



## Uso de Resíduo Madeireiro Amazônico na Fabricação de Tijolos de Solo-Cimento no Município de Alta Floresta – MT

*Marlize Reffatti Zinelli Viezzer<sup>1</sup>; Odorico Konrad<sup>2</sup>; Bruno Furquim Horodenski<sup>3</sup>; Aparecida Garcia Pacheco Gabriel<sup>4</sup>; Rodrigo Spinelli<sup>5</sup>*

**Resumo:** A discussão sobre edificações sustentáveis vem sendo abordada há décadas por diferentes autores, em geral com foco no consumo energético e na vida útil dos materiais, contudo para atender esses objetivos são necessárias novas tecnologias que promovam mais sustentabilidade. Para tanto, a inclusão de fibras vegetais em compostos de solo-cimento se mostram uma alternativa interessante, e pelo fato do setor industrial madeireiro movimentar a economia local no município de Alta Floresta o resíduo serragem passa a ser um possível agregado nos tijolos ecológicos, uma vez que o armazenamento inadequado deste resíduo pode causar sérios impactos ambientais, portanto, este estudo se propôs a desenvolver um tijolo ecológico fabricado a partir da mistura de solo-cimento e serragem de três espécies florestais da Amazônia, Cambará - *Vochysia* sp., Cedrinho - *Erisma uncinatum* Warm., Garapeira - *Apuleia* sp, e ainda avaliar a resistência a compressão com intervalos de cura de 7, 14, 21 e 28 dias, com o intuito de verificar a viabilidade do material construtivo. Para a realização do experimento, os tijolos foram fabricados com traço de 1:8:2,5, (cimento: solo: serragem) e a serragem utilizada com dois tratamentos, in natura e tratada por imersão e padronização granulométrica. O material misturado foi compactado em uma prensa hidráulica. Como resultado, os tijolos com serragem apresentaram valores de resistência mecânica de: Cedrinho 1,26Mpa, Cambará 1,70Mpa e Garapeira 1,95Mpa e teores de absorção de umidade de 15,7%, 17,6% e 13,8%, respectivamente.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Tijolo solo-cimento. Serragem.

<sup>1</sup> Doutoranda em Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES. Engenheira Florestal. marlize.zinelli@universo.univates.br;

<sup>2</sup> Doutorado em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Montanuniversität Leoben, Austria. Coordenador do CPETS da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, Brasil. okonrad@univates.br;

<sup>3</sup> Discente do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Direito de Alta Floresta – FADAF, Brasil. bruno\_horodenski\_2018@outlook.com;

<sup>4</sup> Doutoranda em Ensino pela Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES. Pedagoga. Mestrado em Ensino pela Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, Brasil. Coordenação do curso de Pedagogia e professor da Faculdade de Alta Floresta, Brasil. psicopacheco\_1@hotmail.com;

<sup>5</sup> Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES. Arquiteto e Urbanista.. rspinelli@univates.br

## Timber Residue Use in the Manufacture of Soil-Cement Bricks for Civil Construction in the City of Alta Floresta- MT

**Abstract:** The discussion about sustainable edifications has been addressed in decades by different authors, generally focusing energetic consume and the materials lifespan, however to reach these goals it is necessary new technologies that promote more sustainability. For that the inclusion of vegetal fibers in soil-cements composites present as an interesting alternative, and because the timber industry moves the local economy in the city of Alta Floresta the sawdust residue become a possible aggregate of ecologic bricks since inadequate storage of this material can cause serious environment impacts, therefore this study propose to develop an ecologic brick manufactured by the mix of soil-cement and sawdust of three Amazonian species: Cambará - *Vochysia* sp., Cedrinho - *Erismia uncinatum* Warm, Garapeira. - *Apuleia* sp., and also evaluate the compression resistance in 7, 14, 21, 28 days intervals, aiming to verify the feasibility of the constructive material. To carry out the experiment the bricks were manufacture with the ratio of 1:8:2,5 (cement: soil: sawdust), and the sawdust used was treated twice, in natura, treated by immersion and granulometric standardization. The mixed material was compacted in a hydraulic press. As a result, the sawdust bricks showed resistance values of: Cedrinho 1.26 MPa, Cambará 1.70 MPa and Garapeira 1.95 MPa and humidity absorption percentage of 15.7%, 17.6%, and 13.8% % respectively.

**Keywords:** Sustainably, Ecologic Brick, Sawdust

### Introdução

Um material sustentável é feito geralmente a partir de materiais naturais ou reciclados, fazendo uso limitado de recursos não renováveis e com baixo impacto ambiental. Uma atenção crescente está direcionada para as fibras naturais, pois têm baixa toxicidade e seu processo de produção de forma geral coopera para a preservação do ambiente e certamente materiais reciclados com fibras plásticas reutilizadas, resíduos sintéticos são considerados alternativas sustentáveis uma vez que contribuem para redução de resíduos e menor consumo de matérias-primas (ASDRUBALI, SCHIAVONI, HOROSHENKOV, 2012).

Materiais baseados em fibras naturais de recursos de matérias-primas renováveis estão se tornando cada vez mais populares. Devido sua baixa densidade de massa e estrutura celular, eles apresentam propriedades de isolamento sonoro e térmico muito boas, por vezes melhores e mais vantajosas do que as fibras sintéticas. Dentre as vantagens do isolamento térmico baseado em fibras naturais se destaca o fato de ser um material renovável que não causa nenhuma pressão significativa ao meio ambiente (ZACH, 2013).

A sustentabilidade surge como ramo da ecologia e corresponde a busca por uma permanência do processo de usufruto dos recursos naturais provenientes do meio ambiente, ou seja, a sustentabilidade tem como objetivo determinar as ações que quando adotadas

pelos indivíduos e população garante a manutenção dos recursos naturais, de modo que seja possível a utilização em média igual ou inferior que eles se renovem (BEGON, M., TOWNSEND, C. R., & HARPER, J. L. 2005).

A madeira é um dos recursos naturais mais importante da economia brasileira, e representa um gigantesco ramo de trabalho com muitos trabalhadores, sendo responsável também por produzir uma enorme quantidade de resíduos na forma de pó de serra (NASCIMENTO, S. D., DUTRA, R. I., & NUMAZAWA, S., 2006).

As maiorias das atividades desenvolvidas nas marcenarias e serrarias produzem resíduo, seja na forma de maravalha ou de pó de serra e realizar o descarte adequado desse vão além de questões ambientais e envolvem qualidade e segurança de trabalho. Apesar disso, muitos profissionais e empresas ainda não dão a devida importância ao problema do acúmulo desse resíduo no ambiente de trabalho e não sabem a forma correta de dispensá-lo. Na maioria das vezes, ocorrem apenas uma limpeza superficial do local após a conclusão de um serviço (HILLIG ET AL., 2006).

Os tijolos ecológicos correspondem a uma inovação na área de materiais de construção, pois visam a sustentabilidade e a preocupação com meio ambiente, tendo como diferenciais o baixo índice de poluição por não utilizarem argila pura e não passarem pelo processo de queima, apresentar maior resistência mecânica e possuir maior isolamento acústico e térmico (MACHADO, 2014).

Dentro desta proposta, Carignani (2014), afirma que a utilização de um material construtivo que dispense a queima de algum tipo de material para sua fabricação, colaborando com a redução da emissão de gases poluentes e aliado a proposta de reutilizar uma técnica construtiva milenar, pouco onerosa, que utilizam materiais recicláveis e reutilizáveis oferecidos localmente pela natureza, é essencial para a sustentabilidade regional.

O tijolo ecológico é fabricado a partir da mistura do solo com cimento e água que passapor compressão para formação dos blocos, não sendo necessário a queima do mesmo. Como o solo é um material bem heterogêneo é importante se observar as características do material de acordo com a NBR 8492/2013 que traz os parâmetros necessários para a averiguação da qualidade de tijolos solos-cimentos (PEREIRA, D. B., & PEZZUTO, C. C., 2010).

Dessa forma, o reaproveitamento de resíduos de madeira se mostra importante para contribuir com as alternativas sustentáveis, e juntando isso ao tijolo ecológico o

transforma em um material ainda mais benéfico ao meio ambiente. Sendo assim, a aplicação de serragem a tijolos solo-cimento contribui para reduzir o impacto provocado pelos insumos da construção civil e ao mesmo tempo possibilita uma destinação adequada do resíduo da indústria madeireira preservando as características de resistência (SILVA, 2005).

A aplicação de serragem em tijolos de solo-cimento a níveis que não comprometam a resistência mecânica pode proporcionar menos impacto ambiental trazendo contribuições para o desenvolvimento sustentável de diversas maneiras, como reduzir o custo do tijolo, aumentar o rendimento, diminuir o peso por peça além de promover a retirada de um resíduo da natureza.

Para tanto este estudo se propôs a elucidar questionamentos como: O resíduo de serragem de madeira pode ser incorporado a fabricação de tijolos de solo-cimento sem que haja o comprometimento da resistência e ainda o uso de serragens de diferentes espécies florestais conferem as mesmas propriedades ao material construtivo.

Desta maneira, este estudo tem como objetivo usar resíduo madeireiro (serragem) das espécies mais processadas pela indústria como agregado na fabricação de tijolos de solo-cimento e avaliar a resistência mecânica dos tijolos ecológicos solo-cimento convencionais e os tijolos solo-cimento-serragem.

Esta pesquisa apresenta uma proposta de relevância ambiental expressiva, pois pretende propor uma alternativa para uso do resíduo que causa o passivo ambiental, além de demonstrar a viabilidade econômica ao criar um material construtivo alternativo, que pode ser usado na construção civil.

## **Desenvolvimento**

A discussão sobre edificações sustentáveis vem sendo abordada há décadas por diferentes autores, em geral com foco no desempenho da edificação e na vida útil dos materiais, porém para atender aos objetivos é necessário introduzir mudanças na gestão dos processos e buscar por novas tecnologias que promovam maior sustentabilidade ambiental nas edificações.

A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que compõe a Agenda 2030, estes objetivos se

estabeleceram mundialmente como metas que norteiam as organizações, instituições e países para desenvolverem ações e projetos que promovam a inclusão e o desenvolvimento da sociedade de forma mais igualitária e justa. Dos 17 ODS que compõe a Agenda 2030, os que tem mais relação com a construção civil são: Água e Saneamento para todos - ODS 6, Energia - ODS 7, Indústria, Inovação e Infraestrutura - ODS 9, Cidades e Comunidades Sustentáveis - ODS 11 e Consumo e Produção Responsáveis - ODS 12. (AGENDA 2030, 2019).

A agenda para a construção sustentável deve refletir as várias dimensões da sustentabilidade, avaliação deve transcender a avaliação ambiental para a avaliação da sustentabilidade que contemple os aspectos sociais e econômicos relacionados à produção, operação e modificação do ambiente construído (SILVA, 2010).

Uma vez que os impactos ambientais são provocados pelo consumo dos recursos naturais de forma que não possibilite a renovação no mesmo tempo de consumo e a geração de resíduos que não são capazes de se decompor ou serem assimilados pela natureza sem causarem danos a mesma, o que requer que seja adotado medidas de políticas públicas para que as práticas de gestão priorizem a sustentabilidade (BELIZÁRIO, F., & DOURADO, J. (EDS.), 2012).

Uma construção sustentável se faz presente nas pesquisas e desenvolvimentos atuais de modo a promover o desenvolvimento da vida do ser humano, da natureza e do bom uso dos recursos naturais, o conceito de construção moderna e sustentável vai além de adotar medidas

que reduzem o consumo de recursos e abrangem também a integração e inovação de novas matérias/recursos para sua concepção (ARAÚJO, 2008).

O tijolo mais utilizado na construção civil são os tijolos cerâmicos, que são aqueles fabricados a partir de mistura de argilas e logo após moldados são levados para serem “cozidos” em fornos até atingir a resistência desejada. Por ser um processo de fabricação antigo e já bem conhecido, o produto sofre pouca variação, que mormente é causado pelas próprias características naturais da argila utilizada (OLIVEIRAS, 2011).

Após a moldagem são feitos os cortes das peças que ainda precisam passar pelo processo de secagem antes de serem levadas aos fornos onde serão “cozidas” por até 24h em temperaturas que variam entre 800 e 1000°C, logo após resfriados podem ser feitos processos de esmaltação ou coloração (SILVA, 2005).

O tijolo ecológico é feito da compressão da mistura do solo com cimento e água, e não passa pelo processo de queima. Como se tem uma grande diversidade de composição de solo é importante observar o comportamento do material para estabelecer o traço ideal da mistura. O controle de qualidade pode ser verificado através dos ensaios propostos pelas normas de solo-cimento: BR12023:2012 com ensaios de compactação e NBR12025:2012 com ensaios de compressão (PEREIRA, L. A. D. F. 2018).

A grande vantagem do seu processo de produção é que não tem a queima, o que elimina o uso de combustíveis e a emissão de gases do efeito estufa do processo. Outra vantagem é que pode ser usado praticamente qualquer tipo de solo, inclusive aquele que seria removido para fazer o corte do terreno.

Dentre tantas vantagens o tijolo ecológico proporciona conforto, praticidade e muita economia. Ele tem um formato diferenciado e por ser apenas encaixado traz redução média de 30% nos gastos com a alvenaria e no tempo de construção.

Segundo a norma NBR 12.254/2013, o solo-cimento é um elemento endurecido, resultante de um conjunto homogêneo, compactado e curado do solo, o cimento e a água são postos em dimensões estabelecidas, através de dosagem executada conforme a NBR

Entre as vantagens do tijolo de solo e cimento estão a facilidade de construção, seus furos podem ser utilizados para a passagem de sistema hidráulico e elétrico, tem o custo com reboco reduzido, dispensa o uso de madeiramento para caixarias, tem maior conforto térmico, e é uma estrutura hidro-repelente.

Os tijolos solo-cimento têm uma concordância com o desenvolvimento sustentável, pois sua fabricação requer baixa consumação de energia na remoção de matérias-primas, onde é dispensável o processo de queima e limitam a necessidade do deslocamento, uma vez que os tijolos podem ser fabricados com o solo do próprio local da edificação.

O proveito do tijolo ecológico assegura maior rapidez no sistema construtivo e na economia de materiais e mão-de-obra, eliminando a necessidade de rasgos na parede para a passagem de tubulações, sendo que, os tijolos contêm furos que ficam aplicado no assentamento e formam dutos por onde são passados os fios e as tubulações hidráulicas, diminuindo o consumo de argamassa e de regularização. Suas vantagens são de proporcionar conforto térmico e acústico superior ao das construções convencionais (SEGANTINI; ALCANTARA, 2007).

A utilização desta matéria-prima apresenta vantagens como a disponibilidade de propriedades térmicas elevadas com bom controle de umidade do ambiente, gerando o mínimo de consumo energético e poluição no ar em seu processo de fabricação. Quanto à introdução dos resíduos de madeira, existem pontos positivos que dão melhorias às propriedades dos tijolos (SILVA, 2005). No fragmento da construção civil no Brasil é normal não haver a separação da madeira dos resíduos sólidos, e sua finalização é no aterro sanitário. Na circunstância em que acontece a separação da madeira no local da obra, estes resíduos são reduzidos na categoria dos resíduos designados à reutilização, reciclagem ou armazenamento temporário. O motivo restritivo para a reciclagem da madeira empregada na construção civil é a condição desta estar normalmente “contaminada” com outros insumos como concreto/argamassa, metais (pregos, arames, grampos, parafusos, dobradiças, etc.) e além disso, os agentes desmoldantes (Ministério do Meio Ambiente, 2009).

## **Metodologia**

Através do método de pesquisa exploratória básica, foi realizado um levantamento bibliográfico e uma análise geral de dados coletados em campo. Com o levantamento bibliográfico realizado junto ao Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA) e ao Cadastro de Consumidores de Produtos Florestais (CCSEMA), foi possível quantificar o volume de madeira industrializada no município assim como, identificar as espécies mais exploradas, esses dados direcionaram a pesquisa na escolha das espécies florestais bem como, seleção e caracterização do resíduo serragem.

Para a produção dos tijolos buscou-se a parceria de um fabricante local, considerando que a proposta foi agregar o resíduo ao processo, seguiu-se o traço e a metodologia de produção do fabricante alterando apenas o acréscimo de 20% de serragem de madeira das três espécies selecionadas. Em laboratório foi determinada a resistência mecânica à compressão e o teor de absorção de água.

## Caracterização dos resíduos madeireiros

O mercado florestal fomenta a industrialização e comércio de madeira, que desperta o interesse por se tratar de um material natural, heterogêneo com muitas variações nas propriedades físicas e químicas. As diferenças mais expressivas entre as espécies são a cor e a densidade aparente do lenho. Carvalho (1996) sugere uma classificação que varia de leve (0,40 a 0,49 g. cm<sup>3</sup>) até pesada (0,80 a 0,95 g.cm<sup>3</sup>).

As características macroscópicas da madeira são definidas pelas propriedades organolépticas ou sensoriais, cor, brilho, odor, gosto, grã, textura, densidade, dureza e desenhos da madeira, enquanto as propriedades anatômicas reúnem aspectos relacionados aos anéis de crescimento e aos elementos celulares (ZAQUE, 2018).

As propriedades químicas da madeira estão relacionadas aos compostos que são variáveis entre espécies e até mesmo indivíduos de mesma espécie. Os componentes elementares são celulose, hemicelulose e lignina, enquanto que os componentes acidentais são os extrativos e compostos minerais (SUSIN, 2018).

As madeiras de Cambará - *Vochysia sp.*, Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.*, Garapeira. - *Apuleia sp.*, foram selecionadas tanto pela expressiva comercialização quanto pelas características físicas e químicas da madeira, as serragens usadas são resíduos oriundos do desdobro primário das serrarias do município de Alta Floresta - MT. A madeira de Cambará - *Vochysia sp.*, apresenta densidade de 0,67g.cm<sup>3</sup> sendo classificada como média a alta, com fibras libriformes e septadas de curta extensão 1,45mm. (RIBEIRO, 2017). Quanto às características do lenho, Franzen (2018) ao estudar as propriedades físicas e químicas de espécies nativas da Amazônia encontrou 3,41% de extrativos, 31,55% de lignina e 64% de holocelulose para esta espécie.

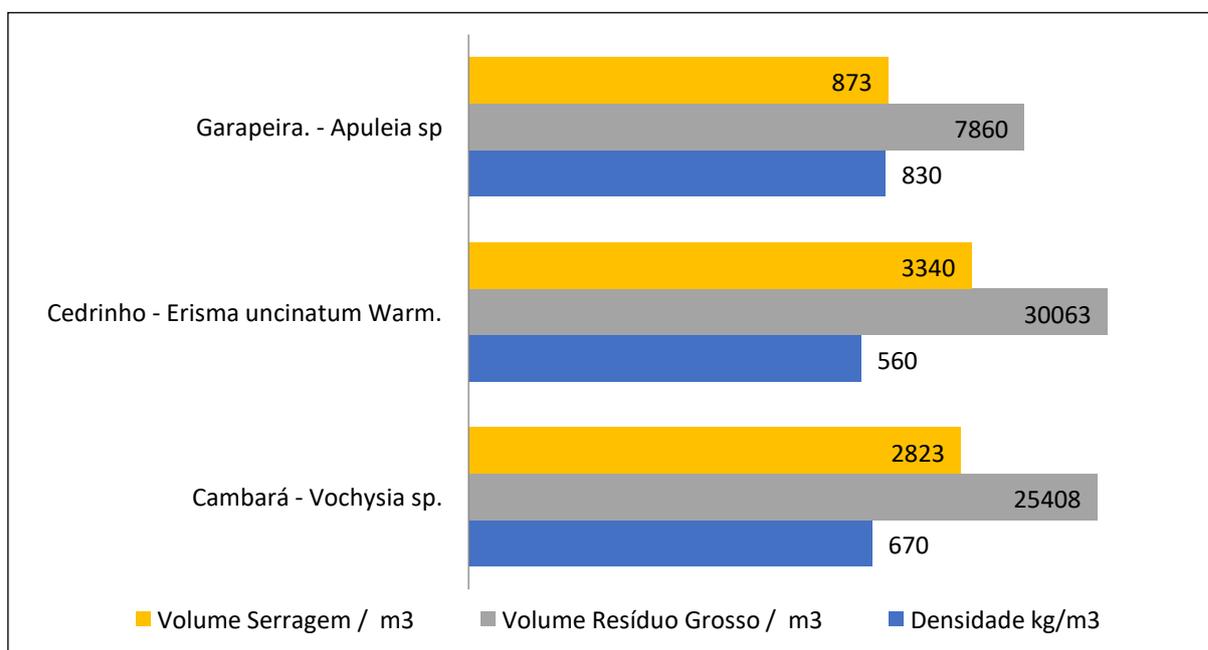
Ribeiro (2017), ao descrever a espécie de Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.*, afirma que é uma madeira macia ao corte, por essa razão, classificada como baixa densidade com valor de 0,56 g.cm<sup>3</sup> e com fibras libriformes de extensão curta 1,29mm. Quanto às propriedades químicas, Almeida *et al.* (2015) apresentam teores de extrativos de 3,47%, 22% de lignina e 74,52% de holocelulose.

A Garapeira. - *Apuleia sp.*, madeira com porosidade difusa pouco abundante, madeira de alta densidade 0,83 g.cm<sup>3</sup>, com fibras libriformes de 1,35mm. Batista (2021) ao estudar a composição química de madeiras amazônicas descobriu 13,48% de extrativos, 26,35% de lignina e 62,84% de holocelulose que é a soma da celulose com a hemicelulose.

Iwakiri (2008), ao estudar a relação entre compósitos cimentícios e madeira relata que as espécies de folhosas tropicais costumam apresentar altos teores de extrativos que são responsáveis pela inibição da solidificação do cimento, sendo seus principais ativos os compostos fenólicos e os carboidratos livres. Beraldo *et al.* (2002) afirmam que a presença de açúcares e extrativos solúveis em água ou álcali retarda o tempo de pega do cimento, e segundo os autores estas influencias podem ser minimizadas através de métodos de tratamentos das partículas.

Zaque *et al.* (2019), cita em seu trabalho as mesmas espécies encontradas por Ribeiro *et al.* (2016), que corrobora com as informações levantadas neste estudo sendo possível afirmar a justaposição de 58% das espécies exploradas fato que permite afirmar existência de uma pressão exercida pela exploração mais acentuada em um pequeno grupo, trazendo destaque no ranking da exploração a liderança do Cambará - *Vochysia sp.*, Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.*, Garapeira - *Apuleia sp.* conforme demonstrado no Gráfico 1.

**Gráfico 1** - Seleção das três espécies mais comercializadas em Alta Floresta - MT



Fonte: Da autora (2021).

A serragem utilizada na pesquisa foi obtida das madeiras de Cambará - *Vochysia sp.*, Cedrinho - *Erisma uncinatum Warm.*, Garapeira - *Apuleia sp.*, resíduos das serrarias do

município de Alta Floresta, o material foi utilizado de duas formas, in natura e tratado por imersão, e padronização granulométrica em uma peneira de 4,8mm conforme demonstrados na figura abaixo.

**Figura 1** -Classificação e preparo da serragem das espécies selecionadas



Fonte: Da autora (2021).

### **Manufatura dos tijolos solo-cimento-serragem**

O processo de fabricação do tijolo ecológico é realizado em etapas, primeiro os materiais são selecionados e misturados de maneira adequada, nesta etapa fatores como qualidade dos materiais, natureza e característica do solo, dosagem de cimento, teor de umidade e nível de compactação das matérias são observados para garantir a qualidade da produção (ALMEIDA, 2020).

Os tijolos de solo-cimento foram construídos na empresa Petrica Tijolos Ecológicos E Imobiliária localizada no Município de Nova Canaã do Norte – MT, que atua no ramo imobiliário há mais de 15 anos fabricando e construindo casas com tijolos ecológicos. Semelhante ao processo de fabricação dos blocos de concreto, optou-se pela produção dos tijolos de solo-cimento em uma empresa que já atua na região e que apresenta credibilidade e qualidade no produto comercializado, portanto, para o desenvolvimento desta pesquisa seguiu-se a metodologia de produção adotada pelo empresário, realizando apenas o acréscimo do aditivo serragem ao processo e análise da interferência nas propriedades físicas do material.

Foram utilizados os equipamentos prensa hidráulica automática 12 toneladas, triturador de solo, peneira e para o preparo do material seguiu-se a orientação do fabricante com o traço de 1:8:2,5, sendo que para cada batelada foi adicionado 7 padiolas de cimento, 56 padiolas de argila, 16 padiolas de serragem e 15 litros de água.

O solo utilizado é proveniente do município de Canaã do Norte, região Norte de MT, inicialmente peneirado e depois misturado aos demais componentes de forma manual até alcançar a homogeneidade necessária, e para a produção dos tijolos solo-cimento com a adição da serragem das três espécies estudadas, inclui-se 20% de agregado (serragem) com e sem o pré-tratamento de imersão.

**Figura 2** - Produção dos tijolos de solo-cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

O procedimento de fabricação do tijolo ocorreu com a utilização da prensa hidráulica ALROMA 4.0, que possui uma caixa carregadora, caixa molde com matriz aquecida e uma parte móvel que realiza a compactação de 12 toneladas de acordo com a figura 03.

Assim que a mistura se encontra na matriz, é realizado o processo de moldagem do tijolo, a parte móvel executa a compactação imprimindo o tijolo solo-cimento em sua forma final de 12,5 x 25cm e espessura de 9cm.

**Figura 3** - Fabricação do tijolo-solo-cimento serragem prensa hidráulica



Fonte: Da autora (2021).

Após o processo de fabricação é necessário o período de cura que garante a reatividade do cimento e a máxima obtenção de resistência mecânica, após 28 dias conforme recomendadopela NBR 8492 (ABNT, 2012).

**Figura 4** - Teste de Resistência nos Tijolos solo-cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

Para o ensaio de resistência, a compressão realizada nos tijolos de solo-cimento seguiu-se a (NBR 8492, 2012) que determina valores mínimos de 2 MPa (média) e 1,7 MPa(individualmente), os corpos de prova foram preparados inicialmente cortados ao meio e perpendicularmente à sua maior dimensão, as metades foram sobrepostas e interligadas por uma fina camada de cimento e a superfície superior recebeu uma camada de cimento a fim de garantir ao tijolo uma superfície lisa e homogênea. Após 24hs os corpos de prova são centralizados sobre o prato inferior da prensa hidráulica, onde ocorre a aplicação da carga de forma uniforme até o momento da sua ruptura.

A carga aplicada em (Kgf), foi elevada até atingir a ruptura do corpo de prova e a tensão de ruptura é obtida através da equação 4:

$$t = \frac{F}{A}$$

Onde:

t= tensão de ruptura

(KN/mm<sup>2</sup>); F = carga da

ruptura (KN);

A = área da secção transversal do corpo de prova (mm<sup>2</sup>)

Assim, foi possível determinar a resistência média pela média aritmética das repetições do procedimento de compressão realizado em 5 amostras de tijolos produzidos com as três espécies de madeira estudada, os ensaios foram realizados com 7,14,21 e 28 dias de cura.

### Teste de absorção de água

O ensaio de absorção de água está previsto na (NBR-6136, 2016), e relaciona porosidade da peça e a capacidade da peça de reter líquido no seu interior. Esse ensaio foi realizado em laboratório, o corpo de prova foi submetido a secagem em estufa por 24hs, depois da peça fria obteve-se a massa seca ( $M_{sec}$ ) do tijolo por meio da pesagem, depois desta etapa o tijolo foi submerso em água por 24hs e a seguir obteve-se a massa da peça saturada ( $M_{sat}$ ).

A absorção de água expressa em porcentagem pela equação:

$$\text{Absorção} = (M_{sat} - M_{sec}) \times 100 / M_{sec}$$

**Figura 5** - Teste de absorção tijolos solo-cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021)

## Resultados e discussões

Segundo a NBR 10833, as amostras ensaiadas devem apresentar valores de resistência à compressão individuais iguais ou maiores que 1,7Mpa e uma média dos valores igual ou maior que 2,0Mpa. Porém, nos ensaios realizados neste estudo foram encontrados valores médios com máxima resistência de 1,95Mpa para os tijolos fabricados com a serragem de Garapeira (*Apuleia sp*).

Cristina *et al.* (2018), ao adicionar de 5% a 10% de fibra vegetal em tijolos de solo-cimento concluíram que a resistência mecânica dos tijolos foi inversamente proporcional a

adição de fibras vegetais, corroborando com os dados apresentados nesta pesquisa, fato este que pode ser explicado pela baixa aderência da serragem ao solo-cimento.

Préneron *et al.* (2016), ao revisar o estado da arte da pesquisa sobre a incorporação de fibras vegetais em matriz terrestre e a influência desses recursos naturais em materiais não queimados como blocos de terra extrusados e estabilizados, afirmam que a adição pode reduzir o craqueamento por retração, a não propagação de trincas e a melhora das propriedades térmicas. Sem embargo, o referido estudo relata que os tijolos produzidos com as fibras com maior teor de lignina apresentaram menor resistência.

Como caracteriza Efendy *et al.* (2014), é provável que a adesão entre a serragem e o solo-cimento seja influenciado pela presença de pectina, hemicelulose e lignina presentes no lenho que podem ser parcialmente removidas com o tratamento de imersão em água. O referido estudo corrobora com os dados observados nesta pesquisa e demonstrados na tabela 1, houve uma diminuição na resistência mecânica nos tijolos produzidos com serragem e ainda se observa uma variação significativa entre os que foram feitos com e sem tratamento na serragem, isso se deve tanto ao tratamento de imersão quanto a padronização do teor de umidade e da granulometria do material.

**Tabela 1** -Testes de resistência a compressão dos tijolos solo-cimento

Tratamento	Tijolo solo-cimento	Tijolo solo-cimento com Serragem sem tratamento			Tijolo solo-cimento com Serragem pré-tratada		
Dias	Testemunha Mpa	Cedrinho Mpa	Cambará Mpa	Garapeira Mpa	Cedrinho Mpa	Cambará Mpa	Garapeira Mpa
7	1,18	0	0	0	0	0,5	0,9
14	1,84	0	0,95	0,65	0,84	1,23	1,26
21	2,21	0,83	1,32	1,0	1,22	1,51	1,83
28	2,35	0,9	1,49	1,2	1,26	<b>1,70</b>	<b>1,95</b>

Fonte: Da autora (2021).

Nos testes de resistência à compressão o tijolo sem adição de serragem apresentou 2,35Mpa com 28 dias de cura, enquanto os tijolos produzidos com serragem da espécie de Cedrinho 1,26Mpa, Cambará 1,70Mpa e Garapeira 1,95Mpa. Considerando que a NBR 8491 (ABNT, 2012a), recomenda que os corpos de prova apresentem uma média dos valores igual ou maior que 2,0Mpa os tijolos de solo-cimento com a adição de 20% de serragem não alcançaram os parâmetros exigidos.

Semelhante aos resultados encontrados por Castro (2017), que ao empregar de 5% a 20% de casca de café ao tijolo de solo-cimento atestou um decréscimo na resistência com o aumento do percentual de resíduos, embora tenha demonstrado um aumento da resistência com o avançada idade dos corpos de prova, este ganho está relacionado ao preenchimento dos poros pelos componentes formados.

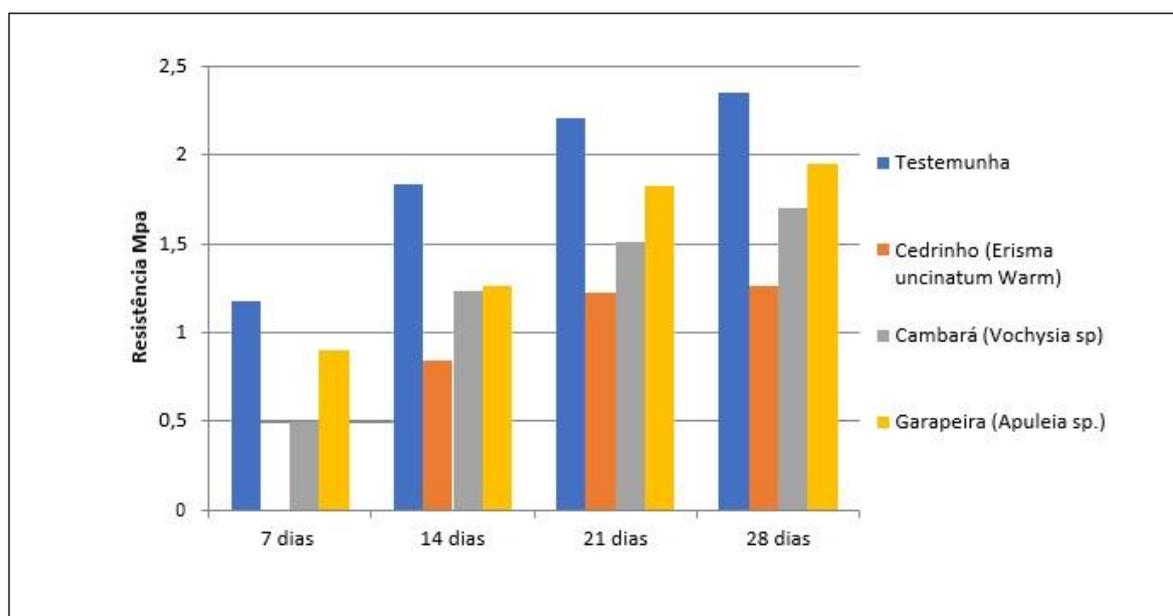
Souza (2011), adicionou 10% de casca de arroz na fabricação de tijolo ecológico e verificou resistência de 2,16Mpa com 28 dias, considerando que com 20% de resíduos os tijolos fabricados com serragem da espécie de *Apuleia sp* apresentaram resistência de 1,95M. Acredita-se que porcentagens menores de serragem poderiam conferir a resistência mínima exigida.

Apesar da média dos valores de resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento-serragem ter sido inferior aos 2Mpa, requisitado pela NBR, esses tijolos podem ser utilizados em substituição ao adobe que requer uma resistência à compressão menor ou igual a 0,7Mpa de acordo com a NTE E.080.

Silva (2003), ao estudar diferentes teores de resíduo de madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* na fabricação de tijolos solo-cimento detectou um decréscimo na resistência com o aumento das porcentagens de resíduo para solos mais finos e apontou uma dosagem ideal de 0,5%, valor muito inferior ao proposto neste experimento que usou 20% de serragem de espécies de *Erismia uncinatum* Warm, *Vochysia sp.* e *Apuleia sp.* Esta comparação permite concluir que a variação da resistência está relacionada à densidade aparente da espécie. A título de exemplo, tem-se o *Eucalyptus grandis* com densidade equivalente à do *Erismia uncinatum* Warm, e ainda com a porcentagem de resíduos utilizados.

Conforme demonstrado no Gráfico 2, este estudo comprova o aumento na resistência nos tijolos com maior idade e ainda evidencia as diferenças entre as espécies e o tijolo testemunha, sem adição de resíduo.

**Gráfico 2** - Comparativo de resistência dos Blocos de solo-cimento-serragem



Fonte: Da autora (2021).

Os valores ideais a serem encontrados nos testes de absorção de água não devem ultrapassar máximas de 20% e ao realizar este ensaio encontram-se valores satisfatórios: o tijolo testemunha obteve valores de 11,2%, o de Cedro 15,7%, o de Cambará 17,6% e o de Garapeira 13,8%. Este percentual é encontrado a partir da diferença entre a massa saturada e a massa secado corpo de prova e corresponde a sua capacidade total de absorção de água.

Mota *et al.* (2014), encontraram valores semelhantes, 15,3% para tijolos ecológicos. Contudo, cabe mencionar que esse experimento demonstrou um aumento da capacidade de absorção quando acrescentado o resíduo madeireiro ao corpo de prova que variou entre 13,8 e 17,6% entre as espécies estudadas.

## Conclusões

Com base nos dados disponibilizados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente, as espécies mais exploradas estão o Cambará - *Qualea sp.*, o Cedrinho - *Erismia uncinatum Warm.* e a Garapeira - *Apuleia sp.* Portanto, é possível crer que a maior geração de resíduos madeireiros é originada do desdobro primário das três espécies selecionadas.

Para os tijolos de solo-cimento-serragem o traço proposto foi o mesmo executado pela empresa, porém com a adição de 20% de serragem, 1:5:2,5 (cimento: solo: serragem).

Quanto a resistência mecânica o tijolo sem adição de serragem apresentou 2,35Mpa, ao passo que os tijolos produzidos com a serragem de madeira das três espécies apresentaram os seguintes valores Mpa: 1,70 Mpa (Cambará - *Vochysia sp.*), 1,26Mpa (Cedrinho - *Erismia uncinatum Warm.*) e 1,95Mpa (Garapeira - *Apuleia sp.*). Como a NBR 8491 recomenda valores médios acima de 2,0Mpa, a produção dos blocos de solo-cimento-serragem não se mostrou viável. Contudo, acredita-se que menores porcentagens de serragem tratadas com imersão em água e granulometria padronizada podem alcançar os valores mínimos exigidos pela norma.

Apesar da média dos valores de resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento-serragem terem sido inferior aos 2Mpa, requisitado pela NBR, esses tijolos podem ser utilizados em substituição ao adobe que requer uma resistência à compressão menor ou igual a 0,7Mpa de acordo com a NTE E.080.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - classificação. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>.

\_\_\_\_\_. **NBR 8492-2013:** Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136-2016:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria-Requisitos. Rio de Janeiro 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 10833-2013:** Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com a utilização de prensa manual ou hidráulica: procedimento. Rio de Janeiro. 2012

\_\_\_\_\_. **NBR 12025-2012:** Solo Cimento: Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.254-2013:** Solo-cimento – Execução de base do solo-cimento, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 8491-2012:** Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro 2012.

ALMEIDA, G.; GALONI, A.; MOREIRA, N.J.C.E.; CARVALHO, M. Solo-cimento como alternativa para sustentabilidade e economia na construção de residências populares. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, n. 000193, maio 2020. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/solo-cimento-como-alternativa-para-sustentabilidade-e-economia-na-construcao-de-residencias>

ARAÚJO, Márcio Augusto. A moderna construção sustentável. **IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da**, 2008. Disponível em: [https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/01\\_moderna.pdf](https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/01_moderna.pdf)

ASDRUBALI, F.; SCHIAVONI, S.; HOROSHENKOV, V. A Review of Sustainable Materials for Acoustic Applications. **Building Acoustics**, v. 19, n. 4, p 283–312, · 2012. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1260/1351-010X.19.4.283>

BATISTA, L; STANGERLIN, D. M; MELO, R. R; SOUZA, A. P; SILVA, E.S; PARIZ, E. Resistencia mecânica e composição química de madeiras amazônicas deterioradas em ensaios de campo. **Madera y Bosques**, v. 27, n. 1, Primavera,2021.

BEGON, M., C. R. TOWNSEND E J. L. HARPER 2007. Ecologia de Indivíduos a Ecosistemas. 4ªed, Artmed, Porto Alegre. (2005, 4ª ed. Blackwell).

BELIZÁRIO, Fernanda; DOURADO, Juscelino (Ed.). **Reflexão e práticas em educação ambiental: discutindo o consumo e a geração de resíduos** . Oficina de Textos, 2012.

BERALDO, A. L.; ARRUDA, A. C.; STANCATO, A. C.; SAMPAIO, C. A. P.; FERNANDES FILHO, O. P.; LEONEL, V. M. Compósito à base de resíduos vegetais e cimento portland. In: Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira, 8., 2002, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: FECIV-UFU, 2002.

CARIGNANI, G. et al. **Projeto de Extensão - Resgate Cultural:** o Adobe como técnica vernacular em Barra do Bugres-MT - um relato de experiência. Trabalho apresentado no 3º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo/RS, 2014.

CASTRO, V. G; PARCHEN, C. F. A; IWAKIRI, S. Produção de painéis madeira-cimento pelo método de vibro-compactação. **Ciência da Madeira**, v. 9, n. 3, p. 134-142. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/10647/8770>.

CRISTINA, P; SALOMÃO, P. E. A; CANGUSSU, L; CARVALHO, P. H. V; Tijolo solo cimento com adição de fibra vegetal: uma alternativa na construção civil. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 9, 2018. Universidade Federal de Itajubá, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560659016007>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 474/2016**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=720>.

DA SILVA, Sandra Regina. **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, BeloHorizonte, 2005.

DE OLIVEIRA, J. R.; DO AMARAL, A. G.; SCHNEIDER, R. M. Incorporação de resíduos sólidos na fabricação de tijolos solo-cimento. **Nativa**, v.2, n.1, p.53-57, 2014. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1370>.

EFENDY, M. G. A; PICKERING, K. L. Comparação de harakeke com fibra de cânhamo como reforço potencial em compósitos. **Compos. Peça Appl. Sci. Manuf.**, v. 67, p. 259-267, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359835X14002565>

HILLIG, É.; SCHNEIDER, V. E.; WEBER, C.; TECCHIO, R. D. Resíduos de madeira da indústria madeireira: caracterização e aproveitamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 2006. p. 1-7

INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA - NTE E.080: regulamento. Lima:Nacional Construcciones, 2000. 17 p.

IWAKIRI, S; PRATA, J. G. Utilização da Madeira de *Eucalyptus Grandis e Eucalyptus Dumnii* na Produção de Painéis de Cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 68-74, jan./mar. 2008.

MACHADO, A. O.; ARAÚJO, J. A. **Avaliação de tijolos ecológicos compostos por Lodo de Eta e resíduos da construção civil**. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia –SEGeT - Tema Gestão do conhecimento para a sociedade, 2014.

MOTTA, J. C. S. S., MORAIS, P. W. P., ROCHA, G. N., DA COSTA TAVARES, J., GONÇALVES, G. C., CHAGAS, M. A., & LUCAS, T. D. P. B. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. *e-xacta*, 7(1), 13-26. 2014

NASCIMENTO, L. F. Gestão ambiental e sustentabilidade. – Florianópolis : Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília] : CAPES : UAB, 2012. 148p.: il. Disponível em:

[https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2012/09/Livrotexto\\_Gestao\\_Ambiental\\_Sustentabilidade.pdf](https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2012/09/Livrotexto_Gestao_Ambiental_Sustentabilidade.pdf).

NASCIMENTO, SM do; DUTRA, R. IJP; NUMAZAWA, Suelo. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Holos Environment**, v. 6, n. 1, p. 08-21, 2006.

PLATAFORMA AGENDA 2030. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>. PEREIRA, D. B.; PEZZUTO, C. C. Estudo do solo-cimento para a fabricação de tijolos ecológicos. Encontro de iniciação científica, 15, 2010, Campinas. Anais. Campinas: PUC, 2010.

PRÉNERON, A. L.; AUBERT, J.E.; MAGNIONT, C.; TIBOUT, C.; BERTRON, A.; Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review. **Construction and Building Materials**, v. 111, n. 15, p. 719-734, may 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816301805?via%3Dihub>.

RIBEIRO, E. S. **Propriedades tecnológicas de vinte espécies de madeiras tropicais comercializadas pelo estado de Mato Grosso**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. 2017.

SEGANTINI, AAS; ALCÂNTARA, M. A. M. Solo-cimento e solo-cal. **Materiais de construção civil e princípios da ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, v. 2, p. 834-861, 2007.

SILVA, G. et al. **Determinação de compostos tóxicos em resíduos madeireiros**. XII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPNCNPq. Manaus, 2003. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/123/6677/1/Gabriela%20Alves%20da%20C%20Silva.pdf>.

SILVA, V. G. da; PARDINI, A. F. Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED™ no Brasil com base em dois estudos de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 81-97, jul./set. 2010.

SOUZA, F. Estudo da durabilidade de blocos de solo-cimento com a incorporação de casca de arroz. 2011. 227 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

SUSIN, Felipe. **Caracterização e secagem da madeira de 12 espécies amazônicas**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, RS, 2018.

ZACH, J.; HROUDOVÁ, J.; BROZOVSKY, J.; KREJZA, Z.; GAILIUS, A. Development of Thermal Insulating Materials on Natural Base for Thermal Insulation Systems. **Procedia Engineering**, v. 57, p. 1288–1294, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813008953>.

ZAQUE, M. A. L.; MELO, R. R.; STANGERLIN, M. D.; SERENINE, J. L. Diagnóstico da comercialização de madeira serrada no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 607-612, set./out. 2019.

ZAQUE, M.A.L; **Madeiras do estado de Mato Grosso**: identificação, comercialização e utilização. 2018. 135 p. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso - Faculdade de Engenharia Florestal. Cuiabá, 2018.



Como citar este artigo (Formato ABNT):

VIEZZER, Marlize Reffatti Zinelli ; KONRAD, Odorico ; HORODENSKI, Bruno Furquim; GABRIEL, Aparecida Garcia Pacheco ; SPINELLI., Rodrigo. Uso de Resíduo Madeireiro Amazônico na Fabricação de Tijolos de Solo-Cimento no Município de Alta Floresta – MT.. **Id on Line Rev. Psic.**, Dezembro/2021, vol.15, n.58, p. 100-121, ISSN: 1981-1179.

Recebido: 06/11/2021;

Aceito: 18/11/2021;

Publicado em: 30/12/2021.