

# Gestão de Resíduos Sólidos 3

Leonardo Tullio  
(Organizador)



**Leonardo Tullio**  
(Organizador)

# **Gestão de Resíduos Sólidos**

## **3**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de resíduos sólidos 3 [recurso eletrônico] / Organizador  
Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. –  
(Gestão de Resíduos Sólidos; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-187-9

DOI 10.22533/at.ed.879191403

1. Lixo – Eliminação – Aspectos econômicos. 2. Pesquisa  
científica – Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.).  
3. Sustentabilidade. I. Tullio, Leonardo. II. Série.

CDD 363.728

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Preservar o meio ambiente começa com o respeito individual de cada ser humano, pois a conscientização é a chave fundamental para a sustentabilidade. Neste Volume III abordamos 17 trabalhos que focam na questão da educação ambiental e ações necessárias a concretização desse assunto.

A educação ambiental aparece então como instrumento de gestão destes resíduos, pois ela é capaz de modificar o pensamento e sensibilizar as pessoas quanto às questões ambientais no dia-a-dia, com pequenas mudanças no modo de agir.

No processo de ação e transformação da natureza, o homem produz sua existência, modificando a natureza e, por consequência, a si mesmo, e acaba criando novas necessidades. Ao atuar sobre a natureza externa e modificando-a, ao mesmo tempo modifica a sua própria natureza.

Esperamos que essa obra “Gestão de Resíduos Sólidos”, tenha lhe trazido consciência e sabedoria para o tema, e que as mudanças comecem a partir deste conhecimento e que futuras ações sejam realmente aplicadas e eficientes.

Por fim, desejo novos conhecimentos e novos rumos.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA: A NATUREZA COMO INDUTORA DE CONHECIMENTO	
<i>Gerson Luiz Buczenko</i> <i>Maria Arlete Rosa</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: A RESPOSTA PARA O PROBLEMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
<i>Priscila Lemos Vieira</i> <i>Leocádia Terezinha Cordeiro Beltrame</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS: UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO EM LABORATÓRIOS DE ENSINO	
<i>Thiago Sá Lopes Silva</i> <i>Edmila Aparecida Ferreira Pereira</i> <i>Michelle Badini de Souza</i> <i>Luciana de Andrade Santos</i> <i>Thamiris Fernandes Pereira</i> <i>Andréia Boechat Delatorre</i> <i>Cristiane de Jesus Aguiar</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
E-WASTE: EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN ALGUNAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN URUGUAYNORMAS	
<i>Victoria Andreina Pereira Insua</i> <i>María Paula Enciso de León</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
A RECICLAGEM DE PAPEL NO ÂMBITO DO PROJETO AMBIARTE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	
<i>Nadine Rech Medeiros Serafim</i> <i>Luana Cássia Heinen</i> <i>Maiara Stein Wünsche</i> <i>Rafaela Picolotto</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>59</b>
PRÁTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL NA FORMAÇÃO DE PROFISSIONAIS DA ÁREA TECNOLÓGICA	
<i>Marilise Garbin</i> <i>Carlos Alberto Mendes Moraes</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914036</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>74</b>
PROJETO VIA MANGUE: SUPRESSÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM RECIFE-PE	
<i>Irene Maria Silva de Almeida</i>	
<i>Leocádia Terezinha Cordeiro Beltrame</i>	
<i>Fernando Joaquim Ferreira Maia</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914037</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>88</b>
PROJETO PILOTO DE COLETA SELETIVA E RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
ESTUDO DE CASO: RECICLAGEM DE RESIDUOS SOLIDOS NO BAIRRO HULENE	
<i>Jose Manuel Elija Guamba</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914038</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>100</b>
LODO DA PARBOILIZAÇÃO DE ARROZ COMO INÓCULO PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS	
VIA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA	
<i>Willian César Nadaleti</i>	
<i>Vitor Alves Lourenço</i>	
<i>Marcela da Silva Afonso</i>	
<i>Renan de Freitas Santos</i>	
<i>Ivanna Franck Koschier</i>	
<i>Bruno Müller Vieira</i>	
<i>Diuliana Leandro</i>	
<i>Érico Kunde Corrêa</i>	
<i>Luciara Bilhalva Corrêa</i>	
<i>Paulo Belli Filho</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8791914039</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>108</b>
EDUCAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA NA UNB	
<i>Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti</i>	
<i>Vanessa Resende Nogueira Cruvinel</i>	
<i>Gleudson Oliveira da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140310</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>116</b>
POLÍTICAS E AÇÕES PARA OS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MATINHOS-PR	
<i>Alexandre Dullius</i>	
<i>Maclovia Corrêa da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140311</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>133</b>
CONTENÇÃO DE RESÍDUOS TÓXICOS EM MATERIAIS GEOPOLIMÉRICOS PRODUZIDOS	
A PARTIR DE CINZAS PESADAS DA QUEIMA DO CARVÃO MINERAL E CAULIM	
<i>Rozineide Aparecida Antunes Boca Santa</i>	
<i>Cíntia Soares</i>	
<i>Humberto Gracher Riella</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140312</b>	



<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>146</b>
AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO NO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA DO MUNICÍPIO DE BRUSQUE/SC	
<i>Karoline Heil Soares</i>	
<i>Rafaela Picolotto</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140313</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>158</b>
POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIOS DE MÉDIO PORTE: O CASO DE DELMIRO GOUVEIA/AL	
<i>Melyssa Souza de Lavor</i>	
<i>Joana Fortes Silva</i>	
<i>Rafaela Faciola Coelho de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140314</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>172</b>
CARACTERIZAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SEMENTES DE AÇAÍ EM PARAGOMINAS-PA	
<i>Rafael Dias Bicalho</i>	
<i>Ana Júlia da Silva Moura</i>	
<i>Felipe Daniel Souza Cavalcante</i>	
<i>Letícia Picanço da Silva</i>	
<i>Vivaldo Saldanha Neto</i>	
<i>Túlio Marcus Lima da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140315</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>180</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM HOSPITAL DE ENSINO DE CAMPO GRANDE – MS: IMPACTO NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	
<i>Ellen Souza Ribeiro</i>	
<i>Ana Lígia Barbosa Messias</i>	
<i>Flávia Rosana Rodrigues Siqueira</i>	
<i>Mônia Alves Mendes de Souza</i>	
<i>Minoru German Higa Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140316</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>188</b>
ANÁLISE DA ASSOCIAÇÃO DE RESÍDUOS CERÂMICOS A SOLO LATERÍTICO PARA UTILIZAÇÃO EM CAMADAS DE BASE E SUB-BASE DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS	
<i>Natássia da Silva Sales</i>	
<i>Ayrton de Sá Brandim</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.87919140317</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>200</b>

## ANÁLISE DA ASSOCIAÇÃO DE RESÍDUOS CERÂMICOS A SOLO LATERÍTICO PARA UTILIZAÇÃO EM CAMADAS DE BASE E SUB-BASE DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

**Natássia da Silva Sales**

Instituto Federal do Piauí - IFPI

Teresina – Piauí

**Ayrton de Sá Brandim**

Instituto Federal do Piauí - IFPI

Teresina – Piauí

**RESUMO:** No Brasil são produzidos por mês cerca de 5,3 bilhões de peças cerâmicas principalmente para a construção civil, entre telhas, blocos de vedação e estruturais, mas cerca de 159 milhões a 265 milhões de peças são descartadas mensalmente pelas indústrias cerâmicas por serem defeituosas. Esses resíduos são chamados de chamotes que são, um subproduto proveniente de rejeitos de material cerâmico após a queima. Buscando uma destinação correta para esses resíduos, foram realizados ensaios em laboratório, submetendo os materiais primeiramente a um processo de britagem, para posterior caracterização física e determinação das propriedades, visando a utilização em camadas de pavimento rodoviário, possibilitando ainda a análise segundo os critérios mínimos exigidos pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) para aplicação em camadas de base e sub-base. Dessa forma, as misturas que receberam 20% e 30% de chamote cerâmico se mostraram

potencialmente adequadas para o uso em camadas de base, enquanto que para as camadas de sub-base todos os teores estão aptos a serem utilizados, mostrando-se uma alternativa totalmente viável. Sendo assim, é possível proporcionar uma destinação para os resíduos que se acumulam nos pátios das indústrias cerâmicas e reduzir a exploração de jazidas utilizadas para execução dessas camadas do pavimento rodoviário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Cerâmicos; Solo Laterítico; Pavimento.

**ABSTRACT:** In Brazil, about 5.3 billion ceramic pieces are produced per month, mostly for construction, including tiles, building blocks and structural blocks, but around 159 million to 265 million pieces are discarded monthly by the ceramic industries because they are defective. These residues are called shingles, which are a byproduct of waste from ceramic material after burning. In the search for a correct destination for these residues, laboratory tests were performed, subjecting the materials to a crushing process, for physical characterization and determination of the properties, for the use in layers of road pavement, also allowing the analysis according to the minimum criteria required by the DNIT Paving Manual (2006) for application in base and sub-base layers. In this way, the mixtures that received 20% and 30%



of ceramic tiles were potentially suitable for use in base layers, while for the sub-base layers all the contents were able to be used, showing an alternative fully feasible. Thus, it is possible to provide a destination for the residues that accumulate in the courtyards of the ceramic industries and to reduce the exploitation of deposits used for the execution of these layers of the road pavement.

**KEYWORDS:** Ceramic Residues; Lateritic Soil; Pavement.

## 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da construção civil nos últimos anos fez crescer a demanda de materiais cerâmicos incrementando a indústria do setor. No Brasil são produzidos por mês cerca de 5,3 bilhões de peças entre telhas, blocos de vedação e estruturais oriundas de 9071 empresas do setor. Estima-se que as perdas em produtos acabados se situam na faixa de 3% a 5%, o que representa de 159 milhões a 265 milhões de peças descartadas mensalmente (GARCIA et al, 2015).

As indústrias cerâmicas geram resíduos oriundos da atividade, principalmente chamotes que são resíduos queimados oriundos do próprio processo de fabricação, um subproduto proveniente de rejeitos de material cerâmico após a queima (DIAS et al, 2016).

A destinação desses resíduos vem se mostrando um problema para as indústrias cerâmicas visto a lei nº12.305/2010, que regulamenta o assunto, não permite o descarte inadequado dos resíduos cerâmicos.

Em um cenário de desenvolvimento econômico a construção de rodovias torna-se essencial para, entre outros motivos, o escoamento da produção das indústrias e também de pessoas. Contudo, para a pavimentação de rodovias é necessária a construção de diversas camadas, as quais, por sua vez, necessitam de agregados para sua execução. Os agregados são oriundos de jazidas que devem ser exploradas para fornecer material suficiente para toda a extensão das vias o que está na contramão do apelo ambiental atual de exploração mínima do meio ambiente.

Diante desse cenário, pode-se atuar agregando as duas necessidades: a destinação dos resíduos cerâmicos queimados e uma menor exploração de jazidas para destinação rodoviária. Desta forma, os resíduos oriundos das indústrias cerâmicas, após processo de britagem, substituiriam parte dos agregados retirados das jazidas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do estudo foi coletado solo laterítico em jazida localizada na comunidade Taboca do Pau Ferrado, pertencente a zona rural da cidade de Teresina - PI, sendo a mesma jazida utilizada pelas obras de duplicação da BR-343, próxima da

capital do estado do Piauí. Os resíduos cerâmicos foram recolhidos em uma indústria cerâmica localizada na cidade de União – PI e transportados até uma mineradora localizada em Teresina – PI, onde foram triturados em britador de mandíbulas Faço modelo 40 x 60. Para a análise foram definidas três proporções de mistura, a saber: 20% de chamote e 80% de solo, 30% de chamote e 70% de solo e 40% de chamote e 60% de solo e também foi ensaiado o solo puro para ser utilizado como parâmetro.

Os ensaios realizados em laboratório para a caracterização física e determinação das propriedades dos materiais utilizados para as camadas seguiram o que determina o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), possibilitando a análise de desempenho e funcionalidade das misturas. Os ensaios realizados foram:

- Granulometria (NBR 7181/2016)
- Limite de Liquidez (NBR 6459/2016)
- Limite de Plasticidade (NBR 7180/2016)
- Equivalente de Areia (NBR 12052/1992)
- Compactação (NBR 6457/2016)
- Índice de Suporte Califórnia (NBR 9895/2016)

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise Granulométrica, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

O ensaio de granulometria seguiu a NBR 7181/2016, a qual tem como finalidade caracterizar o solo laterítico que vem sendo utilizado para execução das camadas de base e sub-base da obra de duplicação da BR-343 em Teresina – PI e, além disso, analisar esse mesmo material quando acrescidas as proporções de 20%, 30% e 40% de chamote britado.

##### 3.1.1 Solo laterítico puro

A figura 1 apresenta as curvas em azul os limites granulométricos máximos e mínimos definidos pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) para que o solo possa ser usado em camadas de base e sub-base. Não obstante, em vermelho apresenta a curva granulométrica do solo puro, demonstrando que o material se enquadra no que determina o manual.

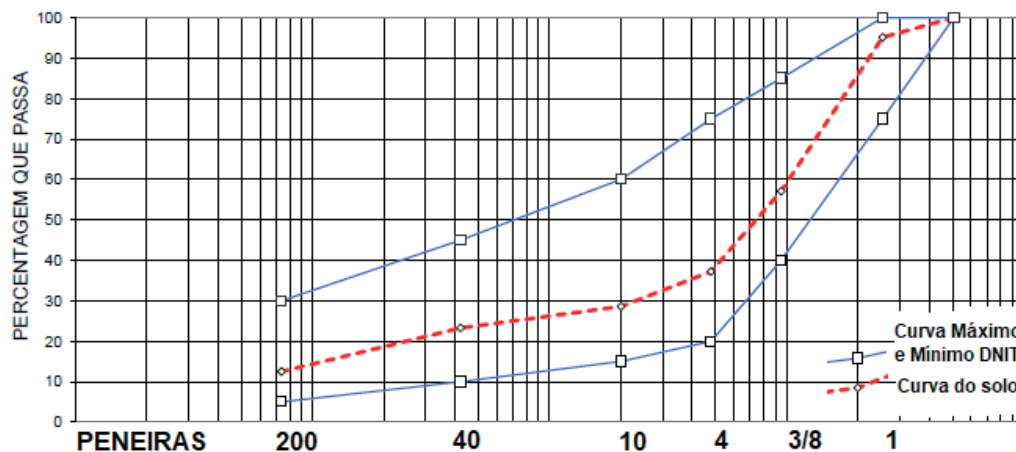


Figura 1: Ensaio de granulometria do solo laterítico puro

A partir da figura e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB), tradicionalmente utilizada no meio rodoviário, trata-se de um material A-1-a, onde predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez segundo a NBR 6459/2016 e durante o ensaio de Limite de Plasticidade utilizando a NBR 7180/2016 o solo apresentou-se não líquido e não plástico.

### 3.1.2 Mistura de 80% de solo laterítico e 20% de chamote britado

A figura 2 apresenta em vermelho a curva granulométrica da mistura composta em peso de 80% de solo laterítico e 20% de chamote cerâmico britado. Nota-se que o solo junto ao resíduo cerâmico permaneceu dentro da faixa aceitável definida pelo DNIT, já que se encontra entre as curvas em azul de máximos e mínimos.

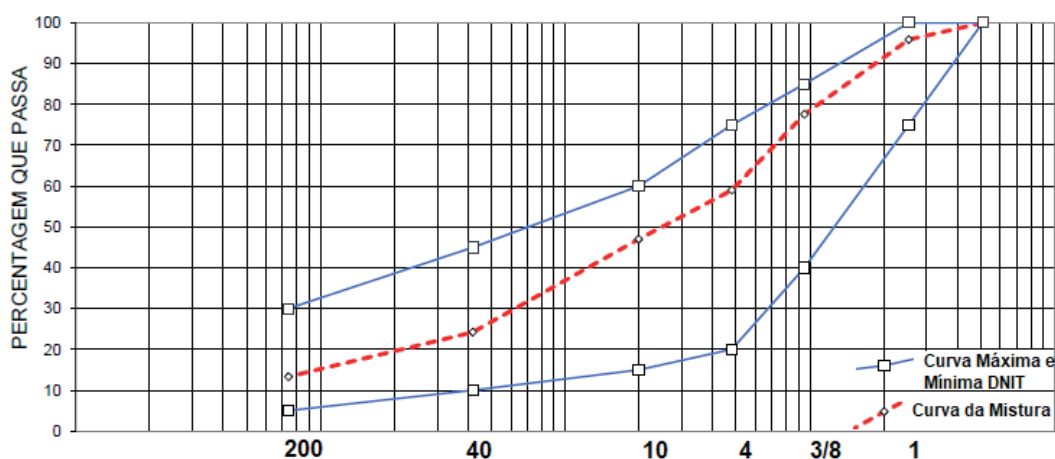


Figura 2: Ensaio de granulometria da mistura 80% de solo e 20% de chamote

A partir da figura, e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB), a amostra com resíduo permaneceu classificada em A-1-a, onde predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a

bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade a mistura também se apresentou nos estados não líquida e não plástica.

### 3.1.3 Mistura de 70% de solo laterítico e 30% de chamote britado

A figura 3 apresenta em vermelho a curva granulométrica da mistura composta em peso de 70% de solo laterítico e 30% de chamote cerâmico britado. Nota-se que o solo junto ao resíduo cerâmico permaneceu dentro da faixa aceitável definida pelo DNIT, entre as curvas em azul de máximos e mínimos.

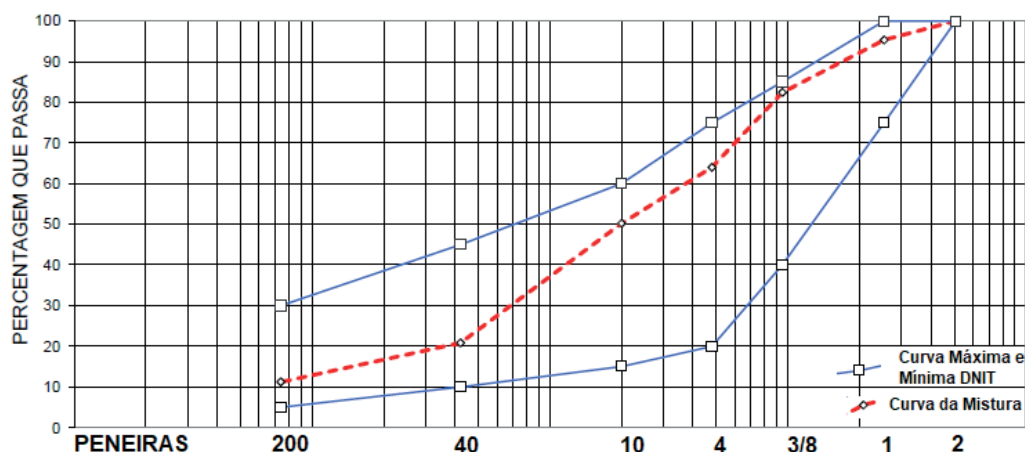


Figura 3: Ensaio de granulometria da mistura 70% de solo e 30% de chamote

A partir da figura, e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB), a amostra com 30% de resíduo passou a ser classificada em A-1-b, onde ainda predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, a mistura, nessa proporção, também se apresentou não líquida e não plástica.

### 3.1.4 Mistura de 60% de solo laterítico e 40% de chamote britado

A figura 4 apresenta em vermelho a curva granulométrica da mistura composta em peso de 60% de solo laterítico e 40% de chamote cerâmico britado. Nota-se que o solo com o resíduo cerâmico se aproximou da curva granulométrica máxima permitida, mas permaneceu dentro da faixa aceitável definida pelo DNIT, entre as curvas em azul de máximos e mínimos.

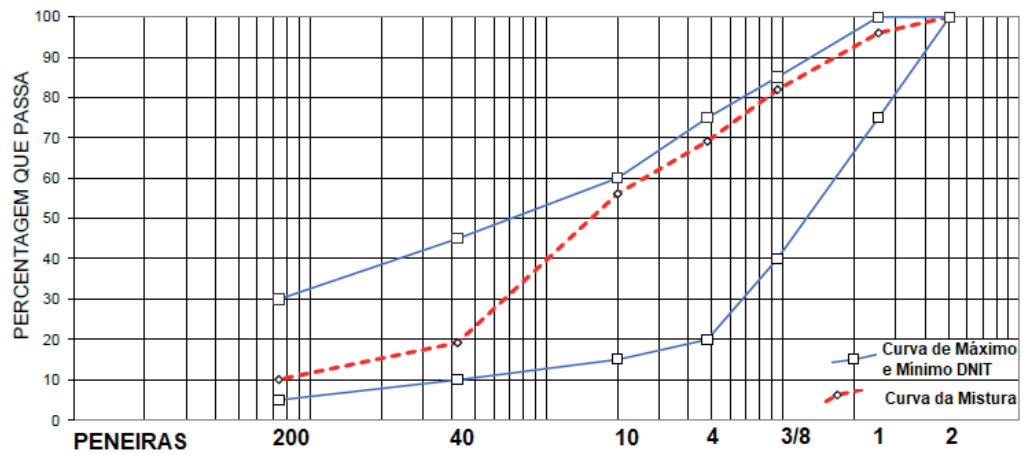


Figura 4: Ensaio de granulometria da mistura 60% de solo e 40% de chamote

A partir da figura 4 e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB) após receber 40% de resíduo o material passou a ser classificada em A-1-b, onde ainda predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade a mistura nessa proporção também se apresentou não líquida e não plástica.

### 3.2 Ensaio do Equivalente de Areia

O ensaio do Equivalente de Areia, segundo Norma do NBR 12052/1992, é uma relação volumétrica que corresponde à razão entre a altura do nível superior da areia e a altura do nível superior da suspensão argilosa de uma determinada quantidade de solo ou de agregado miúdo, numa proveta, em condições estabelecidas pelo método.

É um ensaio que determina a quantidade de impurezas e finos em determinada mistura de agregado, ou seja, quanto maior o equivalente de areia, menor a quantidade de finos e impurezas na amostra. Na tabela 1 tem-se os resultados do ensaio para o solo puro e para as misturas com chamote cerâmico.

Material	Equivalente de Areia (%)
Solo Puro	30,50
80% solo e 20% chamote	44,20
70% solo e 30% chamote	49,10
60% solo e 40% chamote	65,10

Tabela 1: Resultados do Ensaio do Equivalente de Areia

Apartir da análise dos resultados se observa que o acréscimo de chamote cerâmico fez aumentar a porcentagem do equivalente de areia, diminuindo a quantidade de finos e impurezas da amostra, aumentando a qualidade do material.

### 3.3 Ensaio de Compactação

O ensaio de compactação utilizado foi o Proctor modificado, conforme determina o Manual de Pavimentação do DNIT (2006) e seguindo a NBR 6457/2016. A Tabela 2 a seguir mostra os resultados obtidos durante o ensaio e as figuras 5, 6, 7 e 8 as curvas obtidas com os ensaios.

Material	Umidade Ótima (%)	Peso específico aparente seco (kgf/cm <sup>3</sup> )
Solo Puro	7,3	2,334
80% solo e 20% chamote	10,8	2,113
70% solo e 30% chamote	10,4	2,059
60% solo e 40% chamote	13,8	1,945

Tabela 2: Resultados do Ensaio de Compactação

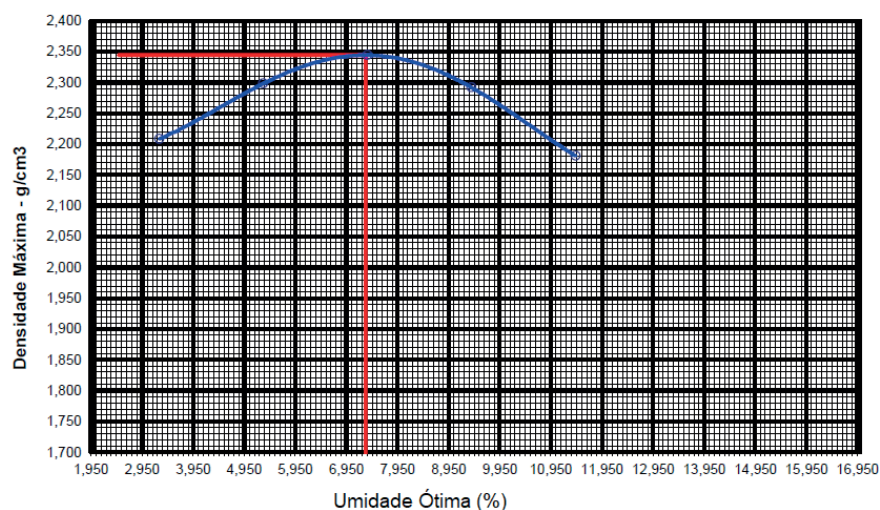


Figura 5: Ensaio de compactação do solo laterítico puro

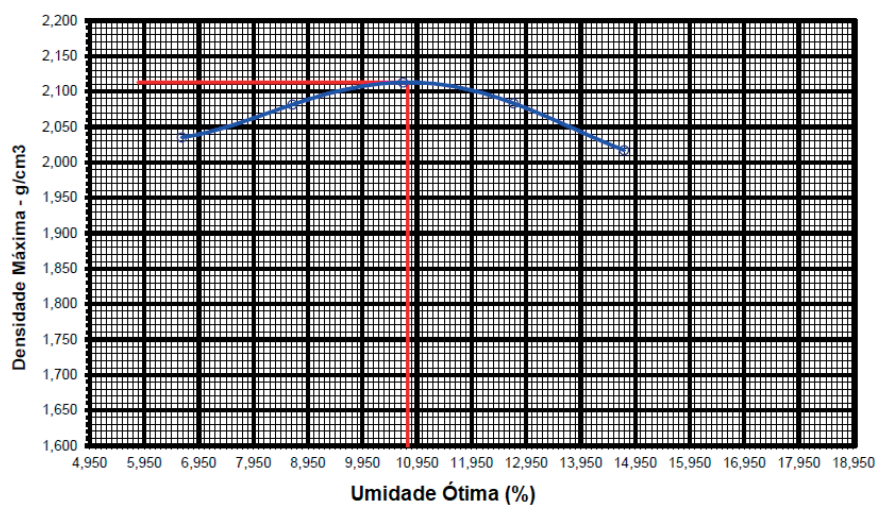


Figura 6: Ensaio de compactação da mistura 80% de solo e 20% de chamote



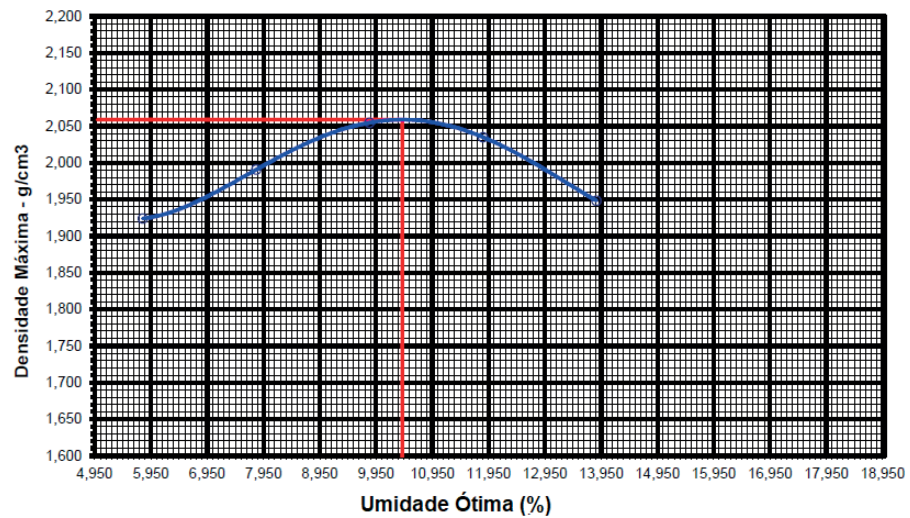


Figura 7: Ensaio de compactação da mistura 70% de solo e 30% de chamote

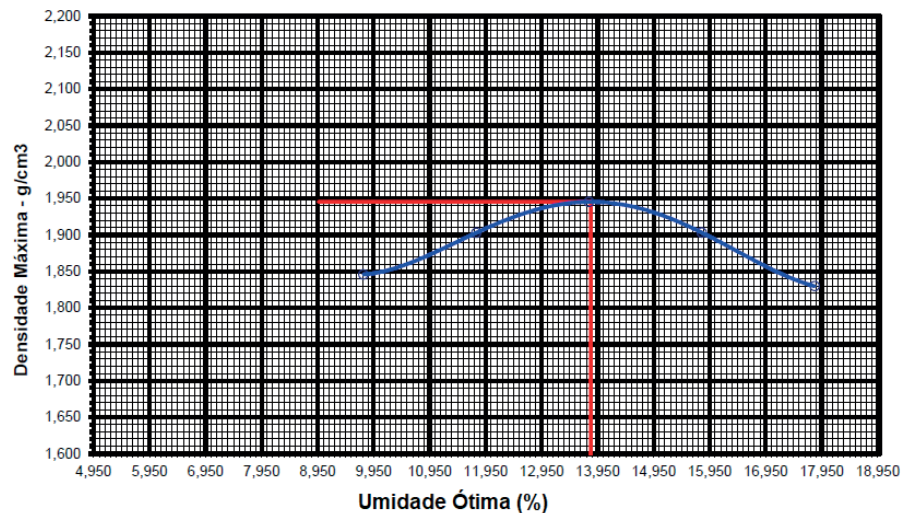


Figura 8: Ensaio de compactação da mistura 60% de solo e 40% de chamote

Pela análise dos gráficos das figuras é possível observar que o acréscimo dos resíduos no solo influencia na umidade ótima apresentada pelo material, aumentando em até 89% dependendo da quantidade de chamote associado a mistura. Já a diminuição do valor do peso específico aparente seco é justificado pelo poder de retenção de líquidos que os resíduos cerâmicos possuem. A influência do aumento da umidade na resistência do material será observada no Ensaio de Índice de Suporte Califórnia.

### 3.4 Ensaio do Índice de Suporte Califórnia

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC) foi realizado segundo a NBR 9895/2016 e foi feito para solo puro e para as misturas contendo 20%, 30% e 40% de chamote cerâmico. A Tabela 3 a seguir mostra os resultados obtidos durante o ensaio para o índice ISC e a expansão medida. As figuras 9, 10, 11 e 12 mostram as curvas obtidas com os ensaios.

Material	ISC (%)	Expansão (%)
Solo Puro	89,00	0,00
80% solo e 20% chamote	88,00	0,00
70% solo e 30% chamote	83,00	0,00
60% solo e 40% chamote	54,00	0,00

Tabela 3: Resultados do Índice de Suporte Califórnia e Expansão

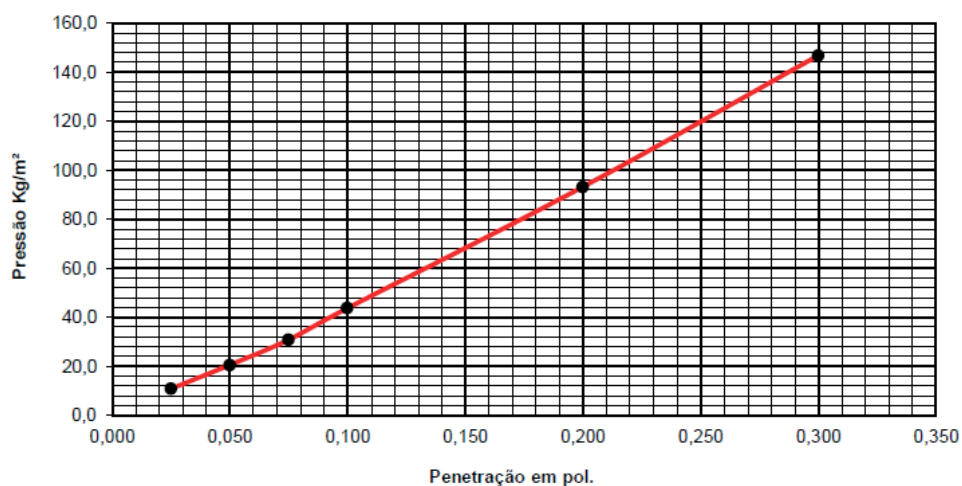


Figura 9: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia do solo laterítico puro

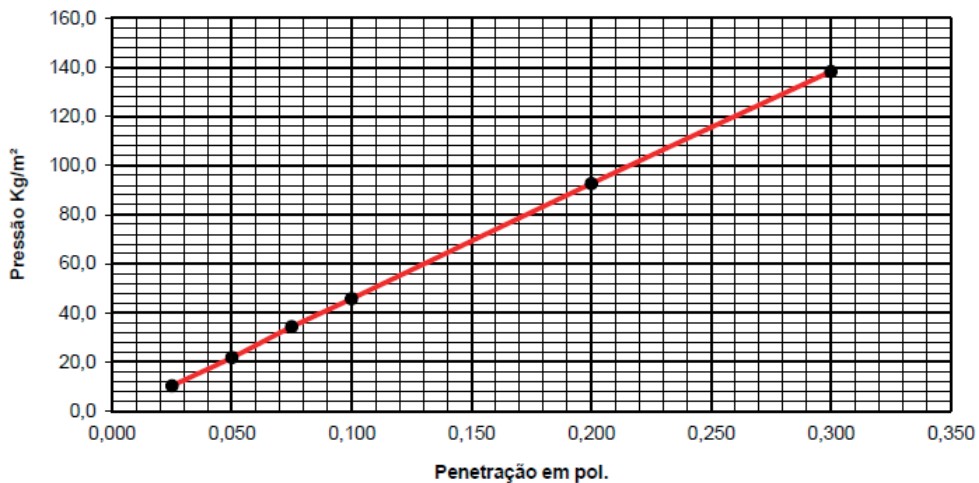


Figura 10: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia da mistura 80% de solo e 20% de chamote

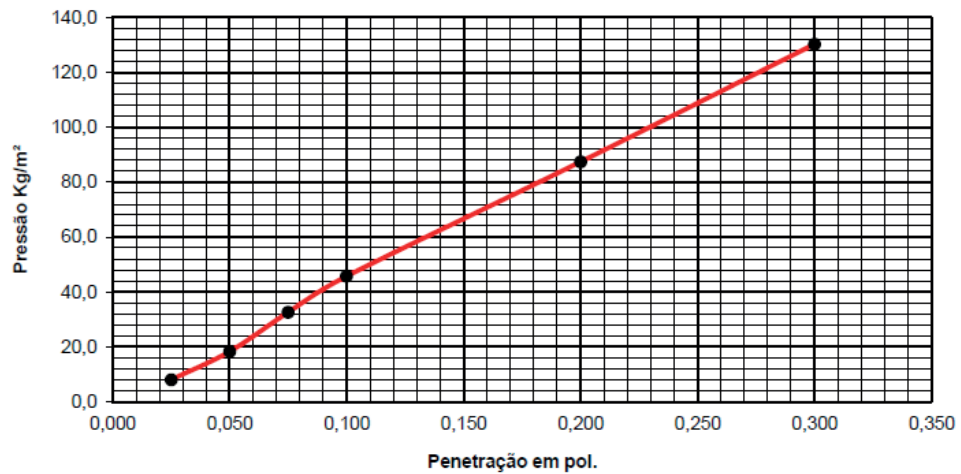


Figura 11: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia da mistura 70% de solo e 30% de chamote

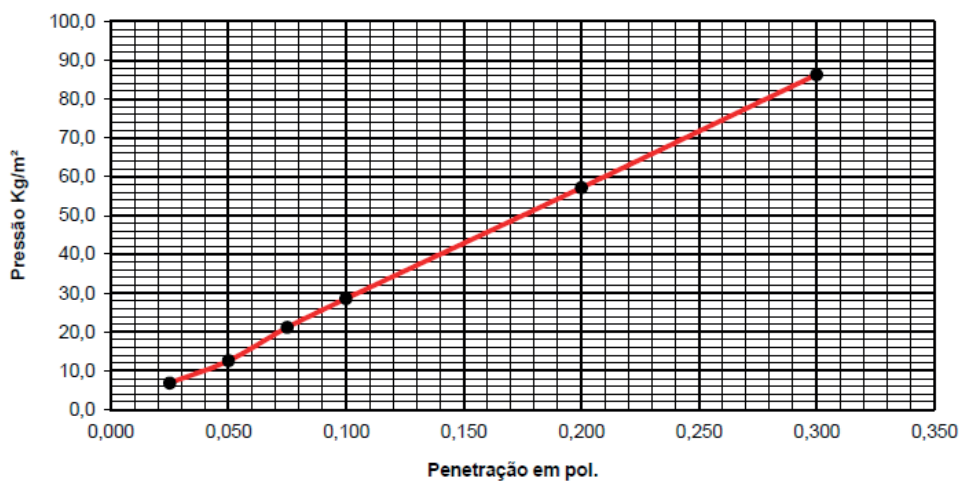


Figura 12: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia da mistura 60% de solo e 40% de chamote

A partir da análise dos gráficos das figuras é possível observar que o acréscimo dos resíduos no solo influencia na resistência a penetração do material diminuindo em até 39%. A diminuição do valor do ISC nas duas primeiras misturas não compromete o seu uso em camadas de base do pavimento pois permaneceram com valores acima de 80%. Já para camada de sub-base, todas as misturas estão aptas a serem usadas pois obtiveram valor acima de 20%. O valor da expansão, por sua vez, não obteve mudança, o que comprova ser um material estável na presença de água, o que pode ser explicado pelo fato do chamote ser um resíduo cerâmico gerado após a queima, ocasião em que o procedimento muda as propriedades da argila e a faz se tornar estável.

## 4 | CONCLUSÃO

O aumento da utilização de materiais alternativos na construção de pavimentos, vem ganhando grande atenção dos setores acadêmicos e industriais, apresentando um bom desempenho estrutural, potencial economia e redução de emissões de gases de efeito estufa em várias fases da vida útil do pavimento. Dois materiais estudados atualmente são: a escória de alto-forno e as cinzas volantes (JAMSHIDI et al, 2017).

Outro exemplo de material alternativo é o chamote cerâmico associado ao solo laterítico e as análises feitas permitiram aferir positivamente sobre a mistura, pois de acordo com as normas específicas do Manual de Pavimentação do DNIT (2006), para um solo ser utilizado como base estabilizada deverá apresentar limite de liquidez máximo de 25% e índice de plasticidade máximo de 6%, equivalente de areia maior que 30%. Além disso, deve apresentar o Índice de Suporte Califórnia maior ou igual a 80%, expansão máxima deverá ser 0,5% e a granulometria deverá estar enquadrada em uma das faixas das especificações, entre máxima e mínima.

Dessa forma, as misturas que receberam 20% e 30% de chamote cerâmico se mostraram potencialmente adequadas para o uso em camadas de base, mostrando-se uma alternativa totalmente viável. Ressaltando que existem grandes quantidades de resíduos prontos para serem exploradas nos pátios das indústrias cerâmicas e o uso do chamote evitaria impactos ambientais negativos, pois traria um novo material aparentemente sem uso e reduziria a exploração de jazidas para fornecimento de materiais para execução de base de pavimentos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1992) **NBR 12052/1992 – Solo ou agregado miúdo – Determinação de Equivalente de Areia**. Rio de Janeiro, RJ

\_\_\_\_\_ (2016) **NBR 6459/2016 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, RJ.

\_\_\_\_\_ (2016) **NBR 6457/2016 – Amostra de Solo - Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização**. Rio de Janeiro, RJ.

\_\_\_\_\_ (2016) **NBR 7180/2016 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, RJ.

\_\_\_\_\_ (2016) **NBR 7181/2016 – Análise granulométrica para solos, com determinação de diâmetro correspondente a cada fração de material**. Rio de Janeiro, RJ

\_\_\_\_\_ (2016) **NBR 9895/2016 – Solo – Índice de Suporte Califórnia – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, RJ

BRASIL. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicada no D.O.U. em 03/08/2010. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> Acesso em 23 de março de 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT (2006) **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, RJ.

DIAS, L. L.; MENEGAZZO, A. P. M.; QUINTEIRO, E.; SERAFIM, M. A. **Desenvolvimento de um novo produto cerâmico para pavimentação de passeios e áreas públicas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, V. 16, n. 4, p. 155-165, out./dez. 2016.

GARCIA, E.; CABRAL JUNIOR, M.; QUARCIONI, V. A.; CHOTOLI, F. F. **Avaliação da atividade pozolânica dos resíduos de cerâmica vermelha produzidos nos principais polos ceramistas do Estado de S. Paulo**. Cerâmica V.61, n.358, 2015.

JAMSHIDI, A.; KURUMISAWA, K.; TOYOHARU, N.; JIZE, M.; WHITE, G.; **Performance of pavements incorporating industrial by products: A state-of-the-art study**. Journal of Cleaner Production. n.164, p. 367-388, 2017.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Leonardo Tullio** - Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR (2019-2023), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR (2014-2016), Especialista MBA em Agronegócios – CESCAGE (2010). Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009). Atualmente é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com



Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-187-9

