

Gestão de Resíduos Sólidos 2

Leonardo Tullio
(Organizador)



Leonardo Tullio
(Organizador)

Gestão de Resíduos Sólidos

2

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 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Gestão de Resíduos Sólidos; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-188-6

DOI 10.22533/at.ed.886191403

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

APRESENTAÇÃO

Neste Volume II, são apresentados 18 artigos que analisaram o potencial de uso de diversos materiais em vários setores, propondo destino correto a esses resíduos.

A construção civil apresenta-se como elevado potencial na incorporação desses resíduos industriais, que podem ser utilizados como matéria-prima alternativa, uma vez que disponíveis em grandes quantidades e sem destinação pela indústria que o produz, sua utilização pode levar a vantagens econômicas, técnicas e ecológicas, ademais solução de muitos problemas da indústria.

Também se observa o potencial de utilização de resíduos da atividade agrícola no meio urbano, sendo assim o aproveitamento, além de minimizar os problemas ambientais, é visto como atividade complementar, que pode contribuir para a diversificação dos produtos e para a diminuição do custo final de produtos.

Todavia, a correta destinação de um resíduo deve ser estudada e tratada com cautela, pois o "desleixo" causa impactos ambientais incalculáveis na sociedade.

Bons estudos.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SUSTENTABILIDADE: USO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
<i>Cristine Machado Schwanke</i> <i>Juliana Young</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914031	
CAPÍTULO 2	13
UTILIZAÇÃO DE CARVÃO DE CAROÇOS DE BUTIÁ (<i>BUTIA CAPITATA</i>) COMO MEIO DEPURIFICAÇÃO ALTERNATIVA DE ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO	
<i>Beatriz Stoll Moraes</i> <i>Ferdinando Bisogno de Castro</i> <i>Maick Bravo da Silva</i> <i>Paulo Roberto Diniz da Silva</i> <i>Daniela Lilge Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914032	
CAPÍTULO 3	25
USO DE RESÍDUOS DE CELULOSE NA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	
<i>Genyr Kappler</i> <i>Carlos Alberto Mendes Moraes</i> <i>Regina Célia Espinosa Modolo</i> <i>Juliana Damasio Waschevicz</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914033	
CAPÍTULO 4	34
REJEITOS RADIOATIVOS DO MAIOR ACIDENTE RADIOLÓGICO DO BRASIL	
<i>Lení Maria de Souza</i> <i>Francisco Itami Campos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914034	
CAPÍTULO 5	46
PRODUÇÃO DE CARBOXIMETILCELULASE E AVICELASE PELO BACILLUS SP SMIA-2 EM MEIO CONTENDO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Andréia Boechat Delatorre</i> <i>Silvania Alves Ladeira</i> <i>Marcela Vicente Vieira Andrade Gonçalves</i> <i>Cristiane de Jesus Aguiar</i> <i>Thiago Freitas de Almeida</i> <i>Meire Leles Leal Martins</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914035	
CAPÍTULO 6	55
O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO MERCADO DE EQUIPAMENTOS GAMER	
<i>Felipe Elsemann Barreto</i> <i>Ana Júlia Senna Sarmiento Barata</i> <i>Ricardo Ribeiro Alves</i> <i>Djulia Regina Ziemann</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8861914036	

CAPÍTULO 7 68

ESTUDO PARA INSTALAÇÃO DE CENTROS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO RIO DE JANEIRO EM SEROPÉDICA

Hélio Fernandes Machado Júnior

Rui de Góes Casqueira

Fabíola Oliveira da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.8861914037

CAPÍTULO 8 78

ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA SERICINA EMPÓ RESULTANTE DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DESIDRATADA EM “SPRAY DRYER”

Ana Paula Sone

Camilo Freddy Mendoza Morejon

Marcelino Luiz Gimenes

DOI 10.22533/at.ed.8861914038

CAPÍTULO 9 92

ESTUDO DA CONFORMIDADE DE BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE CHAMOTE E CASCA DE ARROZ

Ivando Stein

Maurício Livinali

Éder Claro Pedrozo

Lucas Fernando Krug

DOI 10.22533/at.ed.8861914039

CAPÍTULO 10 103

ESTUDO COMPARATIVO DO LIXIVIADO GERADO POR RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICO E ELETROELETRÔNICO EM SIMULAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

Beatriz Rodrigues de Barcelos

Caio Soares Camargos

Gabriel Alves Teixeira

Lorena Silva Pereira

Ygor dos Santos Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.88619140310

CAPÍTULO 11 116

DESMONTAGEM E CARACTERIZAÇÃO DE LÂMPADAS LED PARA RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS

Emanuele Caroline Araujo dos Santos

Alini Luísa Diehl Camacho

Leonardo Daniel Rauber

Carlos Alberto Mendes Moraes

DOI 10.22533/at.ed.88619140311

CAPÍTULO 12 126

CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PETROLINA/PE

David José Oliveira da Silva

Iago Santos Calábria

Walter de Moraes Calábria Junior

DOI 10.22533/at.ed.88619140312

CAPÍTULO 13 136

AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE RESÍDUOS GERADOS PELA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE COMO MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA A INDÚSTRIA CIMENTEIRA

Joana Gomes Meller
Letícia Torres Maia
Oscar Rubem Klegues Montedo
Dachamir Hotza
Hiany Mehl Zanlorenzi
Silvana Meister Sommer

DOI 10.22533/at.ed.88619140313

CAPÍTULO 14 147

ANÁLISE DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO PARANÁ

Daniel Poletto Tesser
Luciana Janoni Botelho de Freitas do Nascimento
Antônio Carlos de Francisco
Cassiano Moro Piekarski

DOI 10.22533/at.ed.88619140314

CAPÍTULO 15 160

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA ATRAVÉS DE UM AQUECEDOR SOLAR FEITO COM MATERIAL RECICLÁVEL

Maiara Stein Wünsche
Nadine Rech Medeiros Serafim
Rafaela Picolotto

DOI 10.22533/at.ed.88619140315

CAPÍTULO 16 170

ANÁLISE DA MISTURA DO AGREGADO RECICLADO DE RCD ASSOCIADO AO SOLO LATERÍTICO PARA UTILIZAÇÃO NA CAMADA DE BASE DE PAVIMENTOS

Natássia da Silva Sales
Caio César Luz Araújo

DOI 10.22533/at.ed.88619140316

CAPÍTULO 17 182

ANÁLISE DA ECOEFICIÊNCIA DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM USINA SUCROALCOOLEIRA NO PIAUI

Lilian de Castro Moraes Pinto
Maria do Socorro Lira Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.88619140317

CAPÍTULO 18 191

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Manoela Paiva de Amorim Santos
Rafael de Freitas Taves
Alexandre Lioi Nascentes
Armando Borges de Castilhos Junior

DOI 10.22533/at.ed.88619140318

SOBRE O ORGANIZADOR..... 203

ANÁLISE DA MISTURA DO AGREGADO RECICLADO DE RCD ASSOCIADO AO SOLO LATERÍTICO PARA UTILIZAÇÃO NA CAMADA DE BASE DE PAVIMENTOS

Natássia da Silva Sales

Instituto Federal do Piauí - IFPI

Teresina – Piauí

Caio César Luz Araújo

Centro Universitário UNINOVAFAPÍ

Teresina – Piauí

RESUMO: Os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) são gerados em grandes quantidades e nem sempre o seu descarte é feito de maneira sustentável. Quando esses resíduos são descartados de maneira clandestina, além de prejudicar o meio ambiente e ocasionar uma poluição visual, ele ainda proporciona uma série de doenças para a população. Experiências realizadas no Brasil e no mundo tem demonstrado que o agregado reciclado de RCD é uma alternativa interessante para utilização nas camadas de pavimentos. Neste contexto, a presente pesquisa propõe uma solução para a destinação correta do RCD, que é a sua utilização na camada de base de pavimento, a partir da mistura do agregado reciclado de RCD com o solo convencional. Neste sentido, foram realizados ensaios laboratoriais, afim de se obter o desempenho e as principais propriedades dessa associação. Os experimentos foram realizados em três proporções da mistura Solo – RCD, e para comparação, foram realizados

os ensaios em uma amostra com 100% do solo laterítico. As proporções de RCD foram de 20%, 30% e 40%. Foram escolhidas essas proporções porque a maioria das pesquisas analisadas utilizavam volumes muito alto de RCD, e os resultados não eram satisfatórios frente aos desejáveis para essa pesquisa. Os resultados obtidos mostraram que a mistura Solo-RCD é de uso promissor na pavimentação, pois mesmo reduzindo a resistência do solo, suas propriedades físicas e mecânicas ainda ficaram aceitáveis, de acordo com as normas impostas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo; Reciclagem; Pavimento.

ABSTRACT: Construction and demolition residues (CDR) are generated in large quantities and are not always discarded in sustainable ways. When these residues are disposed of clandestinely, besides harming the environment and causing a visual pollution, it still provides a series of diseases for the population. Experiments carried out in Brazil and all over the world have demonstrated that the recycled CDR aggregate is an interesting alternative for the use in pavement layers. In this context, the present research proposes a solution for the correct destination of CDR, which is its application in the base layer of pavement, from the mixture of recycled CDR aggregate with conventional

soil. In this sense, laboratory tests were performed in order to obtain the performance and the main properties of this association. The experiments were performed in three proportions of the Soil – CDR mixture, and for comparison, the tests were performed in a sample with 100% of lateritic soil. The proportions of CDR were 20%, 30% and 40%. These proportions were chosen because most of the researches analyzed used very high volumes of CDR, and the results were not satisfactory compared to the desirable ones for this research. The results showed that the Soil – CDR mixture is of promising use in paving, because even reducing soil resistance, its physical and mechanical properties were still acceptable, according to the norms imposed.

KEYWORDS: Residues; Recycling; Paving.

1 | INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado e desenfreado da construção civil, houve um aumento nos problemas ambientais, seja pela geração de resíduos, pelo consumo dos recursos naturais, ou pela alteração da paisagem. Os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) são um problema que deve ser tratado urgentemente pelas autoridades, pois segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015) os entulhos gerados nas construções representam cerca de 40% a 70% de todos os resíduos sólidos das cidades brasileiras, e geralmente esses resíduos são depositados em aterros clandestinos, a margem de rios ou em terrenos baldios (CRISTO et al., 2014).

Os impactos negativos causados por esses entulhos são devastadores, causando prejuízos enormes para cidades, pois a deposição clandestina e irregular desses materiais irá obstruir os seus sistemas de drenagem, impedindo a percolação da água, causando enchentes e oferecendo condições favoráveis a proliferação de transmissores de doenças, levando riscos à saúde da população e gastos desnecessários ao poder público. (CARDOSO et al., 2014).

Uma forma de minimizar esse problema é a utilização do agregado reciclado desses resíduos na camada de base de pavimentos, devido a simplicidade do processo de reciclagem do RCD e de sua execução no pavimento, além da possibilidade de uso dos mais diversos materiais presentes no entulho, precisando somente de uma separação para eliminar os materiais indesejáveis: gesso, madeira, plásticos, entre outros (ABDOU e BERNUCC, 2007).

Com isso, a problematização dessa pesquisa é verificar corpos de prova utilizando diferentes proporções da mistura Solo-RCD, afim de obter o seu desempenho e suas propriedades físicas e mecânicas, e, após analisar os resultados, verificar qual a proporção mais adequada para ser utilizada, dentre as porcentagens estudadas.

Tendo em vista que o agregado reciclado de RCD é um material com valor inferior aos agregados convencionais, que através da utilização desse entulho, estaríamos prolongando a vida dos resíduos, evitando o desperdício e contribuindo para a

diminuição da escassez dos recursos naturais, já que precisaríamos de um volume menor de solo laterítico, e levando em conta que o comportamento e as características dos agregados de RCD, possivelmente, são tão boas quanto as dos agregados convencionais, dessa forma, a base de pavimentos pode ser constituída da mistura solo-RCD, sem comprometer a estrutura do pavimento.

A partir desse cenário, esta pesquisa visa obter resultados sobre o desempenho e as principais características estruturais de corpos de prova contendo a mistura de solo laterítico e agregado reciclado de RCD do tipo classe A (CONAMA N °307, 2002), que são os componentes cerâmicos, argamassas, cimento e solos provenientes de reparos na pavimentação, verificando a viabilidade para sua utilização nas camadas de base, oferecendo uma alternativa para que as grandes empresas possam dar um destino final aos seus resíduos, diminuindo o desperdício de materiais e contribuindo para o melhoramento da economia da empresa que irá aderir a esse programa, além de minimizar os impactos que esses resíduos iriam causar ao meio ambiente.

2 | METODOLOGIA

2.1 Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo para a determinação do comportamento mecânico e das principais características de amostras contendo diferentes proporções da mistura de resíduos da construção e demolição associados ao solo laterítico, comparando-as com uma amostra contendo 100% desse mesmo solo, buscando a proporção mais adequada da mistura, e assim analisar a viabilidade de sua utilização na camada de base de pavimento.

Pode-se concluir que esta pesquisa se enquadra na área de análise de intervenção, pois analisará o desempenho e as principais características de amostras contendo misturas solo-RCD, sendo norteadas por indicadores quantitativos, pois será empregada a estatística e a matemática como principais recursos para análise das informações (CANDIOTTO et al, 2011).

2.2 Local e Período de Realização dos Ensaios

A pesquisa foi realizada no período de agosto a outubro de 2017 no laboratório de solos do Centro Universitário UNINOVAFAPI, localizado na cidade de Teresina (PI).

2.3 Amostra

Para a realização do estudo foi utilizado RCD do tipo classe A, de acordo com os critérios da NBR 15113. Esse resíduo foi disponibilizado pela Construtora Artes e foi triturado por meio de máquina trituradora, disponibilizado pela Construtora Sucesso SA. O solo laterítico foi coletado na cidade de Picos-PI. O agregado reciclado de RCD foi misturado com o solo manualmente.

2.4 Coleta de dados

Para avaliar o comportamento mecânico, foram executadas três variações da mistura solo-RCD e para comparação, foi executada uma contendo 100% de solo laterítico:

- Na primeira amostra foi utilizado na sua composição 80% de solo laterítico e 20% de RCD.
- Na segunda foi utilizado 70% de solo laterítico e 30% RCD.
- Com relação a terceira amostra, foi utilizado 60% de solo laterítico e 40% de RCD.
- Completando as amostras, foi executado corpos de provas utilizando 100% de solo laterítico na sua composição.

De acordo com o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), para o solo ser utilizado na camada de base, o mesmo deve passar por ensaios para a determinação da granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e índice de Suporte Califórnia.

2.5 Análise de Dados

A análise de dados foi feita por meio de tabelas e gráficos, onde foram registrados os resultados de cada ensaio.

Após registrar os resultados, foram verificadas quais as proporções da mistura solo-RCD que estavam dentro das normas específicas do Manual de Pavimentação do DNIT, que determina as características de um solo para ser utilizado como base estabilizada, o mesmo deverá apresentar limite de liquidez máximo de 25%, índice de plasticidade máximo de 6%, apresentar o Índice de Suporte Califórnia deverá ser maior ou igual a 80%, expansão máxima deverá ser 0,5% e a granulometria deverá estar enquadrada em uma das faixas impostas pelo Manual de Pavimentação do DNIT.

As proporções que estiveram com os resultados dentro desses padrões, foram comparadas com os resultados da amostra contendo 100% de solo laterítico, verificando, também, se essa amostra estava dentro dos requisitos que o Manual do DNIT explicita. Essa comparação foi feita para determinar se as proporções da mistura solo-RCD têm melhores ou piores características, quando confrontadas com as do agregado convencional (solo laterítico). A porcentagem solo-RCD mais adequada para ser utilizada na base de pavimento, foi a que atendeu todas as especificações que o Manual de Pavimentação do DNIT determina, como mais de uma proporção atendeu aos requisitos impostos, a escolhida foi a de melhor Índice de Suporte Califórnia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.6 Agregado Reciclado de RCD: Trituração e Caracterização

Em posse do RCD, o mesmo foi levado para uma máquina trituradora, que foi disponibilizada pela Construtora Sucesso SA, onde obteve-se o agregado reciclado. O material foi recolhido do local e levado para o laboratório da Faculdade Uninovafapi, onde foi realizado o ensaio de granulometria para a para caracterização do solo. Foi realizado o ensaio de granulometria, de acordo com a NBR NM 248/2003 e os resultados obtidos foram que o material possui uma granulometria uniforme, apresentando dimensão máxima característica de 6,3 mm (1/4”), que é determinada pela peneira que possui porcentagem retida acumulado igual ou inferior a 5%, apresentando, também, uma curva granulométrica bastante íngreme.

2.6 Obtenção e caracterização geral do Solo Laterítico

A coleta do material foi realizada na cidade de Picos/PI e levado para o laboratório da Faculdade Uninovafapi, onde foi realizado o ensaio de granulometria de acordo com a NBR NM 248/2003. Com os resultados obtidos, chegou-se à conclusão de que o solo possui poucos vazios, pois as partículas menores ocupam os vazios deixados pelas maiores criando um bom entrosamento, resultando em melhores condições de compactação e de resistência.

2.7 Limite de Liquidez / Limite de Plasticidade

O ensaio para determinação do Limite de Liquidez foi realizado de acordo com a NBR 6459/2016 e os resultados foram registrados por meio da Tabela 1.

Cápsula	N.º	01	02	03	04	05
Golpes	G	12	22	32	38	48
Peso Bruto Úmido	G	16,23	14,65	13,41	16,35	14,71
Peso Bruto Seco	G	14,75	13,27	12,22	14,61	13,28
Peso da Cápsula	G	7,78	7,29	7,33	7,65	7,93
Peso da Água	G	1,48	1,38	1,19	1,74	1,43
Peso do Solo Seco	G	6,97	5,98	4,89	6,96	5,35
Umidade	%	21,2	23,1	24,3	25,0	26,7

Tabela 1: Peso das amostras do Ensaio de Casa Grande

Para a execução do gráfico do limite de liquidez, que está representado pelo Gráfico 1, foram colocados os pontos correspondentes a tabela e traçado uma reta tangenciando os pontos mais próximos. Em seguida, traçou-se uma outra reta do ponto de 25 golpes até a outra reta e depois ligou-se para o ponto de umidade, obtendo o

valor de 24,1, que é o limite de liquidez do material.

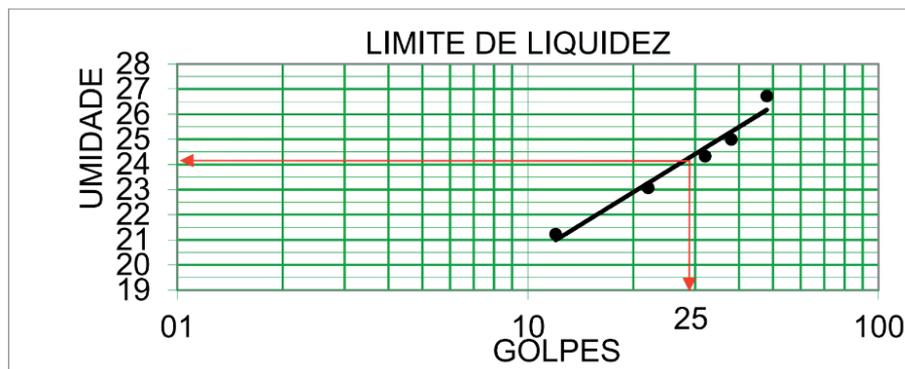


Gráfico 1: Limite de Liquidez

O ensaio para determinação do Limite de Plasticidade foi baseado na norma NBR 7180/2016. Os resultados estão descritos na Tabela 2, onde foram registrados os pesos das amostras moldadas, e assim, foi determinado o limite de plasticidade, que é uma média aritmética dos cinco pontos, desde que o valor da média não defira em 5% das outras porcentagens (NBR 7180/2016).

LIMITE DE PLASTICIDADE								
Cápsula	N.º	08	04	59	01	13	LL	24,1%
Peso Bruto Úmido	g	9,31	9,20	8,69	9,06	9,01	LP	19,5%
Peso Bruto Seco	g	9,00	8,92	8,45	8,81	8,75		
Peso da Cápsula	g	7,38	7,48	7,22	7,53	7,44		
Peso da Água	g	0,31	0,28	0,24	0,25	0,26	OBS:	4,6%
Peso do Solo Seco	g	1,62	1,44	1,23	1,28	1,31	IP:	
Umidade	%	19,1	19,4	19,5	19,5	19,8		

Tabela 2: Determinação do Limite de plasticidade

2.8 Ensaio de compactação

O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7182/2016. Com os resultados obtidos, montou-se as curvas de compactação, que estão descritas por meio dos Gráficos 2, 3, 4 e 5.

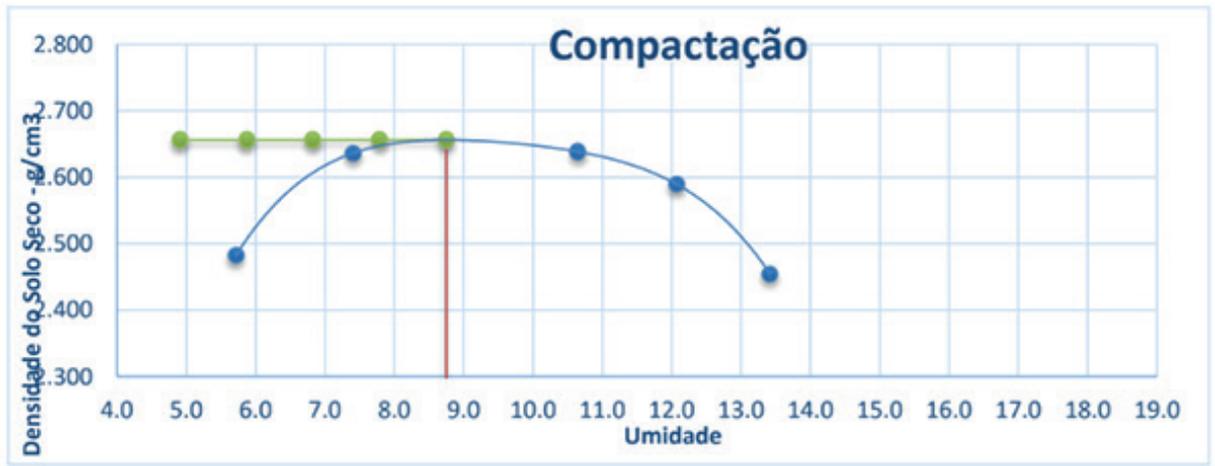


Gráfico 2: Curva de Compactação (100% Solo Laterítico)

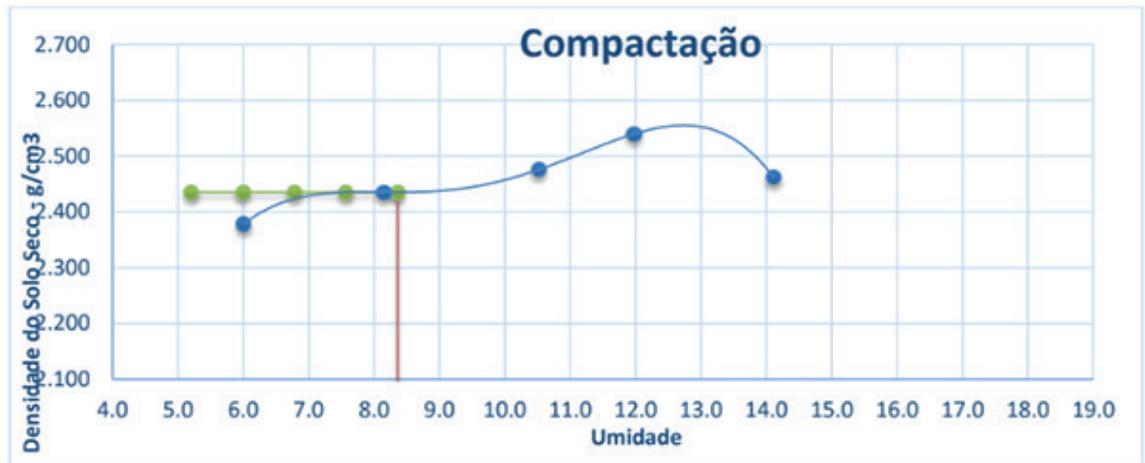


Gráfico 3: Curva de Compactação (20%RCD-80%Solo)

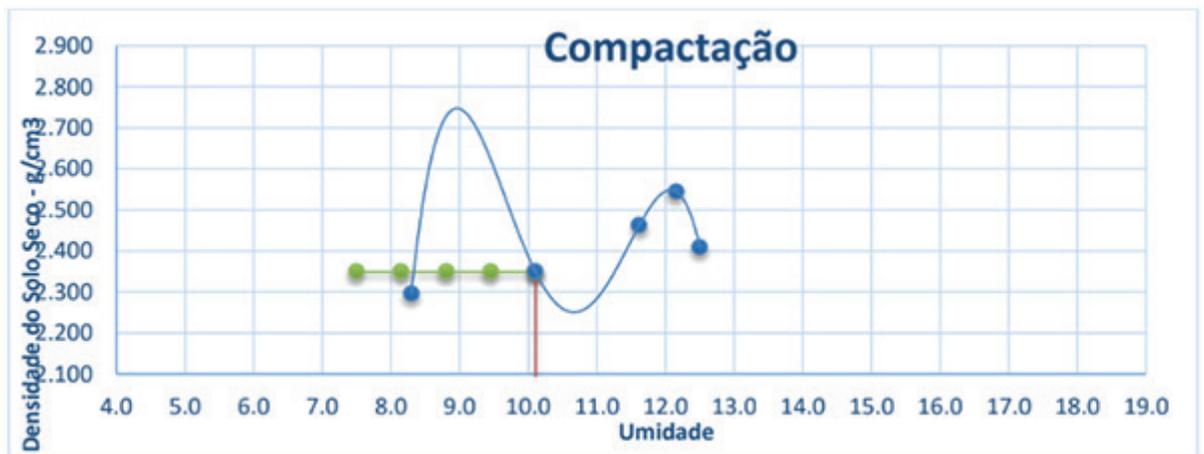


Gráfico 4: Curva de Compactação (30%RCD - 70%Solo)

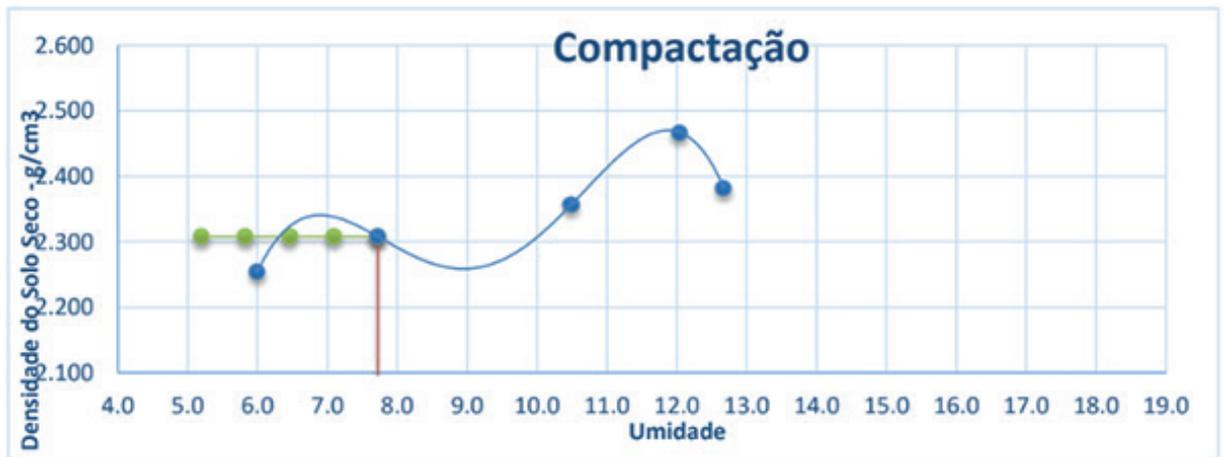


Gráfico 5: Curva de Compactação (40%RCD-60%Solo)

De acordo com os gráficos, podemos perceber que a curva de compactação das amostras associadas ao agregado reciclado de RCD, se comportaram de uma maneira totalmente diferente com relação a do solo laterítico, mas que segundo DIAS (2004), é algo normal, pois ao adicionar outros materiais ao solo, há uma mudança nas suas propriedades, e a prova disso, foi que em todas as proporções Solo-RCD utilizadas nessa pesquisa, as curvas de compactação se comportaram de maneira parecida.

2.9 Ensaio do Índice de Suporte Califórnia

O experimento foi realizado de acordo com a norma DNIT 172/2016 – ME e os resultados estão descritos por meio dos Gráficos 6, 7, 8 e 9.

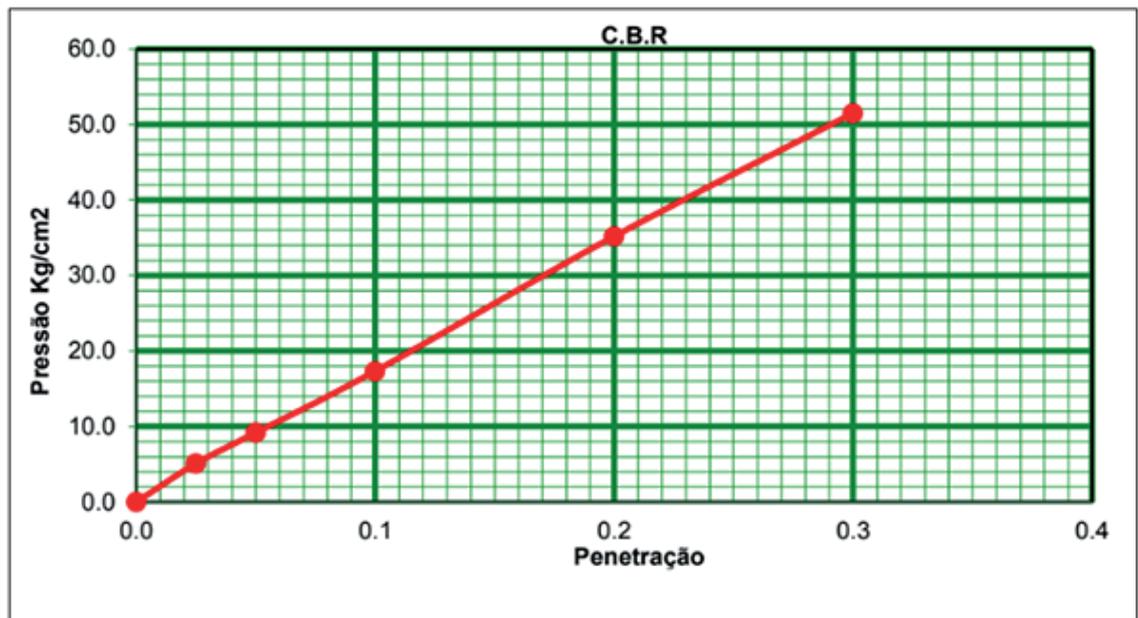


Gráfico 6: Ensaio de CBR (100% Solo Laterítico)

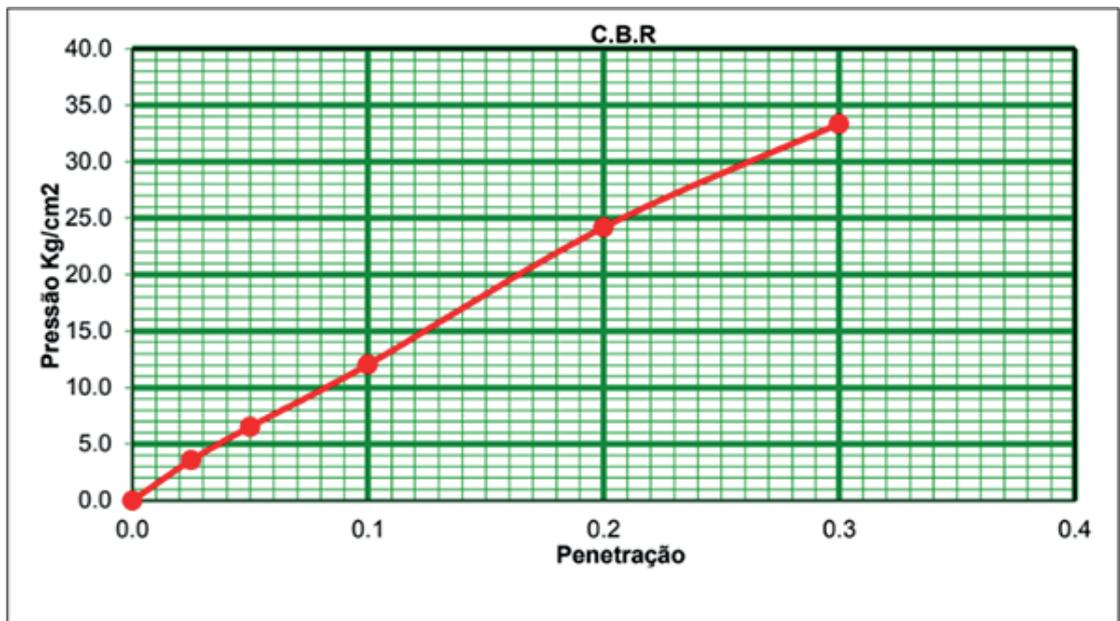


Gráfico 7: Ensaio de CBR (20%RCD-80%Solo)

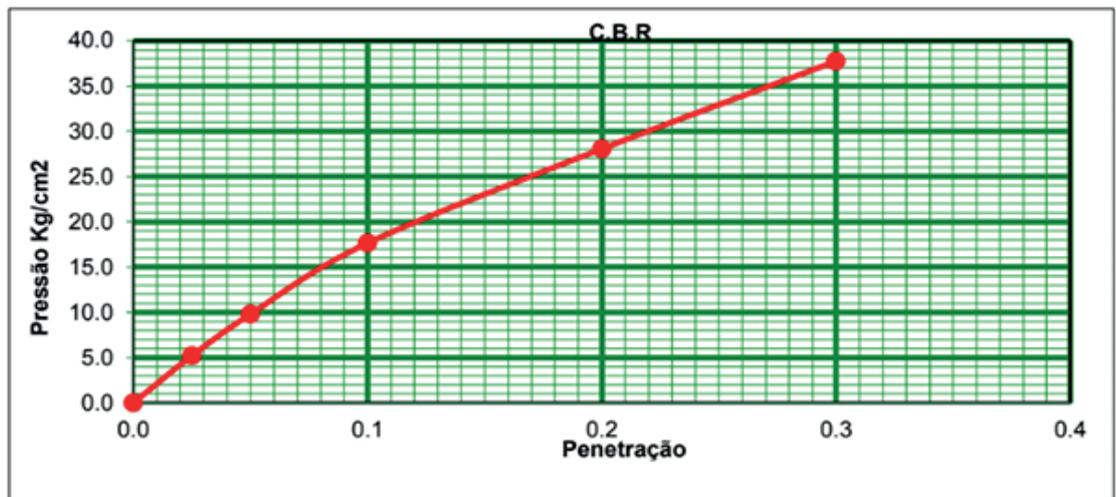


Gráfico 8: Ensaio de CBR (30%RCD-70%Solo)

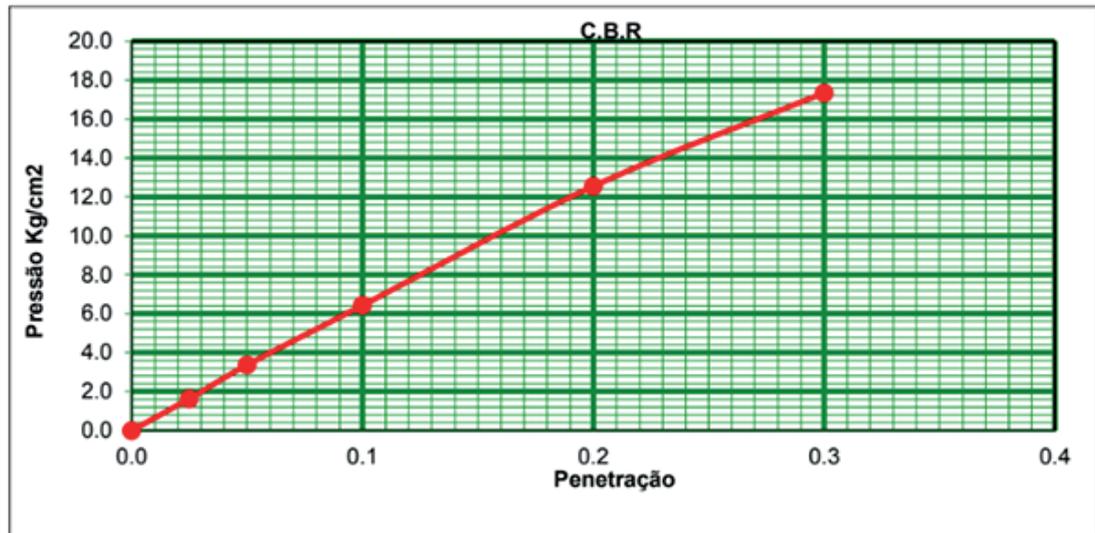


Gráfico 12: Ensaio de CBR (40%RCD-60%Solo)

De acordo com resultados obtidos no ensaio de CBR, chegou-se à conclusão que esse solo não pode ser utilizado na camada de base de pavimentos, pois o maior índice de CBR foi de 33,5% e de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, para um solo ser utilizado na base, ele precisa ter um CBR maior que 80%, logo esse solo não pode ser indicado para essa camada.

2.10 Mistura Solo-RCD para utilização na camada de sub-base

Como o solo não pode ser utilizado na camada de base, pois os resultados no ensaio de CBR não foram satisfatórios, foi verificado se, nessas proporções, esse solo pode ser utilizado na camada de sub-base, já que, como essa camada está abaixo da camada de base, ela não precisa ter um material com elevada resistência.

Segundo o Manual de pavimentação do DNIT, para um solo ser utilizado na camada de sub-base, o material precisa ter $CBR \geq 20$ e índice do Grupo $IG = 0$ para qualquer tipo de tráfego. Para o cálculo do IG foi utilizado a seguinte fórmula: (BERNUCCI et al., 2008)

$$IG = 0,2 \times a + 0,005 \times a \times c + 0,01 \times b \times d \quad (\text{Fórmula 1})$$

Onde:

a = porcentagem do solo que passa na peneira N° 200 menos 35%. Se o valor de “a” for negativo adota-se zero, e se for superior 40, adota-se este valor como limite máximo.

b = porcentagem do solo que passa na peneira N° 200 menos 15%. Se o valor de “b” for negativo adota-se zero, e se for superior 40, adota-se este valor como limite máximo.

c = valor do limite de liquidez menos 40%. Se o valor de “c” for negativo adota-se zero, e se for superior a 20, adota-se este valor como limite máximo.

d = valor do índice de plasticidade menos 10%. Se o valor de “d” for negativo

adota-se zero, e se for superior a 20, adota-se este valor como limite máximo.

RESULTADO:

%passando na peneira de N° 200: 17,8%

Limite de liquidez: 24,1%

Índice de plasticidade: 4,6%

$a = 17,8\% - 35\% = -17,2\% \rightarrow 0$

$b = 17,8\% - 15\% = 2,8\%$

$c = 24,1\% - 40\% = -15,9\% \rightarrow 0$

$d = 4,6\% - 10\% = -5,4\% \rightarrow 0$

$IG = 0,2 \times a + 0,005 \times a \times c + 0,01 \times b \times d$

$IG = 0,2 \times 0 + 0,005 \times 0 \times 0 + 0,01 \times 2,8 \times 0$

$IG = 0$

3 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, chegamos à conclusão de que esse solo não pode ser utilizado na camada de base de pavimentos, pois de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT, o solo precisa apresentar um limite de liquidez máximo de 25% com índice de plasticidade máximo de 6%, equivalente de areia mínimo de 30%, CBR maior que 80%, sendo aceito 60% em tráfegos pequenos, e expansão máxima de 0,5%. O solo apresentou resultados satisfatórios em todos os ensaios, exceto no CBR, cujo maior resultado encontrado foi de 33,5%, e por esse motivo, ele não pode ser utilizado na base de pavimentos. Como os resultados para a camada de base não foram aceitáveis, foi verificado se o material poderia ser utilizado na camada de sub-base, e conclui-se que poderia, pois, o Manual de Pavimentação relata que para sua utilização como sub-base, o material precisa ter CBR maior que 20% e índice de grupo igual a zero. O solo puro, o com 20% de RCD e o com 30%, tiveram esses resultados, logo, podem ser utilizadas nessa camada sem comprometer a estrutura do pavimento.

Percebe-se, também, que acrescentando 20% de RCD o solo apresentou uma queda no seu CBR, ao acrescentar 30%, já houve um aumento, e ao acrescentar 40%, o CBR já teve um decréscimo significativo, não servindo nem para a camada de sub-base, portanto, as proporções em torno de 30% de RCD para serem associadas ao solo, são as mais adequadas, pois 20% de RCD, é uma quantidade baixa, logo, não oferece a máxima capacidade de suporte ao solo quando misturado com RCD, e com 40% de RCD, o CBR já teve uma queda extrema, pois a quantidade de resíduos acrescido já interferiu na sua resistência.

Portanto, a proporção que apresentou melhores resultados foi a de 30% do resíduo associado ao solo, pois mesmo com a diminuição do CBR, quando

comparado ao resultado do solo laterítico puro, essa diminuição foi mínima, e seria uma destinação ambientalmente correta para descartes de resíduos da construção, logo, se as empresas utilizarem 30% de RCD nas obras de pavimentação, além da diminuição da quantidade de resíduos no planeta, ainda haveria uma redução nos custos com o aterro, já que o RCD possui um valor bem menor que o solo laterítico, sem contar a diminuição na exploração de jazidas para prospecção de material para a pavimentação. Dessa forma, além dos ganhos ambientais, haveria ganhos econômicos com a substituição da exploração de novas jazidas, por resíduos que na maioria das vezes são descartados em locais inapropriados

REFERÊNCIAS

ABDOU, M. R.; BERNUCCI, L. L. B. **Pavimento ecológico: uma opção para a pavimentação de vias das grandes cidades**. Sinal de trânsito. São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - ABRECON. **Pesquisa setorial 2014/2015**. São Paulo, 2015. Disponível em: http://www.abrecon.org.br/pesquisa_setorial/. Acesso em: 11/03/17

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro. Abeda, 2008.

CANDIOTTO, C.*et al.* **Fundamentos da pesquisa científica: teoria e prática**. Editora Vozes, 1ª edição, 2011. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 1986.

CARDOSO, A. C. F. *et al.* **Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 31, 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 2002. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em 07/03/17.

CRISTO, F. I. de *et al.* **Parâmetros operacionais para implantação de uma recicladora de resíduos da construção civil**. CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 2014, Natal. Anais eletrônicos... Natal: Associação Brasileira de Custos, 2014. 16 p.

DIAS, J. F. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo**. São Paulo, 2004. 263p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

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 Agrônomo 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 978-85-7247-188-6

