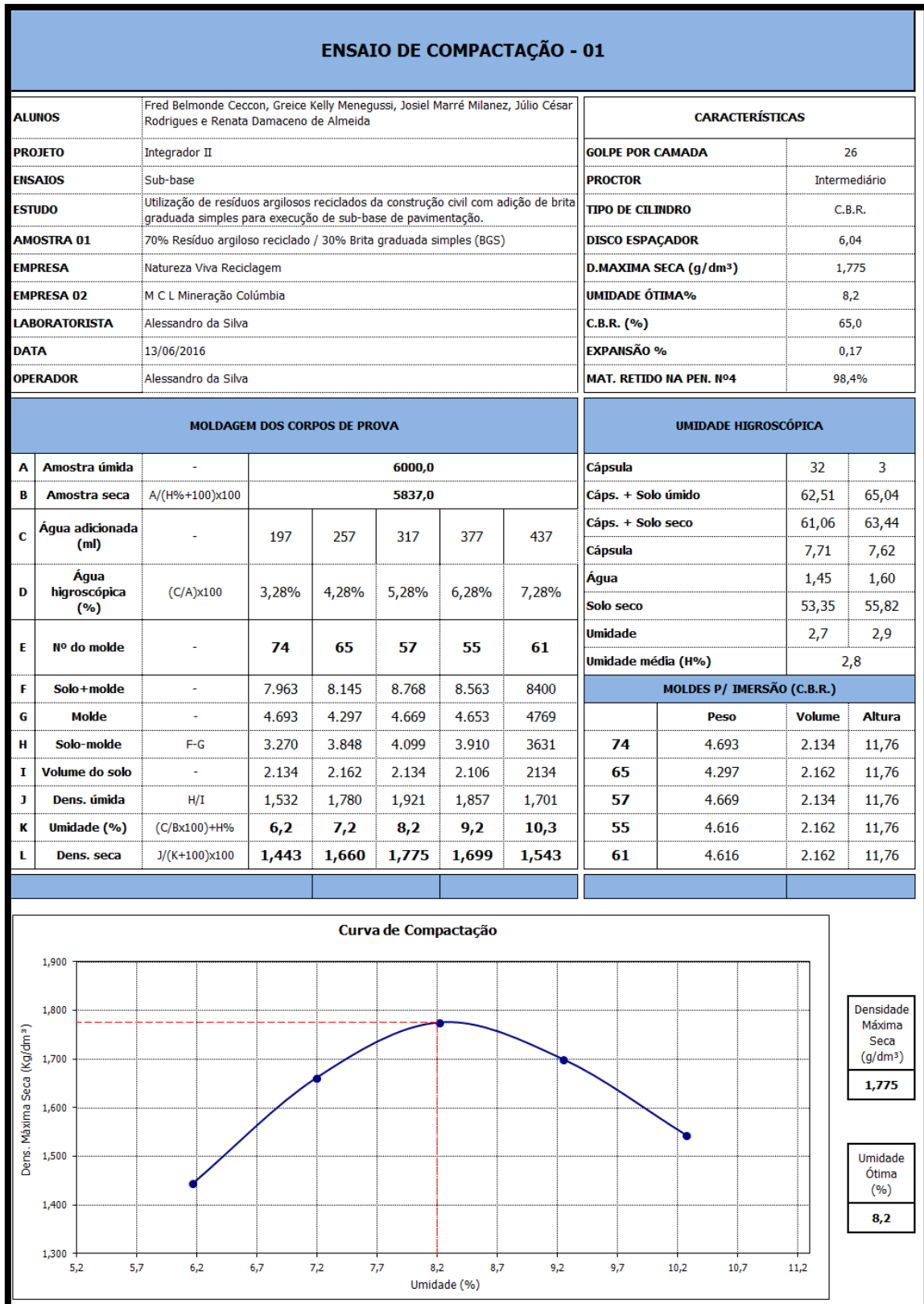


Figura 11: Resultado de Ensaio de compactação. (Fonte: acervo dos autores)

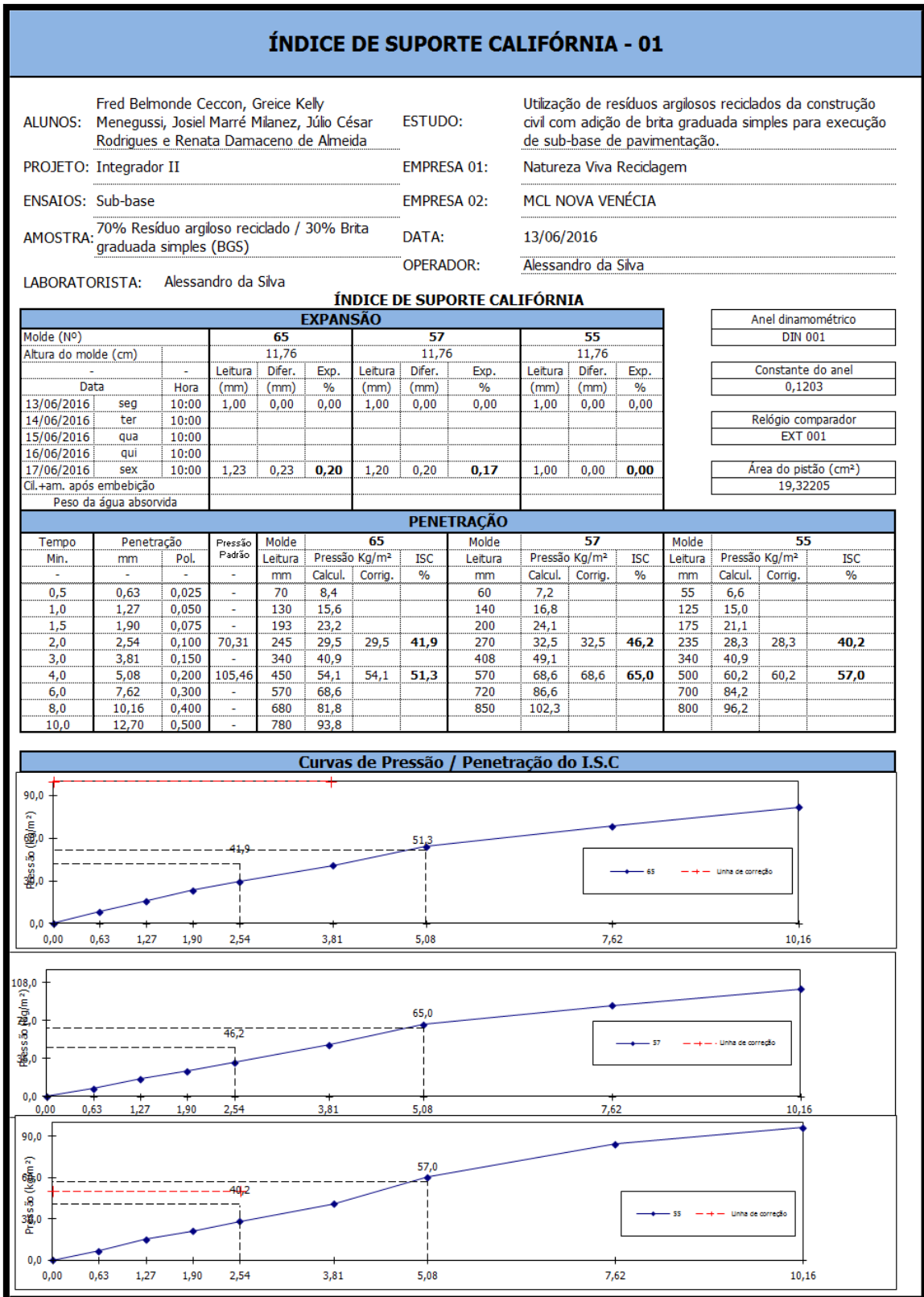


Figura 12: Resultado de Índice de Suporte Califórnia (ISC). (Fonte: acervo dos autores)

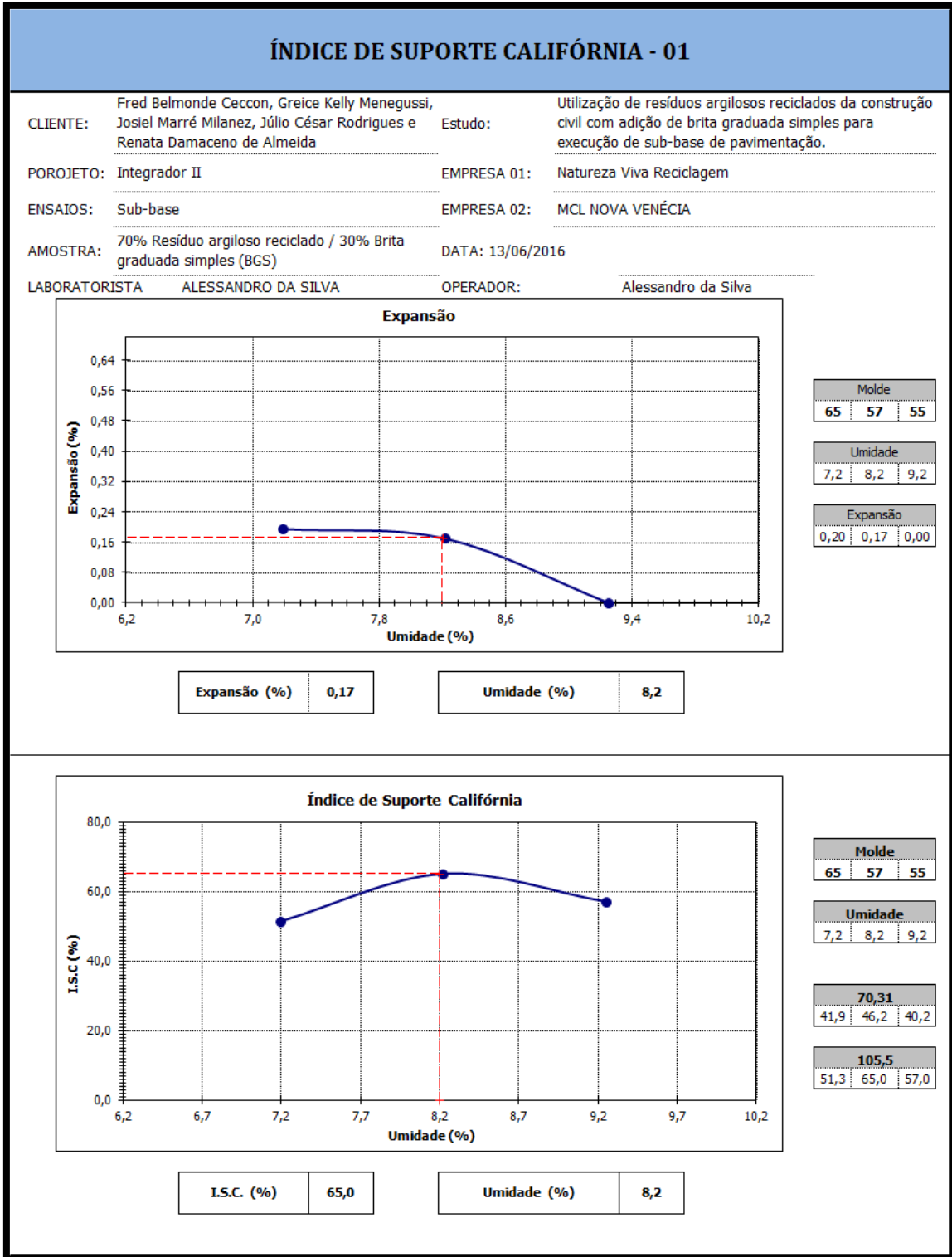


Figura 13: Gráfico de resultado de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão. (Fonte: acervo dos autores)

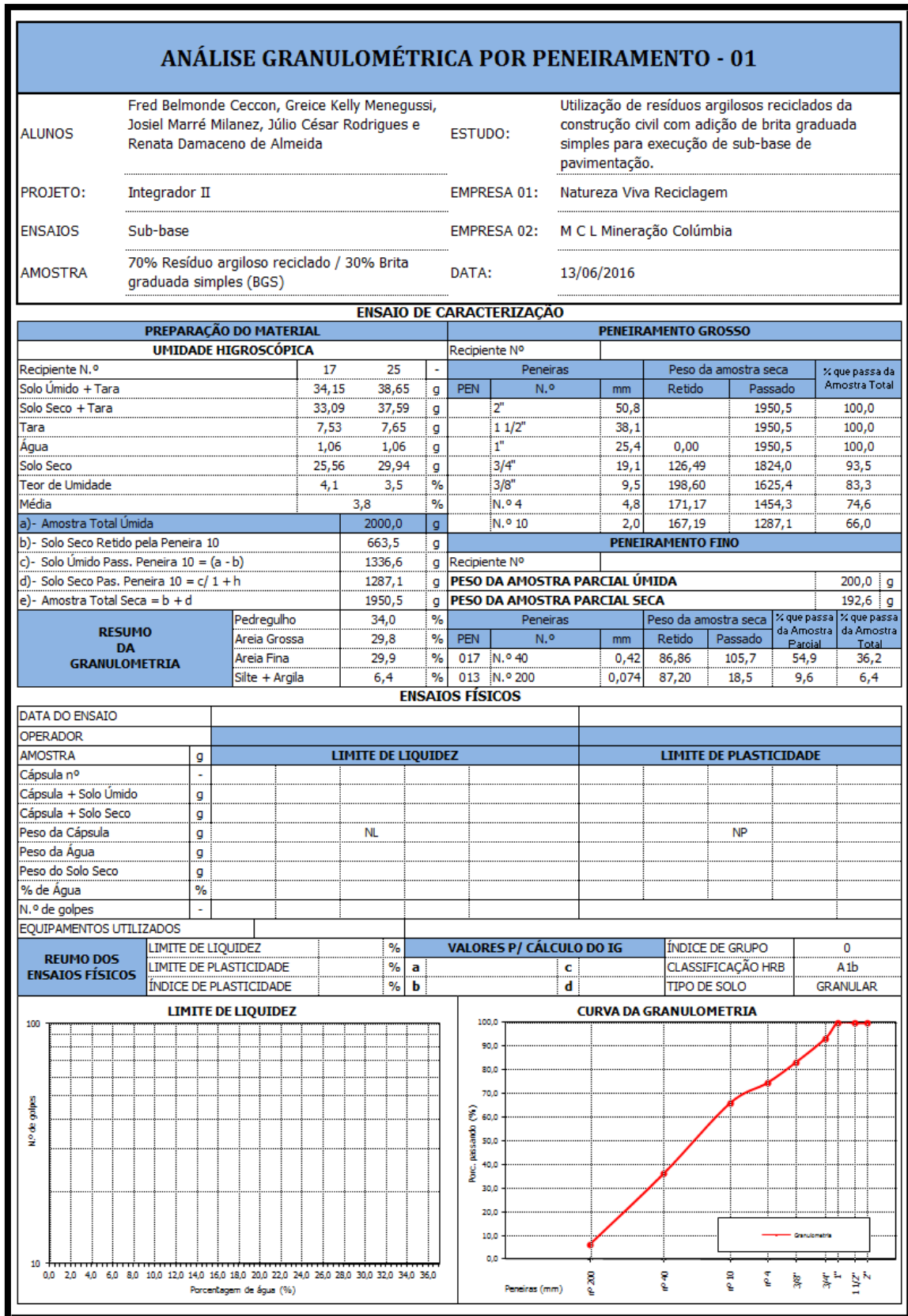


Figura 14: Resultado da análise granulométrica por peneiramento e classificação do solo. (Fonte: acervo dos autores)

5 CONCLUSÃO

O presente estudo foi elaborado com objetivo de trazer incentivos para utilização de resíduos reciclados da construção civil em obras de rodovias, com isso dando uma destinação correta dos resíduos, evitando que os mesmos sejam dispensados à natureza de forma irregular. Através dos resultados que apresentamos concluímos que é possível reutilizar os resíduos para execução de novas obras.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - GÜNTHER, W.M.R. **IV ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA**. Maringá, 2003. Disponível na Internet: <http://www.dec.uem.br/eventos/enteca_2003/Temas/tema8/015.PDF> Acesso em: 16 maio. 2016.
- 2 - JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Estudo da Incorporação de Resíduos de Cerâmica Vermelha na Composição de Concreto para Uso em Estacas Moldadas In Loco**. Disponível na Internet: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91448/wada_ph_me_ilha.pdf?sequence=1> Acesso em: 28 setembro 2016.
- 3 - NORMA RODOVIÁRIA. **DNER-ME 080/94**: Solos – análise granulométrica por peneiramento.
- 4 - NORMA RODOVIÁRIA. **DNER-ES 301/97**: Pavimentação – sub-base estabilizada granulometricamente.
- 5 - NORMA RODOVIÁRIA. **DNER-ME 82/94**: Solos – determinação do limite de plasticidade.
- 6 - NORMA RODOVIÁRIA. **DNER-ME 122/94**: Solos – determinação do limite de liquidez.
- 7 - NORMA RODOVIÁRIA. **DNER-ME 49/94**: Solos – determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.
- 8 - NORMA RODOVIÁRIA. **DNER-ME 129/94**: Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.
- 9 - PINTO, T. P. **Entulho de Construção: Problema Urbano que Pode Gerar Soluções**. Construção, São Paulo, Ed. Pini, no 2325, ago. 1992.
- 10 - PUCCI, R.B. **Logística de resíduos da construção civil atendendo à Resolução CONAMA 307**. 2006. 154. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 2006.
- 11 - VAZ, J.C. **A utilização de resíduos de construção e demolição como alternativa tecnológica para implantação de infra-estrutura urbana**. Disponível na Internet: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/02/02-015.pdf>> Acesso em: 02 outubro 2016.