

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR SOBRE O USO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA EM OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO

Aecio Guilherme Schumacher ¹

Prof. MSc. José Alves Rodrigues ²

Prof. Ph.D. Jamilla Emi Sudo Lutf Teixeira ³

RESUMO

Atualmente, no Espírito Santo, existem dezenas de olarias localizadas de norte a sul do estado, que geram diariamente uma quantidade significativa de rejeitos a serem descartados. Uma das principais alternativas de descarte desses rejeitos, resume-se principalmente à aplicação dos mesmos, pelas prefeituras locais em trechos críticos e também pelas próprias indústrias do setor, na conservação das vias de acesso às jazidas de matéria prima. O enfoque deste estudo foi realizado com base em bibliografias e observações de campo e visa demonstrar a viabilidade de utilização do resíduo de cerâmica vermelha em obras de pavimentação. De acordo com as informações obtidas, percebe-se que o resíduo em questão, hoje sem uma destinação adequada, apresenta-se como uma possível opção de material alternativo a ser empregado na construção de bases e sub-bases de vias de transporte.

Palavras – Chave: Resíduo, cerâmica vermelha, pavimentação.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, tornou-se uma prática comum, a utilização de materiais como solo brita, brita e lastro ferroviário, na conservação de estradas de terra, principalmente em trechos críticos, com tendência a formarem grandes “atoleiros”

¹ Engenheiro Ambiental, Graduando em Engenharia Civil - (FAESA)- (aecioschumacher@gmail.com)

² Prof dos Cursos de Graduação - (FAESA) - (josehrodrigues1965@gmail.com)

³ Profª do Centro Tecnológico, Departamento de Engª Civil - (UFES) - (jamilla.teixeira@ufes.br)

em períodos chuvosos. Além dos materiais citados, também tem se observado, em trechos de algumas estradas vicinais o uso de resíduos de cerâmica vermelha (cacos de telha e lajota). A partir dessa observação, avaliou-se a possibilidade de utilização dos resíduos de cerâmica vermelha, como agregados para a construção de bases e sub-bases de vias pavimentadas, como é feito com os fragmentos de rocha, utilizados tanto para a aplicação avulsa em estradas de terra, ou na construção das camadas de sustentação de vias de transporte.

Geralmente, os resíduos de cerâmica vermelha, são utilizados em estradas vicinais de municípios onde estão presentes as indústrias de cerâmica. Esse material é aplicado principalmente pela prefeitura local, como medida para melhorar as condições de tráfego em estradas de terra durante os períodos chuvosos. Além disso, as próprias olarias do setor aproveitam o retorno dos caminhões, geralmente vazios, utilizados no transporte de argila, para transportar e aplicar os resíduos de cerâmica, com o objetivo de melhorar as condições dos trechos, amplamente utilizados por elas.

O processo de produção de artefatos cerâmicos permite a incorporação de outros materiais juntamente à argila. Tais materiais geralmente tratam-se de outros resíduos de processos industriais, que recebem uma destinação sustentável quando incorporados à argila durante o processo de fabricação da cerâmica vermelha. Entre esses materiais, está a LBRO (lama de beneficiamento de rochas ornamentais), que não influencia muito na otimização da qualidade final do artefato produzido, mas mesmo assim, está presente em boa parte das telhas e blocos. A LBRO é utilizada principalmente, por permitir uma padronização do teor de plasticidade da argila e proporcionar uma economia de matéria prima, pois grande parte das olarias compra sua matéria prima (argila), enquanto a LBRO é um material doado por empresas responsáveis pelo beneficiamento de rochas ornamentais. Entretanto, na maioria das vezes, a LBRO não é utilizada em maior escala na produção de cerâmica vermelha, em virtude dos entraves nos processos ambientais com relação a esse tipo de utilização.

Outro material utilizado na indústria cerâmica é a lama de alto forno, resíduo proveniente de usinas siderúrgicas, incorporado à argila, com o objetivo de otimizar o processo da queima dos artefatos e assim diminuir o tempo e a quantidade de

material utilizado para alimentar os fornos, onde ocorre o processo de queima. Além dos materiais citados, outro resíduo que também é incorporado à argila, é a lama de cal, proveniente das indústrias de celulose, que basicamente, assim como a LBRO, é utilizada por proporcionar uma economia de matéria prima (argila).

Diante desse contexto, é importante ressaltar, que este trabalho buscou investigar junto à bibliografia e a práticas realizadas em campo, a possibilidade de utilização de resíduos de cerâmica vermelha em obras de pavimentação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

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.

A produção de matérias-primas cerâmicas é feita, em sua maioria, por empresas de pequeno e médio porte, de capital nacional. (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).

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. Pode-se chamar de resíduos as peças inteiras, de tijolos e telhas, que não apresentam, após a etapa de queima nos fornos, as características técnicas exigidas para a comercialização e, também, os fragmentos oriundos das quebras das peças durante os deslocamentos a que são submetidas. Assim sendo, denomina-se, então, por “quebras da produção”, o percentual de telhas ou tijolos, refugados após a etapa da queima, que constituem os resíduos gerados – chamados popularmente de cacos (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 (MME, 2009).

Diante do atual panorama tecnológico, pode-se afirmar que a geração de refugos após a queima é uma questão de qualidade. É possível controlar, entretanto, não é possível eliminar totalmente. O percentual de quebra apresenta-se muito variável de indústria para indústria, como também de região para região (DIAS, 2004).

Em geral, empresas com alto índice de perdas apresentam blocos sem dimensões padronizadas, com baixa resistência mecânica ao choque ou à compressão e sem uniformidade de coloração (IEL, 1998).

O índice de perdas na etapa de pós-queima, pode variar de 5% a 20%, conforme o tipo de indústria, ou seja, das rústicas às mais modernas. No Brasil, devido à diversidade das unidades de produção, estima-se que o valor, em média, das perdas chega a cerca de 10%, o que equivale a aproximadamente 200 kg ou 0,2 toneladas de fragmentos por milheiro, considerando o peso médio de 2 mil kg por milheiro (MME, 2009).

Segundo Bustamante e Bressiani (2000), a indústria de cerâmica vermelha movimenta cerca de 60 milhões de toneladas de matéria prima por ano, o que representa 54 milhões de toneladas transformadas em produtos. Nessa situação, durante o ciclo de produção, a perda média fica em torno de 3 a 5%, podendo gerar, por ano, 1,6 a 2,7 milhões de toneladas de resíduo, provenientes do descarte de produtos com algum tipo de defeito que impeça a sua utilização conforme as exigências das normas vigentes (COSTA *et al.*, 2003).

Diante do volume significativo de resíduo gerado anualmente pelas indústrias de cerâmica vermelha, estabelecer uma destinação adequada para esses resíduos, consiste em grande desafio. Normalmente, os resíduos gerados pela indústria ceramista têm como destino o lixo ou o descarte inadequado no meio ambiente. Entretanto, esses rejeitos podem ser transformados em matéria prima de qualidade para construção civil, tornando a atividade sustentável e oferecendo alternativas para a execução de pavimentos de ruas e estradas, o que permite a retroalimentação do processo e, com isso, ganha a indústria, a sociedade, o poder público e, sobretudo, a natureza (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; CAVALCANTE *et al.*, 2006) cobertura de quadra de tênis e, ainda, serem reaproveitados no próprio processo de produção da indústria cerâmica (RIPOLI FILHO, 1997).

O reaproveitamento dos resíduos de cerâmica vermelha apresentado por Ripoli Filho (1997) consiste na utilização do rejeito industrial cerâmico chamado de chamote, o qual, trata-se do resíduo cerâmico triturado ou moído. Tal rejeito, quando adicionado à massa argilosa em percentuais adequados, pode contribuir para ajustar

a trabalhabilidade da massa, melhorar o grau de empacotamento, em função da sua granulometria e facilitar a secagem das peças (VIEIRA et al., 2004).

Recentemente, uma pesquisa realizada por Dias (2004), citado por Redivo (2011) avaliou os resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para a utilização em camadas de pavimento de baixo custo. Na pesquisa foram utilizados, exclusivamente, cacos de telhas, coletados nas cidades de Monte Carmelo e Ituiutaba, em Minas Gerais. O material cerâmico foi triturado através de um britador de impacto e avaliado, de forma isolada e em misturas com solos lateríticos.

Outro trabalho envolvendo resíduos de cerâmica vermelha foi realizado por Cavalcante *et al.* (2006), que 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 na Universidade Politécnica de Hong Kong sobre a investigação da mistura agregado reciclado 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 Materiais alternativos para pavimentação de vias

Uma das alternativas de viabilizar economicamente e de forma sustentável, a pavimentação de vias de transporte, é a utilização de materiais locais, alternativos

aos materiais tradicionais, como por exemplo, a escória de aciaria, os resíduos de construção e demolição (RCD) e o saibro.

A incorporação de escórias de aciaria na pavimentação é a aplicação mais difundida desse material em diferentes países. Ela pode ser usada em todas as camadas do pavimento e algumas de suas vantagens são: tem alta resistência ao atrito, abrasão e compressão, suporta grande volume de tráfego e altas velocidades, suporta altas cargas devido ao seu elevado CBR (até 300%); permite uma drenagem livre das águas; tem maior facilidade de compactação e preserva os recursos naturais. (MASUERO, 2001 apud ISAIA, 2010, p. 1682).

Por outro lado, existem fatores limitantes para essa aplicação, tais como: maiores cuidados de projeto e execução nas aplicações confinadas, exigindo conhecimento técnico e científico para conter a expansibilidade, ocasionada fundamentalmente pela hidratação da cal livre (CaO) e do periclásio (MgO), além da mudança nas formas alotrópicas do C₂S e da corrosão e oxidação do ferro metálico residual. Além disso, possuem maior densidade e seu uso deve ser evitado próximo a águas paradas, como poços, lagos ou terrenos alagadiços. (ISAIA, 2010)

Com relação aos resíduos de construção e demolição (RCD), é importante ressaltar que de acordo com (ABRECON, 2015), a forma mais simples de reciclagem do RCD é a sua utilização em pavimentação (base, sub-base ou revestimento primário) na forma de brita corrida ou ainda em misturas do agregado reciclado com solo. O resíduo deve ser processado por equipamentos de britagem/trituração até alcançar a granulometria desejada, e pode apresentar contaminação prévia por solo – desde que em proporção não superior a 50% em peso.

Entre as principais vantagens da sua utilização como agregado em obras de pavimentação, destacam-se: forma de reciclagem mais econômica; utilização de todos os componentes minerais do resíduo (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles; economia de energia no processo de moagem do material (em relação à sua utilização em argamassas); possibilidade de utilização de uma maior parcela do resíduo gerado; maior eficiência do resíduo quando adicionado aos solos saprolíticos em relação à mesma adição feita com brita. (ABRECON, 2015)

O saibro tem sido largamente empregado como reforços ou sub-bases ou ainda em rodovias de baixo volume de tráfego como material de base. Apesar de apresentar em geral ISC elevado, pode mostrar elevada deformabilidade, devido à natureza mineralógica, devendo ser empregado com os devidos cuidados nesses casos. (BERNURCI et. al., 2006)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para cumprir os objetivos fixados para este trabalho, foi realizada inicialmente uma revisão bibliográfica, coletando dados de materiais disponíveis em livros, artigos dissertações e teses.

Após a leitura destes materiais, executou-se a fase de campo. Esta fase inicialmente, constituiu na observação preliminar 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. A partir dessa constatação, decidiu-se realizar uma investigação a respeito da acomodação e do comportamento desse material na parte inferior do leito da via, retirando manualmente com o auxílio de uma picareta, amostras formadas pela interação entre os fragmentos cerâmicos e o solo local.

Após constatar-se que o resíduo de cerâmica vermelha apresentava um comportamento interessante e uma resistência significativa, quando aplicado sobre as vias, decidiu-se observar se o material apresentava o mesmo comportamento quando em contato com diferentes tipos de solos e teores de umidade elevados. Para isso observou-se trechos de estradas em diferentes regiões, caracterizadas pela presença de solos distintos e alguns pontos muito úmidos, onde o resíduo encontrava-se praticamente em contato direto com a água.

Uma vez realizado o processo de observação descrito anteriormente, surgiu a necessidade de conhecer qual era o índice de geração do resíduo cerâmico, ou seja,

se o mesmo oferecia possibilidade de utilização em larga escala. Mediante a esta questão, decidiu-se visitar seis olarias localizadas em cinco municípios distintos do Espírito Santo, no período entre março e julho de 2014.

Durante as visitas realizadas as diferentes unidades de fabricação, vários aspectos relevantes a respeito do processo de produção dos artefatos cerâmicos foram observados. Entre eles, pode-se destacar: o porte das olarias, o número de funcionários, a quantidade e tipo de matéria prima utilizada, quais os tipos e quantidades dos artefatos produzidos, as etapas do processo de fabricação e principalmente o volume de resíduo gerado mensalmente.

Para realização do levantamento de dados supracitado, foi utilizado um questionário previamente elaborado e aplicado em todas as unidades visitadas. As informações obtidas foram convertidas em gráficos e planilhas, com o intuito de facilitar a visualização dos dados coletados e assim estimar a produção mensal de resíduos de cerâmica vermelha no Espírito Santo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

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 fantástica. Em tais trechos, após o resíduo ser aplicado e pouco a pouco fragmentado pelos veículos, ele gradativamente, se acomodava e fixava-se no leito da via. 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.

Observou-se ainda que, em trechos de estradas vicinais, onde mesmo os fragmentos de rocha como a brita e o solo brita sejam aplicados na presença de solo macio ou frouxo, eles nunca se fixam por completo. Principalmente durante os períodos de estiagem, tais fragmentos, sempre dão origem a uma camada superficial de agregados “livres”, que ficam espalhados sobre a pista, comprometendo a aderência e pondo em risco o tráfego de veículos.

Entretanto, com a relação aos resíduos de cerâmica vermelha, não observou-se o desprendimento de seus fragmentos ao longo dos trechos onde o material foi aplicado. Devido à atuação da camada de solo macio ou frouxo, como um “ligante” entre os fragmentos do resíduo, mesmo em períodos de estiagem, eles permanecem incrustados no solo compondo um leito uniforme ao longo da via.

Constatou-se ainda, que depois de fixado no leito da via, o resíduo de cerâmica vermelha não sofre carreamento de seus fragmentos em períodos de chuva como outros materiais. Uma vez acomodado, tudo indica que esse resíduo, permita que a enxurrada passe sobre o trecho onde ele se encontra fixado, sem transportá-lo e assim, sem danificar a via. Além disso, também foi possível perceber que os resíduos aplicados, mesmo após longos períodos chuvosos, ou na presença de umidade excessiva, não sofrem desagregação.

Em alguns trechos de estradas de terra, geralmente próximos a linhas férreas, onde restos de brita e lastro ferroviário foram aplicados juntamente com o resíduo de cerâmica vermelha, verificou-se que esses fragmentos de rochas apresentaram uma ótima acomodação no leito da via, não apresentando praticamente nenhum fragmento superficialmente livre como ocorre geralmente em trechos onde são aplicados isoladamente.

Após pesquisa de informações sobre a origem e o volume de produção desse resíduo, foram visitadas 6 (seis) olarias localizadas em diferentes regiões de sul a norte do estado e com o auxílio de um questionário previamente elaborado, obteve-se algumas informações. Será abordado um pouco sobre essa pesquisa de campo,

ênfatizando as informações adicionais e demais detalhes que não estão presentes junto aos questionários, relacionados à geração de resíduo de cada indústria.

Com relação à produção de artefatos cerâmicos, verificou-se que tal atividade concentra-se, principalmente em torno da fabricação de telhas e blocos. Algumas indústrias optam apenas pela produção de blocos, que embora possuam um valor agregado menor em relação às telhas, para elas, tornam-se mais viáveis, pois podem ser produzidos a partir de uma argila de menor qualidade, presentes principalmente na região norte do estado, onde predominam-se solos muito arenosos. Também é importante ressaltar, que a produção de blocos, é mais simplificada, econômica, além de produzir uma quantidade menor de percas (resíduo), gerados principalmente, devido à sua quebra, no interior dos fornos. Nas olarias que contam com uma estrutura mais aprimorada e uma oferta de matéria prima de melhor qualidade, concentra-se uma produção maior de telhas. Embora, neste caso, a geração de resíduos seja bem maior durante o processo de queima nos fornos, a produção de telhas acaba sendo mais rentável, em virtude do seu maior valor agregado, segundo os proprietários.

Em geral, os processos de produção das indústrias cerâmicas são muito semelhantes, contudo os tipos e a qualidade das matérias primas utilizadas, bem como o tempo de armazenamento das mesmas antes do beneficiamento, geralmente variam de uma empresa para outra. Alguns fabricantes informaram que aditivos como a lama de alto forno, podem eventualmente prejudicar o aspecto visual de alguns produtos como as telhas, por exemplo. Neste caso, segundo eles, pode ocorrer o esbranquiçamento da parte inferior do produto.

Além disso, também investigou-se sobre a incorporação do próprio resíduo de cerâmica vermelha em meio à matéria prima utilizada durante a produção. O resíduo utilizado é conhecido como “chamote”, e trata-se do material obtido com o tritramento dos fragmentos de cerâmica vermelha. Tal produto pode ser adicionado à matéria prima durante o processo de produção cerâmico e substituir parte da argila consumida. No entanto, alguns fabricantes relataram que o uso desse material em meio à argila, pode prejudicar a qualidade da matéria prima a ser utilizada e comprometer a produção dos artefatos cerâmicos.

Com relação à composição dos artefatos cerâmicos produzidos, é importante ressaltar que ela sofre variações de acordo com os tipos de artefatos produzidos e o processo de fabricação de cada empresa, conforme os gráficos 01 e 02:

Gráfico 01: Composição dos blocos

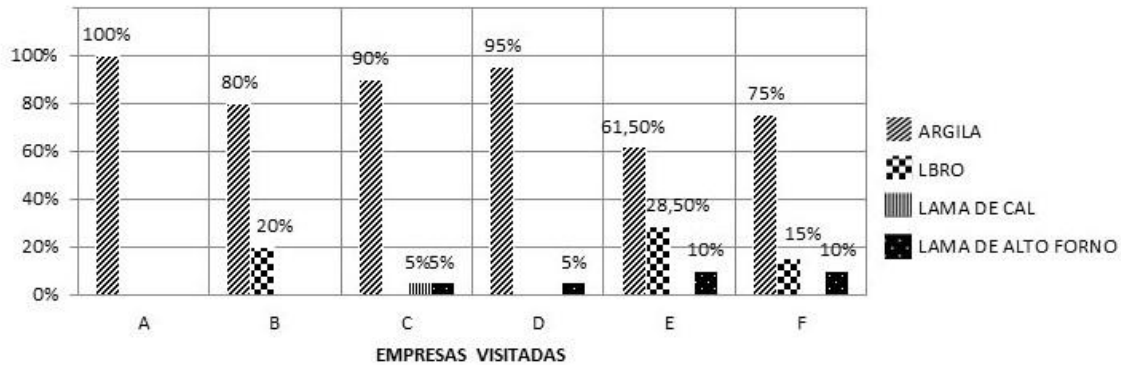


Gráfico 01: Composição dos blocos

De acordo com gráfico 01, 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.

Por meio do 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.

Gráfico 02: Composição das telhas

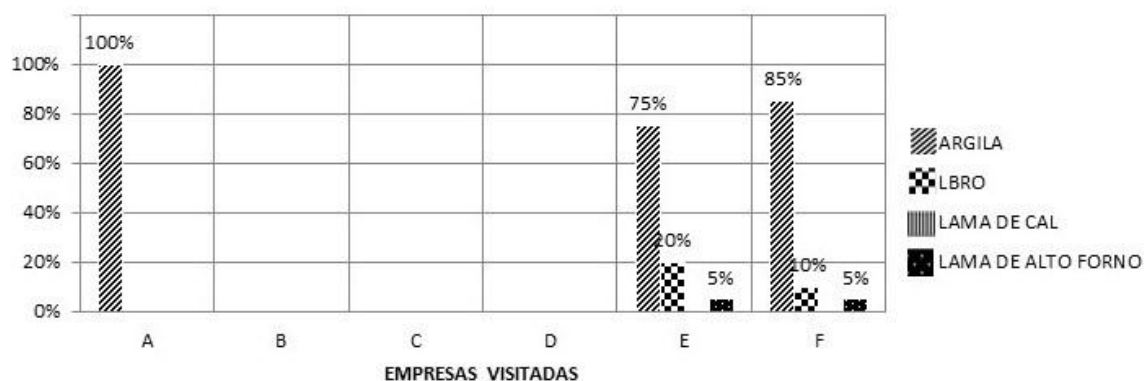


Gráfico 02: Composição das telhas

Com relação ao gráfico 02, 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 de acordo com o gráfico 02 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 com relação 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.

De modo geral, como não existe uma formulação padronizada para a composição final da matéria prima utilizada na produção dos artefatos cerâmicos, observa-se que

cada empresa desenvolve sua própria mistura de materiais com diferentes tipos e porcentagens de matérias primas, o que resulta em algumas variações de aparência e resistência entre os produtos finais.

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. A escolha do tipo e a quantidade de resíduo a ser utilizado dependem principalmente da experiência de trabalho adquirida ao longo do tempo em cada empresa, da oferta, do custo de cada tipo de material e principalmente da localização de cada um deles.

Embora o custo das matérias primas utilizadas na produção de artefatos seja relativamente baixo, o transporte de todos os materiais utilizados é realizado por meio de veículos de carga, e logo dependendo do percurso de deslocamento até as olarias, o frete torna-se um fator de grande peso nas despesas de produção de cada empresa.

5. CONCLUSÕES

Mediante ao estudo desenvolvido, pode-se concluir que, o resíduo de cerâmica vermelha, aparentemente, pode ser utilizado em obras de pavimentação, mais especificamente, na construção de bases e sub-bases de vias de transporte.

Com base nos materiais bibliográficos foi possível verificar a viabilidade de uso do resíduo de cerâmica, uma vez que tal resíduo pode ser utilizado como agregado na construção de bases e sub-bases em obras de pavimentação.

Além disso, por meio das visitas de campo realizadas em diferentes trechos de estradas, foi possível constatar que visualmente, o resíduo de cerâmica vermelha, apresenta um bom comportamento ao ser aplicado em vias de transporte. Tal fato deve-se, principalmente a sua acomodação estável e a superfície rígida formada no leito da via após a sua aplicação. Essas observações juntamente a análise crítica

realizada, retratam que tal resíduo, pode atuar como uma ótima opção de agregado para obras de pavimentação.

REFERÊNCIAS

ABRECON. São Paulo. Conteúdo – aplicação. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br>>. Acesso em: 07 jul. 2015.

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.

BERNURCI, Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PET ROBRAS: ABEDA. 2006.

BUSTAMANTE, G. M; BRESSIANI, J. C. **A indústria cerâmica brasileira**. Cerâmica Industrial, v. 5, n. 3, maio/jun., 2000.

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.

COSTA, J. S.; SORDI, V. L.; BALDO, J. B.; MARTINS, C. A. **Agregados alternativos para argamassa obtidos de vários resíduos industriais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 47. 2003, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2003.

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.

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

IEL. **Aperfeiçoamento do produto e do processo produtivo de cerâmica vermelha**. Salvador: IEL; Sindicato das Indústrias de Cerâmica Vermelha da Bahia, 1998.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo. IBRACON, 2010.

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 – chamote como fator de qualidade na fabricação de elementos cerâmicos: um estudo experimental**. São Paulo, 1997.

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.

VIEIRA, C. M. F; SOUZA, E. T. A; SÁNCHEZ, R; MONEITO, S. N. **Influência da incorporação de chamote nas etapas de pré-queima de cerâmica vermelha**. Curitiba-PR: 48º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2004.

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