

Estudo prévio sobre o uso de resíduo de olarias como material alternativo para pavimentação

Aecio Guilherme Schumacher

Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil
aecioschumacher@gmail.com

Rodrigo José Costa Nóbrega

Universidade de Vila Velha – Brasil
rjcnobrega@gmail.com

Denise Souza Gotardo Schneider

Instituto Federal do Espírito Santo – Brasil
degotardo@gmail.com

ABSTRACT

Currently, in the Espírito Santo state, there are dozens of pottery workshops that produce ceramic artifacts. However, during the manufacturing process, mainly in step of burning of raw material molded, some artifacts are fragmenting, generating a significant amount of the tailings dam. One of the main alternatives to discard these dam, comes down to the application of the same in secondary roads, however without any type of technical evaluation. In view of the exposed, this work had as objective to assess the technical feasibility of the use of the residue of red ceramic as material for paving based on existing standards DNIT. This study was carried out based on bibliographies, field observations, testing of granulometry, plasticity, liquidity, compression and the subsequent classification from material according to the classification system of HRB. According to the information field and experimental results obtained in the laboratory, it is perceived that the residue in question has met the requirements of the existing rules, being a possible option of alternative materials to be used in the construction of bases and sub-bases of transport route.

Keywords: Residue; Red ceramic; Paving

1. INTRODUÇÃO

Impulsionadas pela grande demanda da construção civil, hoje em todo país, é grande o número de indústrias de cerâmica vermelha, voltadas principalmente para a produção de telhas e blocos cerâmicos. (SEBRAE, 1995). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (IBGE), o País conta com 4.679 empresas cerâmicas, das quais, cerca de 4.500 são produtoras de cerâmica vermelha. A produção média por empresa gira em torno de 1.000.000 de peças/mês. Tendo em vista os preços praticados atualmente no mercado e a produção global do segmento de cerca de 5 bilhões de peças por mês, estima-se que o faturamento anual do segmento de cerâmica vermelha é da ordem de 18 bilhões de reais. Além disso, esse segmento contribui para geração de empregos com 293 mil diretos e 900 mil indiretos (ANICER, 2011).

Apesar da expressiva produção apontada, a tecnologia das cerâmicas ainda é antiga, desenvolvida há mais de 50 anos, conforme referido por Zandonadi (1996) e reafirmado por Dualibi (1999). Além

disso, as mudanças e os avanços tecnológicos, principalmente, no que diz respeito as técnicas de produção, têm ocorrido de forma lenta, fazendo com que esse setor seja ainda marcado por mão de obra desqualificada, alto índice de rotatividade e processos produtivos arcaicos (SILVA, 2007). Nesse contexto, o setor voltado para a produção de cerâmica vermelha, destaca-se, entre os demais setores da indústria cerâmica, pois tem como características a geração de um volume considerável de resíduos em seu processo de fabricação (CASSA et al., 2001).

Hoje, no Espírito Santo, as olarias geram diariamente uma quantidade significativa de rejeitos a serem descartados. Tais rejeitos são aplicados principalmente pelas prefeituras locais, como medida para melhorar as condições de tráfego em estradas vicinais.

No entanto, embora a aplicação do resíduo de cerâmica vermelha, seja realizada de forma direta e sem qualquer padronização, é possível observar que uma vez fragmentado, misturado com o solo e compactado pela ação dos próprios veículos, esses rejeitos dão origem a uma base sólida e consistente, muito semelhante às bases utilizadas na pavimentação rodoviária. Todavia, pouco material científico foi encontrado a respeito do assunto, o que reforça a necessidade deste estudo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica de utilização dos resíduos de cerâmica vermelha, como agregados para a construção de bases e sub-bases de vias pavimentadas, como base nas principais normas vigentes do DNIT.

2. REVISÃO

2.1 Contextualização e reaproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha

A indústria cerâmica é uma grande consumidora de matérias-primas minerais, sejam elas in natura ou beneficiadas, cujas variedades empregadas variam de acordo com o tipo de produto e a localização das unidades de produção. Neste setor, verifica-se a presença de diferentes tipos de estabelecimentos, com características distintas quanto aos níveis de produção, qualidade dos produtos, índices de produtividade e grau de mecanização (SCHUMACHER et al., 2015).

Em virtude do grande número de indústrias e, conseqüentemente, a elevada produção de peças cerâmicas, também é grande o número de resíduos gerados neste processo de fabricação. (REDIVO, 2011). As perdas ocorrem com mais frequência em duas etapas do processo fabril: na conformação da peça, sendo que os resíduos gerados nessa etapa são reincorporados novamente ao sistema; e após a queima, onde no qual os resíduos não podem ser reincorporados. As perdas posteriores ao processo de queima são provenientes basicamente de quebras das peças no carregamento e descarregamento dos fornos e caminhões transportadores e também da queima em excesso de algumas peças. Tais perdas podem chegar a 10% da produção, o que equivale a aproximadamente 200 kg ou 0,2 toneladas de fragmentos por milheiro de peças (MME, 2009).

Diante do volume significativo de resíduo gerado anualmente pelas indústrias de cerâmica vermelha, estabelecer uma destinação adequada para esses resíduos, consiste em grande desafio, pois normalmente, os resíduos gerados pela indústria ceramista têm como destino o lixo ou o descarte inadequado no meio ambiente (DIAS, 2004).

Do ponto de vista tecnológico, os resíduos cerâmicos apresentam potencialidade de uso variado, podendo ser utilizados como agregado para concreto, argamassa ou artefatos de cimento (BASTOS E CERRI, 2004), material para camadas de pavimentos (DIAS, 2004), cobertura de quadra de tênis e, ainda, serem reaproveitados no próprio processo de produção da indústria cerâmica (RIPOLI FILHO, 1997)

Cavalcante et al. (2006), avaliaram o comportamento dos resíduos da produção de blocos e lajotas cerâmicas das olarias do Estado de Sergipe. Nesta pesquisa os resíduos foram triturados através de um cilindro de compactação, onde se utilizou a energia Proctor Normal. O material resultante desta trituração foi misturado com solo tropical, tipicamente laterítico, arenoso, do município de Pacatuba, no Estado de Sergipe e avaliado através de ensaios de CBR. (REDIVO, 2011).

Em Hong Kong, Poon e Chan (2006), citado por Redivo (2011), apresentaram um estudo sobre a mistura de agregados reciclados de concreto e tijolo triturado como agregados na produção de blocos de pavimentação. Os resultados indicaram que a incorporação de tijolo triturado reduziu a densidade, as resistências à compressão e à tração dos blocos de pavimentação. Em misturas compostas por 50% de cacos de tijolos em sua composição, a alta absorção de água pelas partículas de tijolo triturado fez com que a absorção dos blocos também aumentasse, diminuindo a resistência dos mesmos. Porém, em misturas com 25% de cacos de tijolos, os blocos foram aprovados nos requisitos mínimos para a utilização em zonas com tráfego leve.

2.2 Investigação preliminar da produção do resíduo de cerâmica vermelha no estado do Espírito Santo

Em estudo preliminar, conforme Schumacher et al. (2015), primeiramente fez-se uma investigação de alguns trechos de estradas vicinais, revestidos com o resíduo de cerâmica vermelha, por um período entre dezembro de 2013 e fevereiro de 2014. Nas visitas realizadas aos trechos, pode-se observar visualmente que o resíduo depositado nas vias apresentava uma acomodação rígida e bem distribuída ao longo da superfície da via.

Uma vez realizado o processo de observação descrito anteriormente, surgiu a necessidade de conhecer qual era o índice de geração do resíduo cerâmico. Mediante a isso, no período entre março e julho de 2014, decidiu-se visitar seis olarias, localizadas em cinco municípios distintos do Espírito Santo, sendo eles: Linhares, Colatina, João Neiva, São Roque do Canaã e Itapemirim.

Ressalta-se que principalmente na região noroeste do estado, onde estão localizados os municípios de Colatina, João Neiva e São Roque do Canaã, as características do solo predominante são mais adequadas para a produção de artefatos de cerâmica vermelha, o que justifica o maior número de olarias concentradas nessa região. Entretanto, a produção de cerâmica vermelha estende-se por outros municípios de norte a sul do estado, como por exemplo, Linhares e Itapemirim. Além do solo presente na região, na produção de blocos e telhas de cerâmica vermelha, as olarias adicionam resíduos de outras indústrias para melhorar algumas características.

Geralmente os produtos utilizados juntamente à argila na fabricação dos produtos cerâmicos, são resíduos provenientes de outras atividades industriais, como é o caso da lama de beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO), da lama de cal e da lama de alto forno.

Para um melhor detalhamento do volume de rejeitos utilizados na composição dos artefatos, foi feito um levantamento utilizando um questionário previamente elaborado e aplicado em todas as unidades visitadas. As informações obtidas foram convertidas em gráficos e planilhas, conforme a **Tabela 1** a seguir e os **Gráficos 1 e 2**, logo abaixo, com o intuito de facilitar a visualização dos dados coletados e assim estimar a produção mensal de resíduos de cerâmica vermelha no Espírito Santo.

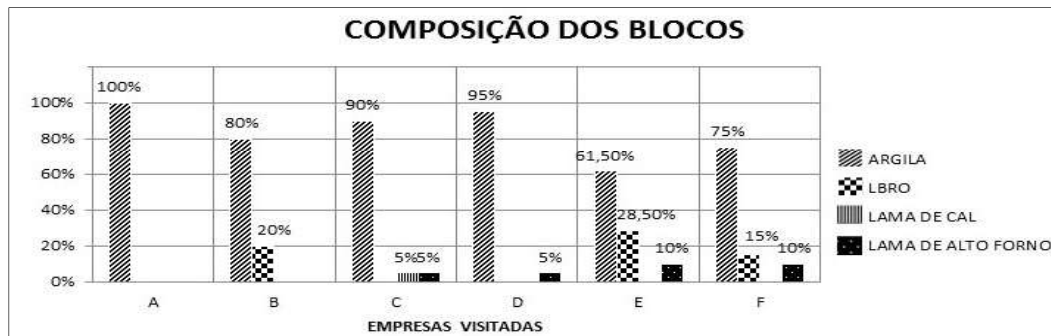
Tabela 1: Dados coletados nas empresas visitadas.

| Empresa | Colaboradores | Produto | Quantidade (mil unid.) | Matéria-prima consumida (ton) | Resíduos incorporados (ton) | Resíduo gerado (ton) | Sub-total resíduo gerado (ton) | (%) Resíduo gerado | Produtividade |
|--------------|---------------|---------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|---------------|
| A | 55 | Telhas | 600 | 2400 | - | 73 | 110 | 5% | 43.6 |
| | | Blocos | 300 | | | 37 | | | |
| B | 40 | Telhas | - | - | - | - | 115 | 4% | 75.0 |
| | | Blocos | 1000 | 3000 | 600 | 115 | | | |
| C | 30 | Telhas | - | - | - | - | 40 | 2% | 66.7 |
| | | Blocos | 600 | 2000 | 78 | 40 | | | |
| D | 45 | Telhas | - | - | - | - | 100 | 3% | 70.0 |
| | | Blocos | 600 | 3150 | 78 | 100 | | | |
| E | 114 | Telhas | 1000 | 4760 | 1591 | 326 | 423.5 | 9% | 41.8 |
| | | Blocos | 300 | | | 97.5 | | | |
| F | 105 | Telhas | 1600 | 7000 | 1227 | 753.5 | 871.5 | 12% | 66.7 |
| | | Blocos | 250 | | | 118 | | | |
| TOTAL | 389 | | 6250 | 22310 | 3574 | 1660 | 1660 | | |

Fonte: Schumacher, 2015

Os **Gráficos 1 e 2** mostram os percentuais de adição de cada subproduto na composição de blocos e telhas.

Gráfico 1: Composição dos blocos.



Fonte: Schumacher, 2015

Gráfico 2: Composição das telhas.



Fonte: Schumacher, 2015

De acordo com **Gráfico 1**, é possível observar, que a argila é a matéria prima empregada em maior quantidade no processo de fabricação dos blocos cerâmicos, sendo utilizada com exclusividade por algumas empresas, como é o caso da empresa A, por exemplo.

Além disso, observa-se que outra matéria prima muito utilizada pelas indústrias cerâmicas, e em quantidade significativa, é a LBRO que entre as 6 (seis) empresas visitadas, encontra-se presente no processo de fabricação de 3 (três) delas. Também pode-se visualizar, que a lama de cal e a lama de alto forno, são outros materiais empregados na fabricação dos produtos cerâmicos, embora em menor quantidade.

Também por meio do mesmo gráfico, ainda é possível constatar, que embora as empresas apresentem processos de fabricação aparentemente distintos, as matérias primas utilizadas são muito semelhantes. Todavia, a variação mais expressiva entre a composição de seus produtos, concentra-se basicamente na quantidade dos materiais utilizados por cada empresa.

Já em relação ao **Gráfico 2**, observa-se que algumas indústrias ceramistas, não trabalham com a produção de telhas, como é o caso das empresas B, C e D. Entretanto, é possível observar que as demais empresas visitadas, assim como na produção de blocos, utilizam a argila como matéria prima principal, e algumas vezes, única, como é o caso da empresa A.

Outro aspecto que pode ser constatado com base no **Gráfico 2**, é a semelhança entre os tipos de matérias primas utilizados, ou seja, embora com percentuais diferentes, as telhas produzidas pelas empresas visitadas, apresentam basicamente os mesmos materiais em sua composição.

Ainda referente ao **Gráfico 02**, também merece destaque, o fato de que mesmo que as matérias primas utilizadas pelas indústrias sejam empregadas em quantias diferentes, assim como ocorre na fabricação dos blocos, a ordem de grandeza de consumo entre elas, é o mesmo para cada uma das empresas. Em outras palavras, pode-se dizer que em todas as olarias, a ordem ascendente de consumo dos materiais utilizados por elas, é exatamente a mesma, e o que varia entre elas, é apenas o percentual de cada um dos materiais.

Ao observar a aplicação dos resíduos de cerâmica vermelha e sua acomodação no leito da via decorrente do tráfego de veículos, notou-se que os fragmentos desses resíduos, quando depositados em pequenas camadas, sobre uma superfície muito rígida e compactada, não apresentavam uma boa eficiência. A ação dos veículos em um processo contínuo de fragmentação, não garante a fixação do material ao solo, podendo apenas reduzi-lo a um pó extremamente fino e avermelhado.

Todavia, quando tal resíduo era aplicado em períodos chuvosos, nos quais o leito da via encontrava-se macio, ou em trechos, onde realizava-se um nivelamento simples, geralmente com uma motoniveladora, antes da aplicação do material, e formava-se uma pequena camada de solo frouxo, os fragmentos de cerâmica apresentavam uma eficiência muito significativa. Assim sendo, observou-se que, com o auxílio das partículas não compactadas do solo (soltas), que atuam como uma espécie de “ligante” entre os fragmentos, ao final do processo, formava-se uma base rígida e uniforme no local da aplicação.

A partir dessa constatação, decidiu-se realizar uma investigação das características deste material recolhendo amostras formadas pela interação entre os fragmentos cerâmicos e o solo local para realização de ensaios normatizados pelo DNIT para caracterização de materiais.

3. METODOLOGIA

Para a caracterização do material formado pela interação entre os fragmentos cerâmicos e o solo local e presente nas camadas constituintes das estradas vicinais, foram retiradas amostras de um trecho localizado na divisa dos municípios de Itaguaçu e São Roque do Canaã, no Espírito Santo. Durante a coleta, as amostras foram retiradas da parte inferior do leito da via com o auxílio de uma picareta, como mostra a **Figura 1**.

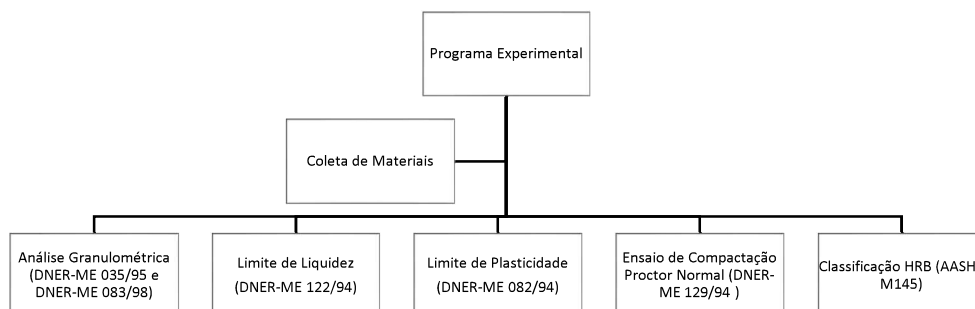
Figura 1: Coleta de amostras



Fonte: Schumacher, 2015

Após ter sido realizada a coleta das amostras, o material coletado foi caracterizado de acordo com os ensaios previstos no seguinte programa experimental, **Figura 2**:

Figura 2: Programa Experimental



Fonte: Autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realizada a coleta de uma amostra do material de interesse e a realização de ensaios de caracterização e classificação da mesma.

A **Tabela 2** apresenta um resumo dos resultados dos ensaios de caracterização granulométrica, envolvendo as percentagens passantes nas peneiras de números 4, 40 e 200, as percentagens das frações

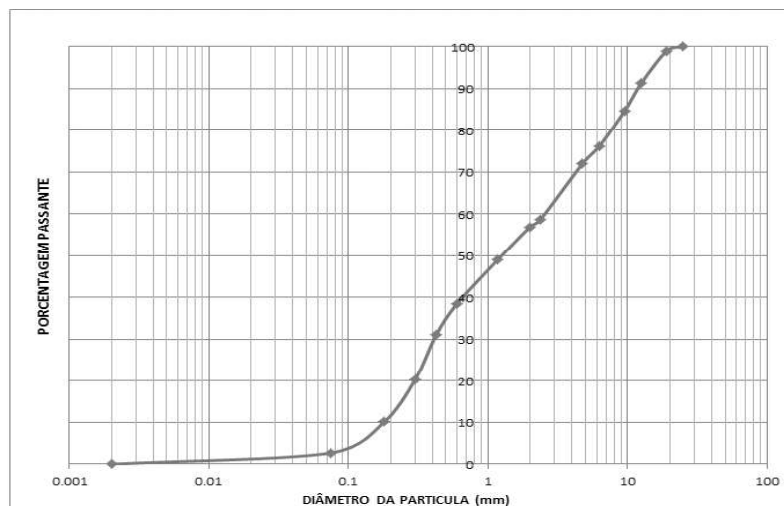
pedregulho, areia, silte e argila para o solo em estudo. Nota-se a predominância da fração areia com quantidade considerável de finos. A curva de distribuição granulométrica é apresentada no **Gráfico 3**.

Tabela 2: Aspectos granulométricos do solo puro.

| Peneira (abertura,mm) | (%) Passante | Material | (%) |
|------------------------------|---------------------|--------------------|------------|
| #4 (4,76) | 72 | Pedregulho(%) | 28 |
| #40 (0,42) | 31,07 | Areia (%) | 62 |
| #200 (0,074) | 2,71 | Silte e Argila (%) | 10 |

Fonte: Schumacher, 2015

Gráfico 3: Curva granulométrica.



Fonte: Schumacher, 2015

Além do ensaio de caracterização descrito acima, foram realizados ensaios do limite de liquidez (w_L), limite de plasticidade (w_P), determinação do índice de plasticidade (IP), e, ainda, sua classificação HRB. Os resultados são mostrados na **Tabela 3**.

Tabela 3: Limite de liquidez, limite de plasticidade, índice de plasticidade e classificação geotécnica.

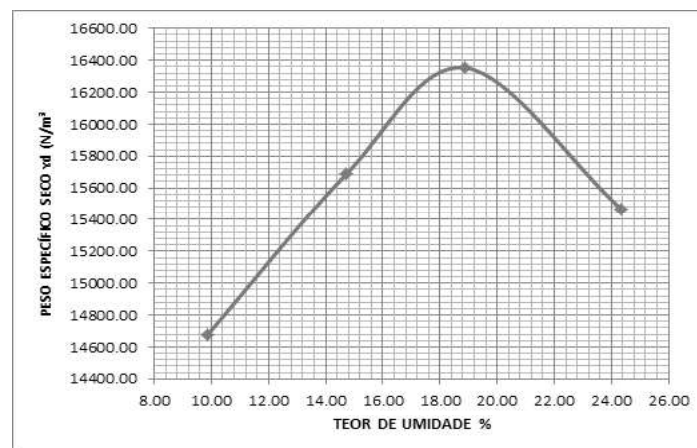
| Parâmetro | Resultado |
|------------------|------------------|
| w_L (%) | 41 |
| w_P (%) | 22,19 |
| IP (%) | 18,81 |
| HRB | A-2-7 (0) |

Fonte: Schumacher, 2015

De acordo com os resultados constatou-se que o solo utilizado na presente pesquisa é classificado pelo sistema de classificação HRB como pertencente ao grupo A-2-7(0), apresentando comportamento de excelente a bom como material de subleito, possuindo boa trabalhabilidade como material de construção, quando devidamente compactado.

Durante a etapa de caracterização do solo, também foi realizado o ensaio de compactação pelo método de Proctor normal. O ensaio foi repetido para quatro amostras, contendo diferentes teores de umidade, resultando em uma curva de compactação característica, conforme pode ser visualizado no **Gráfico 4**.

Gráfico 4: Curva de compactação.



Fonte: Schumacher, 2015

Com base nos resultados do ensaio de compactação, representados por meio da curva disposta acima, foi possível realizar uma comparação com as curvas de compactação típicas dos principais tipos de solo, disponibilizadas pela literatura, conforme a **Figura 3**. Por meio dessa comparação, observou-se que a curva gerada a partir do ensaio de compactação, é muito semelhante à curva dos solos silte arenosos, presente na representação do gráfico, o que por sua vez, reafirma a classificação HRB realizada pelo método M 145 AASHTO, citada anteriormente, a qual classifica o solo como pertencente a faixa correspondente a pedregulho e areia siltosos ou argilosos.

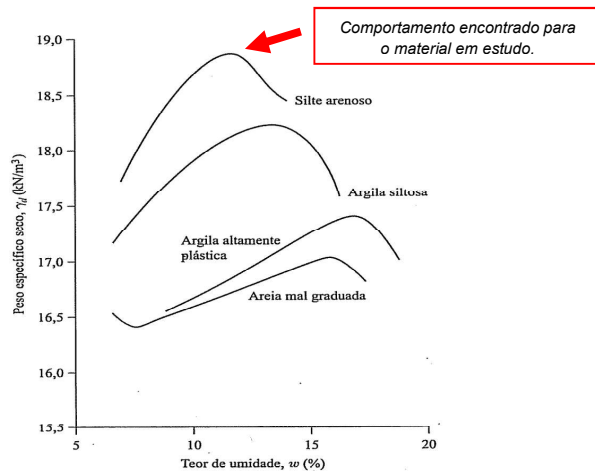
Outra analogia relacionada à curva obtida pelo ensaio de compactação, diz respeito à comparação entre a curva do solo analisado e os tipos de curvas de compactação encontrados em vários solos de acordo com a variação do limite de liquidez, presente na literatura conforme a Tabela 4 e a Figura 4.

Tabela 4: Resumo dos tipos de curvas de compactação.

| Tipo de curva de compactação (Figura 6.5) | Descrição da curva | Límite de liquidez |
|---|---------------------|-----------------------------|
| A | Formato de sino | Entre 30 e 70 |
| B | Um pico e meio | Menor que 30 |
| C | Pico duplo | Menor que 30 e maior que 70 |
| D | Formato assimétrico | Maior que 70 |

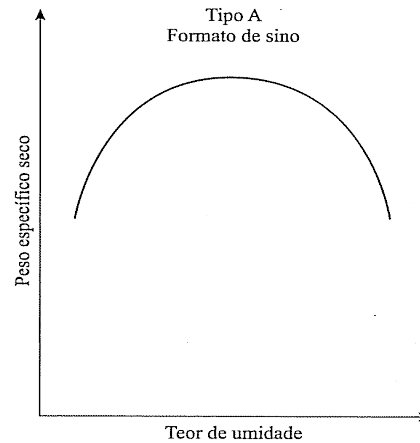
Fonte: Das (2012, p. 106)

Figura 3: Curvas dos principais tipos de solo.



Fonte: Das (2012, p. 105)

Figura 4: Curva com formato de sino



Fonte: Das (2012, p. 106)

De acordo com a **Tabela 4** e a **Figura 4**, observa-se que os solos que possuem limite de liquidez variando entre 30 e 70 %, quando submetidos ao ensaio de compactação, apresentam uma curva com formato de sino. Baseado nessa informação, quando compara-se a configuração da curva gerada a partir do ensaio de compactação, Gráfico 4, com o formato da curva presente na **Figura 4**, é possível observar que ambas possuem um formato muito semelhante entre si, ou seja, o formato de um sino, o que por sua vez, enfatiza a veracidade do limite de liquidez de 41% da amostra, que está situado justamente entre o intervalo de 30 e 70%, onde predominam-se as curvas com formato de sino, conforme informado anteriormente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados encontrados, foi possível concluir que o material em estudo apresenta viabilidade para ser utilizado em camadas de subleito na pavimentação de estradas. Pelo sistema HRB de classificação do solo de acordo com o método M 145 AASHTO e a posterior determinação do seu índice de grupo enquadraram o material como sendo A-2-7 (0) o que diz que o material é de excelente a bom para utilização em subleito de rodovias.

Os resultados de compactação corroboraram com os resultados apresentados na classificação HRB, mostrando o comportamento de um solo silte arenoso, com limite de liquidez entre 30 e 70%, sendo este material adequado para uso em obras de pavimentação.

Na oportunidade, sugerimos nas próximas pesquisas: realizar a classificação pelo Sistema Unificado (SU) para um melhor entendimento do tipo de solo em estudo; realizar de ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Resistência à Compressão para investigação das características mecânicas do material e; realizar um estudo de dosagem, com incorporação de diferentes percentuais de resíduo e solo natural para verificar a melhor composição para uso em camadas de base e sub-base.

REFERÊNCIAS

ANICER. **O suprimento de matérias-primas para a indústria de cerâmica vermelha no Brasil.** Revista da ANICER, Ano 14, ed. 73, p. 24, 2011.

BASTOS, G.D.A.; CERRI, J.A. **Avaliação do desempenho de argamassa de assentamento e revestimento produzidas com resíduos de construção.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, Curitiba, 2004. 48º CBC. São Paulo: ABC, 2004.

CASSA, J. C. S.; BRUM, I. A. S.; CARNEIRO, A. P.; COSTA, D. B.; **Diagnóstico dos setores produtivos de resíduos na região metropolitana de Salvador – BA.** Salvador: EDUFA; Caixa Econômica Federal, 2001. Cap. 2. Projeto Entulho Bom.

DIAS, João Fernando. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para o seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo.** São Paulo, 2004. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

DUAILIBI, F.J. **Mercado de cerâmica vermelha estrutural.** ABC Informativo, n. 26, 1999.

MME. **Análise-síntese da transformação mineral no Brasil.** Brasília: SGM, 2009.

POON, C. S. and CHAN, D. **Paving blocks made with recycled concrete aggregate and crushed clay brick.** Construction and Building Materials 20, 2006.

REDIVO, Israel Maccari. **Utilização de resíduo de cerâmica vermelha em misturas com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volume de tráfego.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2011.

RIPOLI FILHO, F. **A utilização do rejeito industrial cerâmico – chamo-te como fator de qualidade na fabricação de elementos cerâmicos: um estudo experimental.** São Paulo, 1997.

SCHUMACHER, Aécio Guilherme. **Diagnóstico preliminar sobre o uso de resíduos de cerâmica vermelha em obras de pavimentação.** Revista Científica Semana Acadêmica, v. 01, ed. 71, ago. /2015. Disponível em: < <http://www.semanaacademica.org.br> >.

SEBRAE. Rio Grande do Sul. **Manual de cerâmica vermelha.** Porto Alegre, 1995.

SILVA, Mônica Maria Pereira da. **Avaliação de perdas de blocos cerâmicos em Pernambuco: Da indústria ao canteiro de obras.** 2007. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Pró-reitoria Acadêmica, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007.

ZANDONADI, A.R. **Cerâmica estrutural.** In: Anuário Brasileiro de Cerâmica. São Paulo: ABC, 1996.