



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

RÔMULO BIANCHI GUMIER

**INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO BORRA DE TINTA PROVENIENTE DO POLO
MOVELEIRO DE UBÁ - MG EM TIJOLOS ECOLÓGICOS**

UBÁ/MG

2014

RÔMULO BIANCHI GUMIER

**INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO BORRA DE TINTA PROVENIENTE DO POLO
MOVELEIRO DE UBÁ - MG EM TIJOLOS ECOLÓGICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): MSc Iracema Mauro Batista.

UBÁ/MG

2014

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO BORRA DE TINTA PROVENIENTE DO POLO MOVELEIRO DE UBÁ – MG EM TIJOLOS ECOLÓGICOS

Resumo

Avaliou-se a incorporação do resíduo borra de tinta, proveniente da indústria moveleira de Ubá – MG, em tijolo ecológico do tipo solo-cimento. Para a realização do estudo foi necessário: formular traços de solo-cimento incorporados com o resíduo; confeccionar corpos de prova, ou corpos-cimentícios, por prensagem uniaxial; determinar a absorção de água dos corpos cimentícios e determinar a resistência à compressão simples, ambos aos 28 dias de idade. O resíduo borra de tinta, gerado nas câmaras de pintura, é classificado como perigoso de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004) e pode causar danos ao meio ambiente e ao ser humano. A incorporação do resíduo ao tijolo do tipo solo-cimento é uma alternativa ecológica para evitar os danos advindos do descarte incorreto desse resíduo. De acordo com os resultados obtidos comprova-se que o resíduo borra de tinta pode ser incorporado na composição do tijolo solo-cimento no traço formulado, cabe destacar que suas propriedades examinadas sofreram pequenas alterações, mas continuaram acima das especificações da norma NBR 10836 (ABNT, 1994). Ressalta-se que a substituição parcial do solo pelo resíduo é uma alternativa econômica, social e sustentável para a construção de alvenarias em edificações com qualidade e baixo custo.

Palavras chave: tijolo, solo-cimento, tijolo ecológico, resíduo, borra de tinta.

INCORPORATION OF RESIDUE PAINT SLUDGE FROM THE FURNITURE OF POLO UBA – MG IN ECOLOGICAL BRICKS

Abstract

We evaluated the incorporation of residue paint sludge, by the furniture industry of Ubá – MG, in ecological brick soil-cement type. For the study was necessary: make soil-cement traits incorporated with the residue, make body of prove, or bodies-cement, by pressing uniaxial, determining the water absorption of cement bodies and determine the resistance and simple compression, both at 28 days of age. The residue paint sludge, generated in painting tanks, is classified as dangerous according to NBR 10004 (ABNT, 2004) and can cause damage to the environment and to humans. The incorporation of the residue to the soil-cement brick type it's a ecological alternative to avoid damage coming from the incorrect disposal of this waste. According to the results obtained is proved that the waste paint sludge can be incorporated in soil-cement brick composition formulated in trace. We see that their properties examined suffered minor changes, but remained above the specifications of the NBR 10836 (ABNT, 1994). It should be noted that the partial replacement of soil by residue is an economical alternative, social and sustainable for the construction of masonry buildings with quality and low cost.

Keywords: brick, soil-cement, ecological brick, residue, paint sludge.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação com o meio ambiente e o surgimento dos sinais de degradação do mesmo, como o aumento do efeito estufa, chuva ácida, limitação dos recursos naturais, entre outros, procuram-se soluções viáveis e ecologicamente corretas para os resíduos produzidos pela sociedade. Isso pode fazer com que os mesmos passem de produtos que são considerados sem valor para matérias primas nobres.

O setor da construção civil é um dos que mais consomem recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando grandes impactos ambientais. De acordo com Pisani (2005) não existe construção que não gere impacto. A busca é por intervenções que o ocasionem em menor escala. Além dos impactos por uso de recursos, principalmente os recursos naturais não renováveis, há também a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Segundo Dijkema *et al.* (2000 *apud* FRAGA, 2006, p.11), estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos gerados pelo conjunto das atividades humanas em cidades de médio e grande porte no Brasil, são provenientes da construção civil. O reaproveitamento destes resíduos na fabricação de materiais que supram as necessidades da sociedade, principalmente, para as populações mais carentes é muito importante para o equilíbrio social, ambiental e econômico.

Na busca de novas técnicas e produtos para suprir tais necessidades da sociedade a indústria cerâmica se destaca como uma das que mais reaproveita resíduos industriais e urbanos. Esse destaque é consequência do elevado volume de produção que infere um grande consumo de resíduos, devido também às características físico-químicas das matérias-primas e às particularidades do processamento cerâmico.

Um dos produtos da indústria cerâmica é o tijolo do tipo solo-cimento, conhecido também como tijolo ecológico, pois não passa pelo processo de queima como nos tijolos convencionais. Esse produto se destaca como um componente extremamente importante para a construção sustentável. O tijolo do tipo solo-cimento é constituído por solo, cimento e água. Além disso, pode possuir resíduos em sua composição, como por exemplo cascas de alimentos (MILANI; FREIRE, 2008), resíduos estação de tratamento de água (RODRIGUES; HOLANDA, 2013), resíduos da construção civil (PINHEIRO; CAMPOS; LIMA, 2014), entre outros. É um material de baixo custo, pois não é necessário acabamento final, mas quando é utilizado, exige espessura reduzida porque as medidas dos tijolos são precisas. Pode ser produzido no local da obra com o solo do próprio local ou de região próxima e assim, gerar economias com matéria-prima e transporte.

1.1 Objetivo

Avaliar a incorporação do resíduo borra de tinta, proveniente da indústria moveleira de Ubá – MG, em tijolo ecológico do tipo solo-cimento.

Os objetivos específicos são:

- Formular traços com incorporação do resíduo borra de tinta;
- Preparar corpos cimentícios por prensagem uniaxial;
- Determinar a absorção de água dos corpos cimentícios após cura em 28 dias;
- Determinar resistência à compressão simples após cura em 28 dias.

1.2 Justificativa

A globalização influenciou no aumento da percepção sobre os problemas climáticos e as diferenças sociais entre as pessoas, fazendo com que seja primordial a pesquisa sobre novas tecnologias e a criação de políticas capazes de mudar essa situação.

A escassez dos recursos naturais, a falta de água e as mudanças climáticas são evidentes, aliada a essa trágica realidade está a miséria e as condições precárias de vida que os seres humanos estão submetidos.

O tijolo ecológico é uma das tecnologias que são propícias para a remediação dessas situações. Seu baixo valor, fácil aplicação e manuseio, além de ser produzido com matéria prima abundante e reciclável torna-o apto para a construção de moradias sustentáveis e populares.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Resíduos sólidos

Antigamente os resíduos sólidos eram considerados materiais descartáveis, sem valor comercial e sem utilidade para um determinado fim. Esse conceito mudou com o tempo e atualmente, podem-se definir os resíduos sólidos como sendo de atividades humanas ou industriais que embora possam não apresentar utilidade na atividade de onde foram gerados, eles podem servir de insumo para outras atividades, tornando-se um material nobre e lucrativo. Foi definida também a diferença entre resíduo, que tem valor econômico e pode ser reaproveitado ou reciclado e rejeito, aquele que não pode ser reciclado ou reutilizado.

A liberação de resíduos e o seu descarte incorreto podem causar poluição do ar, da água e do solo. Assim, é cada vez mais importante e necessário criar políticas e conscientização das pessoas sobre os danos provocados pelo descarte incorreto e a falta de técnicas que promovam um melhor reaproveitamento. A lei nº 12.305/10 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), prevê a diminuição e prevenção na geração de resíduos, propondo hábitos e consumos sustentáveis, além de definir um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e reutilização dos resíduos e a destinação correta dos rejeitos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece a norma NBR 10004 (ABNT, 2004) que caracteriza os resíduos sólidos como: aqueles resultantes de atividades industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Incluem-se os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento nas redes de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis de acordo com as melhores tecnologias existentes.

Segundo a norma NBR 10004 (ABNT, 2004) os resíduos são divididos nas seguintes classes de acordo com a sua periculosidade para o meio ambiente e para a saúde pública:

Classe I – Perigosos;

Classe II – Não perigosos;

Classe II A – Não inerte;

Classe II B – Inerte.

Enquadram-se na Classe I - perigosos - os resíduos que devido às suas propriedades podem provocar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, ou que possuem as seguintes características: i) Inflamabilidade; ii) Corrosividade; iii) Reatividade; iv) Toxicidade; v) Patogenicidade.

Na Classe II - não perigosos - estão inclusos os resíduos de restaurante, sucata de metais ferrosos e não ferrosos, resíduos de papel, papelão, plástico polimerizado, borracha, madeira, entre outros.

Classe II A - não inertes - são os resíduos que possuem alguma propriedade como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade, desde que não se enquadrem em outras classificações.

Classe II B – inertes - resíduos que, quando submetidos ao contato com a água destilada ou desionizada seus constituintes não se solubilizam a níveis superiores aos padrões de potabilidade, excetuando-se cor, aspecto, dureza e sabor.

Para identificar em qual classe um tipo de resíduo pertence é feita uma análise sobre o processo ou atividade que o originou, seus constituintes, características físicas, químicas e biológicas e compara-se com listagens de outros resíduos em que seus impactos à saúde e ao meio ambiente já são conhecidos (NBR 10004, 2004).

As indústrias são produtoras de quantidade significativa de resíduos que normalmente, não são biodegradáveis e necessitam de cuidados específicos na destinação final e a criação de técnicas para reaproveitamento destes em novos produtos.

2.1.2 Resíduos industriais

Os resíduos industriais, também chamados de lixos industriais, são provenientes de todos os processos das indústrias e são considerados um dos maiores agressores ao meio ambiente. A grande variedade de indústrias e processos de produção geram uma grande quantidade de resíduos do tipo sólido, líquido ou gasoso. Estão incluídos nestas categorias os produtos químicos (solventes, cianureto e pesticidas), metais (mercúrio, cádmio e chumbo) que ameaçam o ciclo de vida no local onde for despejado. Pode-se dizer que na grande maioria das empresas os resíduos sólidos são amontoados e enterrados, os gases são lançados no ar e os líquidos são despejados em cursos de água, prejudicando todo o meio ambiente e os seres vivos (KRAEMER, 2008 *apud* NASCIMENTO, 2009, p. 43).

O principal objetivo das atividades industriais é gerar riqueza sem a preocupação com o consumo exacerbado dos recursos naturais do planeta e as consequências negativas desse

consumo, sendo desnecessária a destinação correta dos resíduos gerados pelo seu processo de produção (MANHÃES; HOLANDA, 2008). Essa situação é insustentável nos tempos atuais, devendo ser aplicado como prática cotidiana nas atividades industriais o gerenciamento e a redução de resíduos durante as etapas de um processo de produção (NASCIMENTO; MOTHÉ, 2007).

O processo de gerenciamento e diminuição de resíduos deve ser visto como um conjunto de atividades corriqueiras e de responsabilidade de todos da indústria, desde a chefia até o pessoal responsável pela produção do produto, pois qualquer ação isolada e sem o comprometimento de todos estará fadada ao fracasso. Isso implica também a necessidade de uma mudança cultural e de comportamento da comunidade.

Na cidade de Ubá em Minas Gerais, a indústria moveleira tem grande participação na economia e conseqüentemente gera grande quantidade de resíduos. Estes podem causar danos ao meio ambiente e aos seres humanos, portanto, devem-se tomar as devidas providências para diminuir a quantidade gerada e destinar o mesmo para locais adequados.

2.1.3 Resíduos das indústrias moveleiras

A indústria moveleira necessita do desmatamento de grandes áreas por ser um grande consumidor de matéria-prima, gerando com isso expressiva quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. O tipo de resíduo gerado vai depender exclusivamente do processo industrial a ser utilizado. A fabricação de móveis sempre esteve relacionada à maior produção de resíduos sólidos, principalmente nas etapas de beneficiamento da madeira. Raramente esse tipo de indústria, principalmente as pequenas, dispõem de um plano de gestão para esses resíduos (KOZAC et al., 2008).

De acordo com o Centro Gestor de Inovação Moveleiro (2014) a indústria perde entre 40% a 60% de material em todos os processos, indicando que não há uma adequada utilização da matéria-prima e confirmando a geração desnecessária de resíduos, considerados tóxicos em sua maioria. Além de provocar danos ao meio ambiente, uma empresa que não se preocupa com esse problema está perdendo lugar no mercado, pois atualmente, a sociedade exige e dá preferência de compra para empresas socialmente responsáveis.

A gestão ambiental se destaca nas indústrias de móveis como forma de reduzir e controlar o desperdício de matéria-prima e garantir a devida destinação dos resíduos. Atua também como uma ferramenta de competitividade no mercado, descrevendo métodos e

atividades que auxiliam as empresas no aumento da produção e diminuição dos custos (NASCIMENTO, 2009).

Nas indústrias de móveis podem-se diferenciar os processos de geração de resíduos em dois tipos: o primeiro surge de um processo natural de produção que ocorre por transformações mecânicas, físicas ou químicas e que não pode ser evitado; O segundo acontece devido às deficiências no planejamento do processo de produção como, por exemplo, erro no dimensionamento de peças, plano de corte malfeito ou serras e fresas em condições inadequadas para uso.

O presente trabalho propõe a reutilização do resíduo borra de tinta, proveniente das operações de pintura, na incorporação em um produto da indústria cerâmica conhecido como tijolo do tipo solo-cimento. O resíduo borra de tinta é gerado na operação natural do processo de produção de móveis e é classificado como perigoso (NBR 10004, 2004). Isso indica que é um produto tóxico e se não for reutilizado ou descartado adequadamente causa danos ao meio ambiente e aos seres humanos.

2.1.4 Reaproveitamentos de resíduos na indústria cerâmica

Há alguns anos, os materiais que utilizavam a argila como matéria-prima primária faziam parte da indústria da “cerâmica tradicional” e seus produtos eram as louças, telhas, porcelanas, tijolos, azulejos e também os vidros e as cerâmicas de alta temperatura. Com o passar do tempo e o aumento do conhecimento sobre a natureza dos materiais cerâmicos e os fenômenos que ocorrem em seu interior produzindo suas características únicas, o termo “cerâmica” foi ampliado para um determinado nível em que os materiais desta classe exercem efeito dramático sobre nossas vidas, pois seus produtos fazem parte das indústrias de eletrônicos, computadores, comunicação. Além disso, outras indústrias dependem de componentes formados por materiais cerâmicos (CALLISTER, 2008).

A indústria cerâmica possui importante papel sustentável, pois se destaca como uma das indústrias que mais absorvem resíduos industriais e urbanos para reciclagem. Pode-se dizer que esse destaque é devido às características físico-químicas das matérias-primas, as particularidades do processamento cerâmico e ao elevado volume de produção que possibilita o reaproveitamento de grande quantidade de resíduos, principalmente, os resíduos sólidos industriais.

As matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica tradicional podem ser classificadas em matérias-primas plásticas e não plásticas. São de natureza heterogênea e com

uma grande variabilidade de composição química e mineralógica. Menezes, Neves e Ferreira (2002) afirmam que essas características permitem a incorporação de materiais residuais de vários tipos e em quantidades significantes.

Wender e Baldo (1998) consideram a indústria cerâmica uma das poucas que obtém vantagens no seu processo produtivo com o uso de resíduos em substituição parcial às matérias-primas, pois obtém-se economia ao substituir materiais caros e escassos em algumas regiões, além de diversificar a oferta de matéria-prima e reduzir o consumo de energia gasto na produção dos produtos. Os resíduos mais utilizados são os provenientes das indústrias de papel e celulose, mineração, construção civil, metalúrgica e energética. Destaca-se praticamente todos os resíduos urbanos, após passar por tratamento adequado, podem ser incorporados nas formulações cerâmicas (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

Os resíduos utilizados são divididos em grupos e classificados como redutores de plasticidade, fundentes, combustíveis, cinzas volantes, resíduos da incineração de rejeitos urbanos e radioativos. Tais classificações são baseadas nas características e influências que a incorporação destes resíduos podem ocasionar sobre as propriedades das formulações dos corpos cerâmicos (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

Essa versatilidade da indústria cerâmica tem propiciado a realização de pesquisas com o intuito de conciliar a aplicação de matéria-prima alternativa em alguns aspectos como, por exemplo, o impacto econômico e ambiental, custo de disposição e tratamento do resíduo, tecnologias e processos de utilização.

Em um estudo realizado por Balaton, Gonçalves e Ferrer (2002), foram incorporados resíduos sólidos galvânicos em massas de cerâmica vermelha. Foram realizados teste de lixiviação e solubilização para avaliar os riscos ambientais da incorporação da lama galvânica. Concluiu-se que, com a adição de até 2% do resíduo não houve alteração significativa das propriedades analisadas. Mas, com a adição de proporções superiores a 2% ocorreu a formação de eflorescência nas superfícies dos corpos de prova durante o processo de secagem. Sendo que, feito outro teste com uma lavagem do resíduo anterior ao processo de montagem dos corpos de prova, notou-se o desaparecimento desse problema. Nos testes de lixiviação e solubilização realizados em corpos de prova com incorporação de 2% de resíduo lavado, concluiu-se que a incorporação de resíduo galvânico em massa de cerâmica vermelha é uma boa alternativa para a destinação do resíduo.

Em outro estudo realizado por Giffone e Lange (2005) procurou-se incorporar o resíduo borra de fosfato, proveniente do processo de pintura em superfícies metálicas, na composição de tijolos. Foram acrescentados percentuais de 0, 5, 10 e 20% de resíduo na argila

para fabricação de tijolos. Pode-se concluir que a composição de 90% de argila com 10% da borra de fosfato atendeu aos requisitos para a confecção do tijolo em escala industrial.

Vieira e Monteiro (2006) estudaram a incorporação do resíduo oleoso gerado durante o processo de separação de água e óleo após a extração do petróleo em cerâmica argilosa. Antes da incorporação, o resíduo precisou passar por um processo de inertização. Notou-se, que com o acréscimo do resíduo, houve uma redução da absorção de água e melhorou a resistência mecânica do material cerâmico.

Dentre os produtos da indústria cerâmica, o presente trabalho analisou a incorporação de resíduos em tijolos do tipo solo-cimento.

2.1.5 O tijolo do tipo solo-cimento

2.1.5.1 Histórico

Na história da arquitetura há relatos de aproximadamente cinco mil anos de estruturas que utilizaram com sucesso alvenaria com terra crua e aditivos com soluções plásticas, demonstrando que se a matéria-prima terra for incorporada com alguma solução plástica pode atender aos inúmeros projetos arquitetônicos. A mesma proposta é da tecnologia do solo-cimento, empregado nos Estados Unidos desde a primeira década do século XX. No Brasil estudos científicos começaram a surgir a partir de 1960 e as pesquisas passaram a ser divulgadas, principalmente, por duas instituições: O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, e a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (PISANI, 2005).

Nas edificações, o material solo-cimento é principalmente utilizado na construção de paredes segundo dois processos construtivos: em paredes monolíticas e produção de tijolos ou blocos prensados. Porém, pode ser utilizado na construção de fundações, passeios, contrapisos e solo-cimento ensacado. O produto resultante, independente do uso, deve possuir boa resistência à compressão, bom índice de permeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade, sendo essas características influenciadas por fatores como: dosagem do cimento, natureza do solo, o teor de umidade e grau de compactação.

O tijolo solo-cimento, conhecido também como tijolo ecológico, é um produto constituído de solo, cimento portland como material aglomerante e água potável.

2.1.5.2 Componentes

2.1.5.2.1 Solo

Os solos podem ser definidos como um conjunto de partículas sólidas provenientes da desagregação de rochas por ações físicas e químicas, possuindo em seus espaços intermediários partículas líquidas, gases ou ambos (PINTO, 1996). É uma estrutura porosa, sendo que as partículas podem se deslocar, alterando as porcentagens em volume das suas fases constituintes (GRANDE, 2003).

Segundo Grande (2003) pode-se classificar os solos, de modo geral, através da análise granulométrica. Sendo que as frações grossas do solo, como as areias, possuem partículas de até 4,8 mm e normalmente possuem forma arredondada ou angular e não são coesivos. Já os solos finos dividem-se em dois grupos: os siltes, com tamanho compreendido entre 0,002 mm e 0,074 mm e apresentam pouca ou nenhuma plasticidade, e as argilas, com tamanho menor que 0,002 mm e possuem plasticidade. A distribuição e configuração dos diversos tamanhos das partículas constituintes de um solo podem definir o seu comportamento mecânico.

Segundo Castro e Silva (2011) a escolha do solo é muito importante para a fabricação do tijolo solo-cimento, pois é o material de maior quantidade na mistura e influencia diretamente na qualidade e no custo final do produto. Grande (2003) informa que solos com grandes quantidades de finos demandam altos teores de água para serem compactados, devido à maior área superficial do solo. E assim, aumenta-se o custo final do produto.

São indicados para a produção do tijolo ecológico os solos arenosos que contenham um teor mínimo de silte e argila. Segundo Grande (2003) os solos arenosos necessitam de menor quantidade de cimento para estabilizar e possuem um melhor comportamento mecânico. Para verificar se um determinado solo é adequado para uso é suficiente realizar ensaio de granulometria por peneiramento em laboratório, mas se pode realizar outros ensaios como o de sedimentação, limites de plasticidade e de liquidez. Ressalta-se que deve-se evitar o uso de solos orgânicos e turfosos. Deve-se evitar o uso de solos com alto teor de mica, pois não resistem às expansões da argila nos ciclos de molhagem e secagem. Os solos argilosos possuem mais argila do que areia em sua composição e não são adequados por que consomem uma quantidade maior de cimento e são mais difíceis de misturar e de compactar, ressalta-se que é possível corrigir a granulometria e a plasticidade do solo com a adição de areia (CASTRO; SILVA, 2011).

2.1.5.2.2 Cimento Portland

O cimento pode ser definido tecnicamente como um aglomerante hidráulico obtido pela moagem do clínquer com adição de gesso, podendo possuir outras substâncias que definem o tipo de cimento. O gesso tem função de regular o tempo de início de hidratação ou tempo inicial de “pega”. Já o clínquer é uma mistura de calcário, argilas e minério de ferro, que são submetidos a um processo conhecido como clinquerização (GRANDE, 2003).

A preocupação com o alto consumo energético durante o processo de fabricação do cimento, motivou a introdução de escórias e materiais pozolânicos nas composições do cimento Portland. Por isso, hoje em dia, a maior parcela do mercado é ocupada por cimento Portland composto.

A adição de cimento ao solo permitiu obter um material que não se deteriora quando submerso na água. Possibilitou também um aumento da resistência à compressão, e a absorção e perda de umidade não causam variações volumétricas consideráveis no material, tornando-o mais durável. Por isso, o conhecimento dos tipos de cimento e as suas propriedades, aliado ao entendimento das variáveis que constituem os solos, são condições para produzir um produto solo-cimento de elevado desempenho. (GRANDE, 2003).

Para a produção de tijolos solo-cimento é indicado que se utilizem cimentos com boa resistência à compressão e alta resistência inicial. Moura (2004 *apud* CASTRO; SILVA 2011, p. 51) ressalta que o aumento da quantidade de cimento na mistura resulta em aumento da resistência à compressão e durabilidade, independente do solo. Porém, se o teor de cimento for muito elevado e as condições de cura inadequadas, podem ocorrer o surgimento de fissuras provenientes da retração por secagem do material.

2.1.5.2.3 Água

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2000) deve-se utilizar água potável, pois as impurezas na água de mistura podem ser nocivas à hidratação do cimento.

2.1.5.3 Fabricação

Segundo Bauer (2010) para se obter um produto de qualidade é importante estar atento a alguns fatores como: dosagem de cimento, natureza do solo, teor de umidade e compactação ou prensagem.

No processo de fabricação o solo deve ser armazenado com baixa umidade, e é necessário que ele seja preparado, desagregando-se os torrões e eliminando-se o material retido na peneira de 4,8 mm. Após a preparação do solo, efetua-se a sua mistura com o cimento até atingir uma coloração uniforme. Caso seja necessário adiciona-se água até atingir a umidade ideal. Com a mistura pronta é feito um novo peneiramento para permitir uma melhor homogeneização da água no solo-cimento (ABCP, 2000).

Em seguida é feita a prensagem dos tijolos. Segundo Grande (2003) esta etapa desempenha papel fundamental na qualidade final do produto, uma vez que condiciona a taxa de compactação do material e suas características.

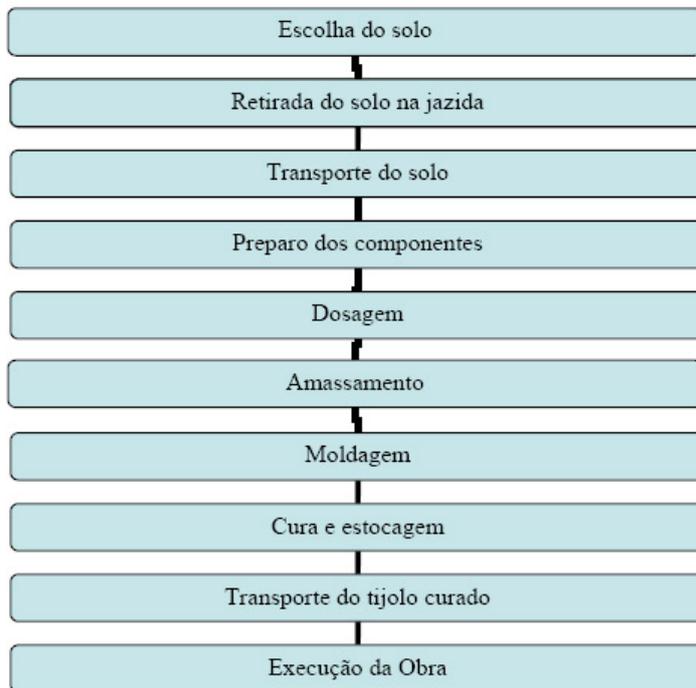
Após a etapa da moldagem o tijolo é submetido ao processo de cura úmida. Neste processo ocorre o ganho de resistência. Isso é feito em local fechado sem contato com vento e raios solares por um período de sete dias. Se não houver um lugar coberto deve-se proteger os tijolos com lona ou material similar. Passadas seis horas da prensagem, começa-se a fazer a cura úmida por meio de sucessivas molhagens com regador ou objeto similar a cada duas horas, durante sete dias. Após a cura úmida é necessário esperar mais 21 dias para término do período de ganho de resistência e concluído estas etapas o tijolo solo-cimento está pronto para uso (FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE - FUNTAC, 1999).

Após confeccionado, são exigidas algumas características do tijolo como: resistência mecânica, resistência à abrasão, impermeabilidade, durabilidade e apresentar boa estética. O grau de resistência e as características estéticas vai depender do tipo de uso desejado. Se for um tijolo estrutural e aparente, necessita de maior resistência mecânica e melhor controle da estética.

A resistência mecânica é a capacidade de um material suportar cargas sem ceder estruturalmente ou apresentar excessiva deformação plástica, dependendo do uso pode ser importante possuir boa resistência à tração, à compressão ou ao cisalhamento. A resistência à abrasão é a capacidade da superfície do material de resistir aos efeitos do atrito produzido pelo contato com outro material em movimento. A impermeabilidade é uma característica resultante do grau de compactação do tijolo, quanto melhor a compactação mais impermeável o tijolo será. Já a durabilidade é definida como função do período em que a estrutura é capaz de garantir as funções para a qual foi projetada (BERTOLINI, 2010).

A FIG. 1 demonstra as etapas no processo de produção e execução do tijolo do tipo solo-cimento.

FIGURA 1 – Fluxograma das etapas de fabricação e utilização.



Fonte: PISANI (2004 apud CASTRO e SILVA, 2011, p. 53)

Os tijolos podem ser produzidos por meio de prensas manuais (FIG. 2) ou motorizadas que são equipamentos de pequena dimensão e podem ser instalados facilmente em locais fabris ou em canteiro de obras. Algumas prensas podem fabricar diferentes tipos de tijolos, sendo necessário apenas trocar o molde utilizado (PISANI, 2005).

FIGURA 2 – Prensa manual



Fonte: Próprio autor

Segundo Pisani (2005), no Brasil encontram-se vários tipos de tijolos e cabe ressaltar que todos os modelos podem ser produzidos para função de vedação ou estrutural e para ficar à vista ou ser revestido, necessita-se apenas trabalhar com traços de dosagens diferentes e prensagem ou moldagem mais cuidadosas. Podem receber pintura proveniente de diversas matérias-primas como camada protetora contra as intempéries. Encontra-se no mercado tijolos maciços e com furos, como por exemplo:

Maciço comum: seu método de assentamento e o gasto com argamassa é similar ao do tijolo cerâmico comum;

Maciço com encaixe: o encaixe propicia menor consumo de argamassa;

Meio tijolo com encaixe: tem função de evitar a quebra de tijolo para encaixe em juntas desencontradas;

Tijolo com dois furos e encaixe: Pode ser assentado com cola branca, argamassa bem plástica ou a seco, os furos permitem a passagem das tubulações verticais e ferragem para reforço estrutural;

Tijolo com três furos e encaixe (FIG. 3): Utilizado em quinas de parede para amarração da parede. É importante, pois evita a quebra de tijolos;

Meio tijolo com furo e encaixe: evita a quebra de material ao ser colocado em local menor que um tijolo inteiro;

Tijolo Canaleta: empregado para a execução de cintas de amarração, reforço estrutural e passagem de tubulação horizontal.

FIGURA 3 - Tijolo com três furos e encaixe



Fonte: VIEIRA et al (2007, p.48)

2.1.5.4 Vantagens e propriedades

Esse material é considerado ecológico por alguns motivos, como por exemplo: utilização da terra crua como matéria prima (pois este material é abundante no planeta), não emissão de gases poluentes na atmosfera (diferentemente dos tijolos cerâmicos comuns que utilizam o processo de queima na sua fabricação).

Pode ser produzido em vários modelos e um caso interessante a ser analisado é o do tijolo furado, pois é uma pequena modificação e que traz inúmeros benefícios para uma construção, como por exemplo: i) os furos permitem a passagem da tubulação elétrica e hidráulica, reduzindo o gasto com mão de obra para o retrabalho de perfurar a parede depois de pronta para a instalação destes; ii) permite a passagem da ferragem que formará a estrutura, dispensando o uso de formas de madeira na construção de vigas e pilares de concreto armado; iii) causa uma redução considerável no peso final da obra, possibilitando uma diminuição nas dimensões da fundação e conseqüentemente menor custo; iv) possui características isolantes, pois os furos funcionam como bolsões de ar que promovem um bom conforto acústico e térmico, além de reduzir o consumo de energia gasto no acondicionamento das residências (PISANI, 2005).

Segundo Castro e Silva (2011) as construções que utilizam o tijolo solo-cimento podem ser de 30% a 40% mais baratas que as construções convencionais devido, principalmente, à redução de desperdício de material, redução de material de acabamento, diminuição da quebra de paredes para instalação de portas e janelas, uso reduzido de um tipo de argamassa mais barata que é composta de terra, cimento e cola branca, além de diminuir o custo com transporte, pois o tijolo pode ser produzido no canteiro de obras.

Além dos problemas ambientais, ocorre um grande problema no âmbito social que atinge as populações mais carentes. Este problema é conhecido como déficit habitacional. Segundo Pinheiro e Soares (2010) a moradia é uma das necessidades básicas e fundamentais do homem. Contudo, nem sempre é possível atender a essa necessidade de forma satisfatória e com um mínimo de dignidade. Percebe-se que houve, no Brasil, um grande crescimento na construção de moradia popular, porém continua insuficiente no sentido de atender às mínimas condições de moradia, principalmente, para as classes de menor poder aquisitivo.

Segundo dados retirados da Fundação João Pinheiro (FJP, 2014), o déficit habitacional, em 2012, correspondia a 5,792 milhões, o equivalente a 9,1% dos domicílios particulares permanentes e improvisados. As regiões com maior déficit habitacional são Sudeste e Nordeste com, respectivamente, 2,356 e 1,791 milhões em 2012. Em seguida vem a

região Sul com 604 mil, o Norte com 575 mil e o Centro-Oeste com 464 mil domicílios. Entre as unidades da federação, destaca-se Minas Gerais com 510 mil. Levou-se em consideração para esse cálculo os domicílios precários, coabitação familiar, ônus excessivo com aluguel urbano e adensamento excessivo de domicílios alugados.

Analisando esses dados percebe-se que o déficit habitacional é um grande problema no Brasil. Essa questão exige soluções de tecnologia simples e compatível com a situação econômica atual. Assim, o tijolo solo-cimento é uma solução alternativa para reduzir esse problema, pois é um material de baixo custo e de fácil implementação; a matéria-prima para sua fabricação é encontrada em abundância; além de dispensar o uso de mão de obra especializada para a fabricação do tijolo e construção de uma residência, característica indispensável em moradia popular onde a própria comunidade possa ser responsável pelo serviço.

2.1.5.5 Reaproveitamento de resíduos em tijolos do tipo solo-cimento

A indústria da construção civil contribui significativamente para o consumo de matérias-primas e o esgotamento de recursos naturais, sendo assim, pesquisadores que se preocupam com o meio ambiente buscam soluções e inovações em produtos ecológicos.

Isto está propiciando inovações no setor de produção de tijolos, em especial o tijolo do tipo solo-cimento. Foram realizadas pesquisas com o objetivo de incorporar resíduos que seriam descartados como matéria-prima para a fabricação de tijolos. Abaixo serão exemplificados alguns estudos.

Grande (2003) analisou o desempenho do tijolo modular do tipo solo-cimento com e sem adição de sílica ativa. Os ensaios realizados em corpos de prova, permitiram concluir que a adição de sílica ativa na mistura é benéfica, pois melhora as características do material ao longo do tempo. A resistência à compressão simples e absorção de água estão de acordo com os requisitos da norma NBR 8491 (ABNT, 1984), apesar de tal norma não ser específica para tijolos modulares.

Em uma pesquisa realizada por Milani e Freire (2008) incorporou-se à cinza de casca de arroz sem atividade pozolânica como substituição parcial ao solo na composição do tijolo solo-cimento. A cinza pozolânica é um resíduo que deriva da queima da casca de arroz em temperatura controlada entre 400 °C e 700 °C. Porém, uma grande quantidade de casca de arroz não é queimada em temperatura controlada produzindo, assim, cinzas sem atividade pozolânica. De acordo com a pesquisa, foram realizados estudos das características destas cinzas para

incorporação nas formulações da mistura solo-cimento. Chegou-se à conclusão de que os melhores traços para o experimento seriam:

- T1 – 92,5% de solo com 7,5% de cinza, estabilizado com 7% de cimento;
- T2 – 92,5% de solo com 7,5% de cinza, estabilizado com 10% de cimento;
- T3 - 92,5% de solo com 7,5% de cinza, estabilizado com 13% de cimento;
- T4 – 90,0% de solo com 10% de cinza, estabilizado com 10% de cimento;
- T5 – 90,0% de solo com 10% de cinza, estabilizado com 13% de cimento.

Foram realizados ensaios de compressão e de absorção de água com os corpos de prova de Φ 5 cm x 10 cm de altura. No ensaio de compressão simples apenas o traço T1 não satisfaz às especificações da NBR 8491 (ABNT, 1984) que estabelece o valor médio mínimo de 2,0 Mpa, e em relação a absorção de água apenas os traços T4 e T5 não satisfizeram à mesma norma (NBR 8491, 1984) que estabelece como valor médio máximo de 20%. Constatou-se também que os traços T2 e T3 podem ser utilizados comercialmente, pois atenderam às normas vigentes.

Souza et al. (2008) estudou a incorporação de resíduo de construção civil e demolição em tijolo solo-cimento. Foram preparadas formulações em que o resíduo de construção civil e demolição substituiu o solo e o cimento. Após realizar os ensaios pertinentes à pesquisa, chegam-se a algumas conclusões:

- O solo-cimento possibilita a incorporação de 60% de resíduo de construção civil e demolição em relação à massa de solo sem prejudicar suas propriedades;
- Todos os traços formulados pelo autor atenderam às normas brasileiras;
- Possibilidade de utilizar dosagens com menos de 6% de cimento na composição dos tijolos;
- A adição do resíduo proporcionou uma redução na retração proveniente da secagem do solo;
- A resistência do solo-cimento continuou aumentando após a idade de sete dias, com tendência de aumento mesmo após 240 dias;
- O resíduo de construção civil e demolição é uma excelente alternativa na incorporação no solo-cimento, pois todas as propriedades analisadas apresentaram melhorias.

Segundo Rodrigues e Holanda (2013) nas estações de tratamento de água doce ocorre a geração de enorme volume de lodo, no qual este pode ser incorporado na formulação do tijolo solo-cimento. A pesquisa concluiu que o lodo pode substituir em até 1,25% em peso o solo

utilizado. Além disso, sua adição provoca alterações significativas nas propriedades do produto, sendo assim o uso de lodo proveniente das estações de tratamento é bastante limitado.

Pinheiro, Campos e Lima (2014) realizaram uma pesquisa com o objetivo de incorporar resíduo de gesso, proveniente da construção civil, em substituição parcial ao cimento utilizado na composição do tijolo solo-cimento. Foram realizados ensaios de compressão e absorção de água seguindo as normas vigentes. Chegou-se à conclusão de que é possível o reaproveitamento do resíduo de gesso em até 30% em peso no tijolo do tipo solo-cimento para ser usado na construção civil.

Esses estudos comprovam a importância do tijolo solo-cimento como material ecológico e altamente receptivo ao aproveitamento de novos materiais.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Materiais

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Solo arenoso proveniente do município de Cataguases - MG;
- Cimento Portland do tipo CPIII – 40 RS - escolhido devido ao seu baixo custo e por apresentar alta resistência à compressão;
- Água potável coletada da rede de distribuição de água do município de Cataguases-MG fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA;
- Resíduo de borra de tinta proveniente da indústria moveleira Sier, localizada no município de Ubá - MG.

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Beneficiamentos das matérias-primas

O solo (FIG. 4) passou por um processo de secagem ao ar livre durante 10 dias e, em seguida, foi submetido a um processo de secagem em estufa de laboratório a 110 °C por 24 horas. Após esse processo, o solo foi destorroado manualmente e passado em peneira de 4 *mesh* (4,75 mm ASTM). Em seguida, o solo foi passado na peneira de 200 *mesh* (0,075 mm ABNT).

FIGURA 4 – Solo utilizado antes do beneficiamento.



Fonte: Próprio autor.

O resíduo borra de tinta (FIG. 5) foi submetido a um processo de secagem (FIG. 6) em estufa a 110 °C por 24 horas. Em seguida, foi destorroado manualmente e passado em peneira de 200 *mesh* (0,075 mm, ABNT). O cimento foi submetido a um processo de secagem em estufa a 110 °C por 24 horas e passado em peneira de 200 *mesh* (0,075 mm, ABNT).

FIGURA 5 – Resíduo borra de tinta antes do processo de secagem



Fonte: Próprio autor

FIGURA 6 – Resíduo borra de tinta após processo de secagem



Fonte: Próprio autor

2.2.2.2 Formulação dos traços cerâmicos

Foram formulados dois traços cerâmicos típicos para tijolo do tipo solo-cimento. O traço chamado de referência não possui resíduo borra de tinta e contém nove partes em volume de solo e uma parte em volume de cimento (T0 – 9/1). A partir deste foi formulado outro traço no qual incorporou-se o resíduo borra de tinta em substituição parcial ao solo na proporção de oito partes em volume de solo, uma parte em volume de cimento e uma parte em volume de resíduo borra de tinta (T1 – 8/1/1). A preparação dos traços formulados foi feita de acordo com as etapas a seguir:

1) Traço referência (T0):

- ✚ O solo e o cimento foram misturados manualmente até atingirem uma coloração homogênea;
- ✚ Para adicionar umidade uniformemente utilizou-se um borrifador, e assim misturou-se o composto manualmente;
- ✚ Para evitar a formação de caroços, passou-se a mistura em peneira de 4 *mesh* (4,75 mm ABNT), obtendo a mistura final.

2) Traço com resíduos (T1):

- ✚ Misturou-se o resíduo e o cimento nas proporções adequadas, até obter uma coloração uniforme;
- ✚ Em seguida, adicionou-se o solo e foi feita mistura manual até obtenção de coloração uniforme;

- ✚ Foi adicionada a água por meio de borrifador e feito novamente mistura manual;
- ✚ Para evitar a formação de caroços passou a mistura em peneira de 4 *mesh* (4,75 mm ABNT), obtendo a mistura final.

Segundo a Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC, 1999) existe uma recomendação para se verificar a umidade ideal da mistura de forma prática e com razoável precisão que estabelece os seguintes passos:

- Pega-se com a mão uma quantidade da mistura e a aperte energeticamente, ao abrir a mão essa mistura deverá ter a marca dos dedos;
- Deixe essa quantidade cair de uma altura de aproximadamente um metro sobre uma superfície dura;
- Ao chocar-se deverá esfarelar, caso isso não aconteça a mistura estará muito úmida.

Após todas as etapas anteriores foram confeccionados 60 corpos de prova, no qual 30 foram para ensaio de resistência à compressão e 30 para ensaio de absorção de água. Isso foi feito para cada traço formulado e preparado conforme descrito anteriormente.

Os corpos de prova (FIG. 7) foram conformados por prensagem uniaxial em prensa hidráulica, modelo PHP com capacidade de 15 toneladas (FIG. 8). A carga de compactação utilizada foi de duas toneladas. Foi utilizada uma matriz (FIG. 9) de forma cilíndrica ($\Phi = 30$ mm) com pistões de aço. Na FIG. 10 pode ser observado o processo de moldagem dos corpos de prova. Após moldados, os corpos de prova foram deixados em uma superfície plana por seis horas, em seguida foram submetidos a um processo de molhagem frequente durante sete dias. Após este período, os corpos de prova foram deixados em superfície sólida em local coberto por um período igual a 28 dias. Em seguida foram realizados os ensaios de resistência à compressão simples e de absorção de água de acordo com a NBR 10836 (ABNT, 1994).

No ensaio de resistência à compressão simples (FIG. 11) foi utilizado uma máquina universal de ensaios modelo AME – 2kN. A carga de ruptura é obtida quando não consegue aplicar mais carga no corpo de prova e o mesmo apresenta aspectos de rompimento. A tensão de ruptura foi obtida com a divisão da carga de ruptura, em kN, pela área do corpo de prova, em mm². Depois é transformado em Mpa.

No ensaio de absorção de água (FIG. 12) os corpos de prova foram colocados em estufa a 110°C para obter a massa seca, foi feito a pesagem e anotado o valor em gramas, e assim fez a imersão desses em um recipiente com água durante 24 horas. Ao ser retirado eles foram secos com um pano úmido e foi feito a pesagem dos corpos de prova, obtendo a massa

saturada. A taxa de absorção de água é obtida ao fazer a subtração da massa saturada pela massa seca e o valor foi dividido pela massa seca, então o resultado é multiplicado por 100 para converter em porcentagem.

FIGURA 7 - Corpo de prova



Fonte: Próprio autor

FIGURA 8– Prensa hidráulica modelo PHP



Fonte: Próprio autor

FIGURA 9 - Matriz cilíndrica



Fonte: Próprio autor

FIGURA 10 – Processo de moldagem dos corpos de prova



Fonte: Próprio autor

FIGURA 11 – Ensaio de resistência à compressão simples



Fonte: Próprio autor

FIGURA 12 – Ensaio de absorção de água



Fonte: Próprio autor

2.2.3 Resultados

A amostra de solo retirada no município de Cataguases, teve 100% de passante na peneira de 4 *mesh* (4,75 mm ASTM) e 50% de massa retida na peneira de 200 *mesh* (0,075 mm ABNT) o que comprovam estar apto para o uso na fabricação do tijolo solo-cimento (ABCP, 2004).

A tabela 1 apresenta os valores obtidos nos ensaios realizados:

TABELA 1 – Propriedades Tecnológicas dos corpos de prova

Traços	Absorção de água (%)	Resistência à compressão (MPa)
T0	10,62 ± 2,90	4,33 ± 0,22
T1	11,45 ± 4,36	4,30 ± 0,21

Fonte: Próprio Autor

Observou-se que a adição do resíduo provocou, um aumento na absorção de água dos corpos cimentícios incorporados com resíduos, esse fato foi confirmado após uma análise estatística feita pelo teste t de student. Este fato pode estar relacionado com o menor empacotamento das partículas, o que provoca o aumento da porosidade no material. É válido destacar que os valores de absorção de água estão entre 10,62 ± 2,90% a 11,45 ± 4,36%. Valor

esse permitido pela norma NBR 10836 (ABNT, 1994), que estabelece como valor médio de absorção de água inferior à 22% para tijolos do tipo solo-cimento.

Percebeu-se também a influência que o resíduo borra de tinta exerceu na resistência à compressão dos corpos de prova. Houve uma diminuição na resistência com o acréscimo de resíduo, fato esse confirmado por uma análise estatística realizada com o teste t de student. Essa diminuição pode estar relacionada também pelo aumento da porosidade do material, pois os poros funcionam como concentradores de tensão. Ressalta-se que apesar da diminuição da resistência, os corpos de prova ainda se enquadram na norma NBR 10836 (ABNT,1994) na qual consta que o valor médio de resistência à compressão para tijolos do tipo solo-cimento deve ser superior a 2 Mpa. Os valores de resistência à compressão situam-se na faixa de $4,33 \pm 0,22$ MPa à $4,30 \pm 0,21$ MPa.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que em relação à taxa de absorção de água e à resistência à compressão simples, é possível incorporar o resíduo borra de tinta em tijolos do tipo solo-cimento.

3 CONCLUSÃO

Em relação às propriedades analisadas pode-se presumir a possibilidade do reaproveitamento do resíduo borra de tinta em substituição parcial ao solo utilizado na composição do tijolo do tipo solo-cimento.

Cabe salientar que todos os ensaios estão de acordo com as normas da ABNT que estabelecem os valores para resistência à compressão simples e absorção de água para produtos classificados como tijolos do tipo solo-cimento. Sendo que os resultados obtidos foram muito positivos aos limites das normas, possuindo boa qualidade nesses quesitos.

Destaca-se que o produto obtido é uma opção interessante no lado econômico, pois com o reaproveitamento de um material que seria descartado pode-se produzir um produto com menor custo e a empresa encontra uma nova utilidade para o resíduo. Interessante para o meio ambiente, pois reduz o volume de material descartado na natureza, os problemas advindos da falta de gerenciamento dos resíduos e diminui a exploração dos recursos naturais. Assim, o reaproveitamento desse resíduo promove melhorias no meio ambiente, evita a contaminação de cursos de água e do solo, promovendo também uma melhor qualidade de vida para as pessoas.

REFERÊNCIAS

ACRE. Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. **Cartilha para produção de tijolos solo-cimento**. Rio Branco: FUNTAC, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das misturas de solo-cimento**: normas de dosagem e métodos de ensaio. São Paulo: ABCP, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais**. São Paulo: ABCP, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos sólidos: classificação, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10836**. Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: Determinação da resistência à compressão e da absorção de água: Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**. Tijolo maciço de solo-cimento: Especificação. Rio de Janeiro, 1984.

BALATON, V. T.; GONÇALVES, P. S.; FERRER, L. M. Incorporação de resíduos sólidos galvânicos em massas de cerâmica vermelha, **Cerâmica Industrial**, São Bernardo do Campo, v. 7, n. 6, p. 42-45, 2002.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção 2**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 960 p. v. 2.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção**: patologia, reabilitação e prevenção. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1024358/politica-nacional-de-residuos-solidos-lei-12305-10#art-1>> Acesso em: 06 nov. 2014.

CALLISTER JÚNIOR.; WILLIAM D. **Ciência e Engenharia dos Materiais**: Uma Introdução. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 705 p.

CASTRO, A. P. A. S; SILVA, F. S. Incentivo ao uso de produtos de baixo impacto ambiental através da disciplina de materiais de construção civil. **Instituto superior de engenharia arquitetura e design – CEUNSP**, Salto, ano. 02, n. 3, p. 50-57, mai. 2011. Disponível em:<<http://www.engenho.info>>. Acesso em: 25 out. 2014.

Centro Gestor de Inovação Moveleira. Resíduos na Indústria Moveleira. Disponível em: <<http://www.cgimoveis.com.br/tecnologia/residuos-na-industria-moveleira>>. Acesso em: 29 set. 2014.

DIJKEMA, G. P. J.; REUTER, M. A.; VERHOEF, E. V. A new paradigm for waste management. *Waste Management*, vol. 20. Pergamon, March, p. 633-638, 2000. *apud* FRAGA, Marcel Faria. **Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte**: medidas de minimização com base em projetos e planejamento de obras. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012**: resultados preliminares – Nota técnica 1. Belo Horizonte, 2014. Disponível em < <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/deficit-habitacional/363-deficit-nota-tecnica-dh-2012/file> > Acesso em: 28 set. 2014.

GIFFONE, P. O.; LANGE, L. C. A utilização de borra de fosfato como matéria-prima alternativa para a fabricação de tijolos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte, v. 10, n. 2, p. 128-136, abr./jun. 2005.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. São Carlos, 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

KOZAK, P. A. *et al.* Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis, **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 203-212, abr./jun. 2008.

KRAEMER, M. E. P. A questão ambiental e os resíduos industriais. **Revista da Madeira, Bioenergia**, Paraná, v. 1, p. 60-65, jun. 2008. *apud* NASCIMENTO, Nirvana Cordeiro. **Geração de resíduos sólidos em uma indústria de móveis de médio porte**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciência Exatas, Naturais e Tecnologias, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2009.

MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização e classificação de resíduo sólido “pó de rocha granítica” gerado na indústria de rochas ornamentais. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v.31, n.6, p.1301-1304, ago. 2008.

MENEZES, R. R.; NEVES G. A.; FERREIRA H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.

MILANI A. P. S.; FREIRE W. J., Avaliação física, mecânica e térmica de misturas de solo-cimento adicionadas de cinza de casca de arroz sem atividade pozolânica, **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Campinas, n. 11, p. 23-30, Abr. 2008.

MOURA, E. **Estudo comparativo do comportamento do solo-cimento**. 2004. São Paulo. Dissertação (mestrado), 2004 – EP USP. *apud* CASTRO, A. P. A. S.; SILVA, F. S. Incentivo ao uso de produtos de baixo impacto ambiental através da disciplina de materiais de construção civil. **Instituto superior de engenharia arquitetura e design – CEUNSP**, Salto, ano. 02, n. 3, p. 50-57, mai. 2011.

NASCIMENTO, Nirvana Cordeiro. **Geração de resíduos sólidos em uma indústria de móveis de médio porte**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciência Exatas, Naturais e Tecnologias, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2009.

NASCIMENTO, T. C. F.; MOTHÉ, C. G. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais. **Revista Analytica**, Rio de Janeiro, n.27, p.36-48, fev./mar. 2007.

PINHEIRO, B. C. A.; CAMPOS, A. J. P.; LIMA, S. C. S. Desenvolvimento de novos materiais eco-cerâmicos incorporados com resíduo de gesso para serem utilizados na construção de casas populares visando reduzir o déficit habitacional brasileiro. *In*: Congresso Internacional de Sustentabilidade e habitação de interesse social, n. 3, 2014, Porto Alegre. **Desenvolvimento de novos materiais eco-cerâmicos incorporados com resíduo de gesso para serem utilizados na construção de casas populares visando reduzir o déficit habitacional brasileiro**. Ubá: 2014, p. 1 – 7.

PINHEIRO, R. J. B., SOARES, J. M. D. Utilização de Solos Arenosos para Obtenção de Tijolos de Solo-Cimento. **Cerâmica Industrial**, Santa Maria, v. 15, p. 30-36, set./dez. 2010.

PINTO, C. S. Propriedades dos solos. *In*: ABMS. (Org.). **Fundações: Teoria e Prática**. 1 ed. São Paulo: PINI, 1996, v. 1.

PIRES, Vanessa Aparecida Vieira. **Viabilidade econômica de implantação de uma unidade integrada de gerenciamento de resíduos sólidos no pólo moveleiro de Ubá – MG**. 2007. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PISANI, M. A. J. **Execução do tijolo solo-cimento**. Relatório de Pesquisa: Promoção do Desenvolvimento Sustentável do semi-árido da Bahia. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2004. *apud* CASTRO, A. P. A. S; SILVA, F. S. Incentivo ao uso de produtos de baixo impacto ambiental através da disciplina de materiais de construção civil. **Instituto superior de engenharia arquitetura e design – CEUNSP**, Salto, ano. 02, n. 3, p. 50-57, mai. 2011. Disponível em:< <http://www.engenho.info>>. Acesso em: 25 out. 2014.

PISANI, M. A. J. **Execução do tijolo solo-cimento**. Relatório de Pesquisa: Promoção do Desenvolvimento Sustentável do semi-árido da Bahia. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2004.

PISANI, Maria Augusta Justi. Um material de baixo impacto ambiental: o tijolo solo-cimento. **Sinergia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-59, jan./jun. 2005.

RODRIGUES, L. P.; HOLANDA, J. N. F. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento. **Cerâmica**, Campos dos Goytacazes, n. 59, p. 551-556, 2013.

SOUZA, M. I. B.; SEGANTINI A. A. S.; PEREIRA J. A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 205-212, 2008.

VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N. Cerâmica argilosa incorporada com resíduo oleoso proveniente do setor petrolífero, **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, jul./set. 2006.

WENDER, A. A.; BALDO, B. B. O potencial da utilização de um resíduo argiloso na fabricação de revestimento cerâmico – Parte II. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 3, n. 1-2, p. 34-36, 1998.