

# CONFECÇÃO DE BLOCO DE CONCRETO PARA VEDAÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR SERRAGEM

*PREPARATION OF CONCRETE BLOCK WITH NON-STRUCTURAL FUNCTION WITH PARTIAL REPLACEMENT OF AGGREGATE KIDNEY BY SAWMILL*

**Gean Zucoloto Mozer<sup>1</sup>; Alan Uliana Lopes<sup>2</sup>; Anderson Buss Woelffel<sup>3</sup>**

## **Resumo**

Devido aos transtornos gerados na construção civil e na indústria proporcionados pela geração de resíduos, a reciclagem passa a ser uma alternativa para a destinação dos resíduos gerados. O estudo de caso visa à reciclagem do pó de serra da indústria madeireira que é um resíduo indesejável, tendo atualmente como única opção de uso, sua queima ou descarte final. O reaproveitamento deste resíduo vem contribuir para a constituição de uma nova matéria-prima, viabilizando sua utilização como material de construção civil como blocos de concreto. É estudada a elaboração de bloco de concreto não estrutural. Em sua fabricação, é utilizado teor da adição do pó de serra em substituição parcial ao agregado miúdo mineral. Determinou-se a resistência à compressão, teor de umidade e absorção de água. A análise do resultado permite concluir que a utilização do pó de serra como agregado miúdo na confecção dos blocos de concreto até 5% em massa ocasionou redução de peso, e atende às prescrições da norma NBR 7173 (ABNT, 1982) para alvenaria de vedação quanto à resistência e à absorção de água. Também, observa-se uma diminuição da resistência à compressão em relação ao bloco de concreto de referência.

**Palavras-Chave:** Bloco de Concreto, serragem, resistência.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil -E-mail: [geanmozer@gmail.com](mailto:geanmozer@gmail.com);

<sup>2</sup> Engenheiro Civil - Email: [alanuliana@hotmail.com](mailto:alanuliana@hotmail.com)

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Civil - Email: [Anderson.buss@faesa.br](mailto:Anderson.buss@faesa.br)

## **Abstract**

Due to the disturbances generated in the construction and industry provided by the generation of waste, recycling becomes an alternative for the disposal of waste generated. The case study aims at the recycling of saw dust from the lumber industry which is an undesirable residue, currently having as sole option of use, its final burning or disposal. The reuse of this residue contributes to the constitution of a new raw material, making possible its use as civil construction material as concrete blocks. It is studied the construction of non-structural concrete block, in its manufacture the content of the addition of the saw dust is used in partial substitution to the mineral aggregate. The compressive strength, moisture content and water absorption were determined. The analysis of the result allows to conclude that the use of saw dust as a small aggregate in the confection of concrete blocks up to 5% in mass caused weight reduction, and meets the requirements of the standard for masonry of sealing as for resistance and water absorption. Also, a decrease in compressive strength compared to the reference concrete block is observed

**Keywords:** Concrete block, sawdust, resistance.

## **INTRODUÇÃO**

Em meio aos problemas ambientais enfrentados nos dias atuais, buscam-se cada vez mais alternativas para melhorar a eficiência construtiva, visando ao mínimo impacto ambiental. Cada vez mais, as decisões são tomadas em função de aspectos econômicos, técnicos e ambientais, na tentativa de tornar o empreendimento mais sustentável, diminuindo sempre o impacto negativo gerado pela construção civil.

Devido a essa preocupação com o meio ambiente, nas últimas décadas, foram desenvolvidas pesquisas, Arruda et al. (2012), Carvalho et al. (2000) e Dantas Filho et al. (2004) voltadas para o reaproveitamento de tudo aquilo não aproveitado após uma ação ou processo produtivo, proveniente das indústrias, comércios e residências, com aplicação direta nos materiais de construção, sejam resíduos de demolição, resíduos de madeira (serragem), resíduos têxteis, entre outros, na busca por propriedades e desempenhos diferentes para cada tipo de material e aplicação.

A incorporação de serragem na produção de materiais para a construção civil pode ser uma alternativa viável em alvenaria de concreto com função não estrutural e na produção de placas de concreto. Adicionar a serragem pode trazer algumas vantagens como a redução do peso

em geral da construção, pode proporcionar conforto térmico e acústico já que a madeira possui a propriedade de absorção de calor e ruídos, além de ser um produto de custo reduzido e trazer benefícios pelo fato de ser um produto mais sustentável. Além dos ganhos no setor da construção civil e na área ambiental, o uso da serragem pode agregar valor para as madeiras, podendo transformá-la de resíduo para produto de valor.

De acordo com os dados da ABIMOVEL – Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (2015), o setor moveleiro se destaca diante do seu potencial de geração de resíduo de serragem de madeira e, conforme norma técnica NBR-10004 (ABNT, 2004), o pó de serra se enquadra na classe IIA; ou seja, não apresentam perigo para área onde estão.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, as moldagens dos blocos de concreto foram executadas por equipamentos denominados de vibro-prensas, possibilitando, durante o processo de confecção, a vibração em paralelo à prensagem.

O método empregado teve como objetivo comparar a mistura que utiliza serragem em substituição ao agregado miúdo e à mistura de referência, sem serragem, que utiliza apenas areia como agregado miúdo e avaliar se o mesmo atende a resistência à compressão, limite de teor de umidade e absorção de água conforme estabelece norma brasileira de bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural – NBR7173 (ABNT, 1982).

## **CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO**

Nos processos de extração e transformação de recursos naturais, de fabricação e utilização de produtos, são gerados diversos tipos de resíduos, sejam sólidos, líquidos ou gasosos e, por definição, resíduo é tudo aquilo não aproveitado após uma ação ou processo produtivo, proveniente das indústrias, comércio e residências NBR-10004 (ABNT, 2004).

O Quadro 1 mostra a classificação dos resíduos conforme a norma NBR-10004 (ABNT, 2004).

Quadro 1- Classificação dos resíduos sólidos - NBR-10004 (ABNT, 2004).

Classificação	Definição
Resíduo classe I Perigosos	São aqueles que apresentam periculosidade ou uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.
Resíduo classe IIA Não inertes	São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou classe III, nos termos desta norma. Os resíduos classes II podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
Resíduo classe IIB Inertes	Quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo as normas da NBR 10007 (ABNT, 2004) – Amostragem de resíduos, e submetidos a um estado estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo norma técnica da NBR-10006 (ABNT, 2004) – Solubilização de resíduos, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se os padrões de aspectos, cor, turbidez e sabor.

Fonte: NBR-10004 (ABNT, 2004).

Conforme norma técnica NBR-10004 (ABNT, 2004), a classificação do resíduo da serragem de madeira se enquadra na classe IIA; pois esses resíduos possuem propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água e apresenta a característica de não inerte, ou seja, não apresentam perigo para a área onde estão.

## PERFIL DA INDÚSTRIA MOVELEIRA

O setor moveleiro se destaca diante do seu potencial de geração de resíduo. De acordo com os dados da ABIMÓVEL – Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (2015), o setor moveleiro é constituído por cerca de 13.500 micros, pequenas e médias empresas. Entretanto, estima a Associação que, entre empresas formais e informais, existem atualmente no país um número que supere a casa de 50 mil empresas.

No Espírito Santo, estão concentradas aproximadamente 800 indústrias, com 11 mil trabalhadores, sendo o polo moveleiro de Linhares reconhecido hoje como um dos mais

importantes arranjos produtivos do Estado, também considerado um dos principais polos moveleiros do Brasil. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário – ABIMÓVEL (2015), o polo de Linhares é composto por aproximadamente 140 indústrias distribuídas em doze municípios e gerador de mais de 4 mil empregos diretos, além de um faturamento anual superior a R\$ 500 milhões.

Pode-se afirmar que está havendo uma grande preocupação quanto ao destino final de sobras dos processos industriais (MALONEY, 1977). Dentro de um conceito ecológico, vem aumentando a busca por alternativas para reciclagem desses materiais. No caso da madeira, uma das tendências observadas é a possibilidade do uso dos resíduos como fonte de matéria-prima para novos produtos. Pesquisadores como Frasson Junior (2000), Hachmi e Campbel (1989) e Stancato, Bulke e Paulon (2001) vêm estudando diversas formas de aproveitamento desse material. Uma delas é a elaboração de painéis de madeiras aglomerados que podem ser definidos como compósitos formados por partículas de madeira com resina sintética em presença de calor e pressão. Os painéis apresentam vantagens tecnológicas que são atribuídas, principalmente, à sua estrutura homogênea e à possibilidade de utilização de matéria-prima sem restrições quanto à forma e às dimensões (MALONEY, 1977).

Para Stancato, Burke e Paulon (2001), o resíduo vegetal denominado pó de serra é constituído de material proveniente de fontes renováveis, que sendo utilizado na substituição parcial da areia, contribui para um programa específico de reciclagem, diminuindo a demanda de agregado miúdo para a fabricação de concreto e argamassa, tornando estes compostos mais isolantes termicamente, em função da baixa condutividade térmica da madeira. Outra destinação possível do resíduo vegetal é a fabricação de painéis de cimento-madeira como elemento construtivo. Esses painéis têm tido boa aceitação no mundo, pois se busca, por meio dessa mistura, reunir propriedades desejáveis da madeira e do cimento (COATES, 1994).

De acordo com Hachmi e Campbel (1989), o compósito cimento madeira é um material estrutural, altamente resistente ao fogo, aos agentes biodegradadores e à água, além de apresentar excelente propriedade de isolante térmico e acústico. Para Bunichiro (2000), os compósitos de cimento-madeira apresentam vantagens, como baixa densidade, quando comparados aos de concreto e melhor desempenho por resistir às intempéries, ao fogo, aos fungos e aos ataques de insetos, neste caso em relação à madeira.

## ASPECTO TECNOLÓGICO DOS BLOCOS DE CONCRETOS

De acordo com Frasson Junior (2000), cada tipo de concreto possui características próprias, mas podem ser classificados dentro de dois grupos, de acordo com seu comportamento: os concretos plásticos e os concretos “secos”. Para a fabricação dos blocos de concreto, utiliza-se o concreto “seco” e, segundo Medeiros et al. (1994), a maioria dos fabricantes de blocos no Brasil não aplica qualquer método racional na dosagem do concreto. Normalmente, adota-se um método empírico de proporcionamento dos materiais baseado em séries de tentativa e erro.

Como aglomerante, para a produção de blocos, o cimento Portland CP V ARI é o mais indicado, devido à utilização de uma dosagem diferenciada de calcário e argila em sua produção. É utilizado quando o processo construtivo necessita elevada resistência inicial e rápida desforma, tornando o processo de cura do cimento mais rápido. Alguns aditivos químicos, como o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), melhoram a trabalhabilidade, aceleram ou desaceleram o tempo de pega, tornando o concreto mais resistente (PAULA; MENDES; REZENDE; FREIRE, 2010).

A normalização brasileira define basicamente dois tipos de blocos de concreto, de acordo com sua aplicação: para vedação, o bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural - NBR 7173 (ABNT, 1982), e com função estrutural, o bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural - NBR 6136 (ABNT, 2007).

Qualquer que seja a aplicação, o bloco deve ser vazado, ou seja, sem fundo, aproveitando os furos para a passagem das instalações e para a aplicação do graute (concreto de alta plasticidade). Não tendo fundo, há também uma grande economia de argamassa de assentamento.

A norma brasileira NBR 7173 (ABNT, 1982) designa os blocos tomando como base a largura, por exemplo, M-10, M-15 e M-20, referindo-se às larguras 9, 14 e 19 cm, respectivamente. As dimensões padronizadas dos blocos admitem tolerâncias de +2 mm para a largura e +3 mm para a altura e comprimento.

Na Tabela 1, são mostradas as dimensões nominais dos blocos de vedação conforme NBR 7173 (ABNT, 1982).

Tabela 1 – Dimensões nominais dos blocos de vedação - Unid. Cm

Designação	Largura	Altura	Comprimento
(Bloco de 20 cm nominal) M- 20	19	19	39
	19	19	29
	19	19	19
	19	19	9
	19	9	19
(Bloco de 15 cm nominal) M- 15	14	19	39
	14	19	34
	14	19	29
	14	19	19
(Bloco de 10 cm nominal)	9	19	39
	9	19	29
	9	19	19
	9	19	14
	9	19	9
	9	9	19

Fonte: NBR 7173 (ABNT, 1982).

Conforme estabelece a norma técnica NBR 7173 (ABNT, 1982), essas dimensões devem ser verificadas com precisão de 5mm, e as tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos, indicadas na Tabela 1, são de +3mm e -2mm, portando a espessura mínima de qualquer parede de bloco devem ser de 15 mm.

A amostra submetida aos ensaios, de acordo com a norma técnica da NBR 7184 (ABNT, 1992), deverá satisfazer aos limites indicados no Quadro 2 para blocos de vedação.

Quadro 2 – Limites indicados para blocos de vedação.

a) Resistência à compressão (valores mínimos)	b) Umidade:	c) Absorção (valores máximos)
Individual: 2,0 Mpa Média: 2,5 MPa	No momento do recebimento dos blocos pelo Laboratório, estes não deverão apresentar umidade superior a 40% da quantidade de água fixada como absorção máxima.	Individual: 15% Média: 10%

Fonte: NBR 7173 (ABNT, 1982).

Os ensaios previstos nas alíneas b) e c) não serão necessários quando os blocos se destinarem à execução de alvenarias não expostas às intempéries ou umidade, cabendo ao comprador indicar claramente quando este ensaio não deve ser exigido.

De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2007), e mostrado no Quadro 3, os blocos de concreto são classificados em quatro classes definidas quanto ao seu uso e suas especificações e quanto à resistência à compressão característica.

Quadro 3 – Classificação dos blocos de concreto.

Classificação do bloco	Resistência característica
Classe A: Blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;	$f_{bk} \geq 6,0$ MPa
Classe B: Blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;	$f_{bk} \geq 4,0$ MPa
Classe C: Blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;	$f_{bk} \geq 3,0$ MPa
Classe D: Blocos sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;	$f_{bk} \geq 2,0$ MPa

Fonte: NBR 6136(ABNT, 2007).



## **EQUIPAMENTO UTILIZADO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO**

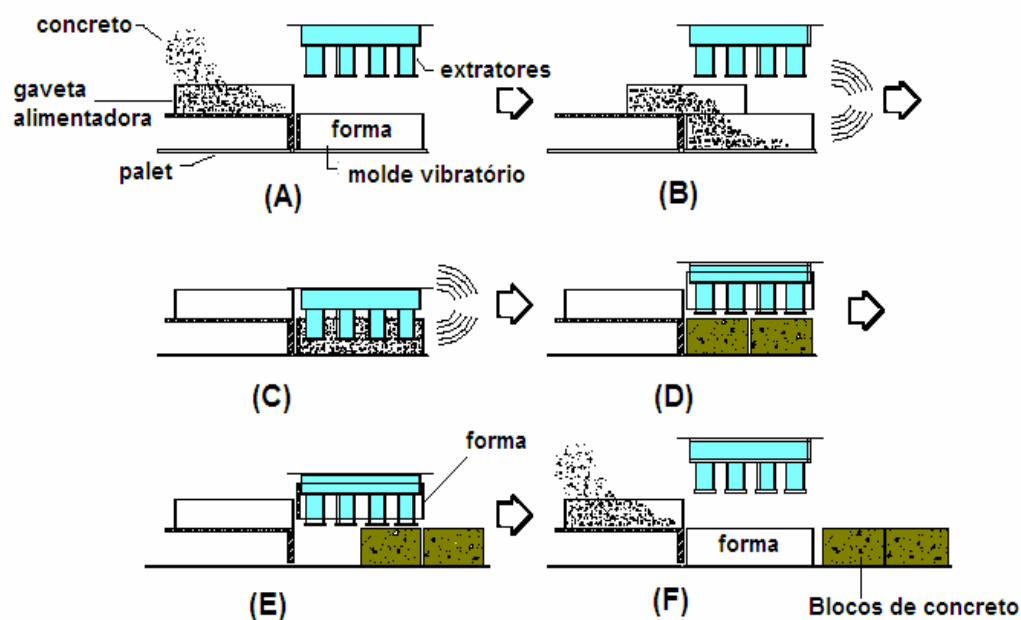
São denominados de vibro-prensas os equipamentos utilizados na produção de blocos de concreto. Esta denominação é devido ao mecanismo de funcionamento empregado durante o processo de fabricação dos blocos: vibração associada à prensagem e, de acordo com Dantas Filho (2004), a primeira função é responsável pelo preenchimento e adensamento da mistura nos moldes, e a segunda influencia o adensamento e o controle da altura dos blocos.

De acordo com a empresa QualyMáquina, basicamente, o funcionamento de uma vibro-prensa durante a moldagem dos blocos pode ser resumido às seguintes etapas conforme catálogo da empresa:

- A) preenchimento da gaveta alimentadora com o concreto destinado à moldagem dos blocos;
- B) deslocamento da gaveta para preenchimento do molde metálico com o concreto.
- C) retorno da gaveta para sua posição inicial e descida dos extratores para compactação dos blocos de dentro dos moldes. Esta compactação é acompanhada de nova vibração, que termina quando a altura desejada para os blocos é atingida;
- D) extrusão ou desforma dos blocos após o final da vibração através da ascensão do molde enquanto os extratores permanecem imóveis, ficando os blocos sobre o “palet”;
- E) os blocos recém-conformados são retirados com o “palet” e, finalmente,
- F) o molde desce para sua posição original enquanto os extratores ascendem, permitindo o início de um novo ciclo.

A Figura 1 mostra a sequência de funcionamento de uma vibro-prensa durante a moldagem dos blocos de concreto.

Figura 1 – Sequência de funcionamento de uma vibro-prensa



Fonte: Dantas Filho (2004)

## MATERIAIS E MÉTODOS

O método desenvolvido nesta pesquisa tem como objetivo comparar a mistura que utiliza serragem em substituição ao agregado miúdo e a mistura de referência, sem serragem, que utiliza apenas areia como agregado miúdo e avaliar se o mesmo atende à norma brasileira de bloco vazado de concreto simples para alvenaria sem função estrutural - NBR 7173 (ABNT, 1982).

### Serragem

A serragem utilizada no estudo foi obtida do processamento da madeira de pinus sp. Foram coletadas amostras de resíduos proveniente da serragem de taipá (pinus sp), obtida de madeireira localizada no município de Afonso Cláudio – Espírito Santo. A amostra foi recolhida aleatoriamente. Após a coleta, a amostra de serragem foi levada ao laboratório de concretagem do curso de engenharia civil da FAESA Centro Universitário.

Para caracterização, considerou-se a serragem das madeiras como agregado miúdo e pesou-se aproximadamente 400g do pó de serra que foi submetido ao processo de peneiramento, segundo a série nominal de peneiras de acordo com a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Após a preparação da amostra, encaixaram-se as peneiras, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malhas em ordem crescente da base para o topo, provendo

de um fundo de peneiras para o conjunto. Colocou-se uma espessa camada da amostra sobre a peneira superior do conjunto, destacando e agitando manualmente a peneira superior do conjunto (com tampa e fundo falso encaixado) em movimentos alternados até que, após 1 min. de agitação contínua, a massa de material passante pela peneira fosse inferior a 1% da massa do material retido. Foi mantido o mesmo procedimento em todas as peneiras do conjunto. Removeu-se o material retido na peneira para uma bandeja identificada, escovando a tela em ambos os lados para limpar a peneira. O material removido pelo lado interno é considerado como retido e o desprendido na parte inferior como passante. Determinou-se a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto.

O ensaio do teor de umidade foi realizado com uma massa inicial úmida que foi submetida em estufa por 24 horas a 115°C, resultando em uma massa seca, o teor de umidade foi calculado pela equação 1.

Equação 1

$$U = [(MU - MS) / MS]. 100$$

Onde;

U = teor de umidade do pó de serra; (%).

MU = massa da amostra do pó de serra úmido; (gramas).

MS = massa da amostra do pó de serra seco; (gramas).

De acordo com as normas técnicas de NBR 7211(ABNT, 2009) e NBR 7809 (ABNT, 2008), as porcentagens retidas, acumuladas e as características físicas são mostradas na tabela 2.

Tabela 2 - Ensaio granulométrico e característica física do pó de serra

PENEIRAS	Pó de Serra	
	Retido (%)	Acum. (%)
mm		
6,3	0	0
4,75	0,6	0,6
2,36	4,73	5,33
1,18	23	28,33
0,6	50,33	78,65
0,3	18,38	97,03
0,18	1,9	98,93
0,075	0,93	99,85
Fundo	0,15	100
Módulo de Finura	4,09	
Diâmetro Máximo	4,75	
Umidade	17,64%	

Fonte: Autores(2017)

## Agregados

Os agregados miúdo e graúdo foram adquiridos na cidade de Afonso Cláudio, Espírito Santo, devido à logística, pois a jazida/mineradora encontra-se próxima à fábrica de blocos de concreto. A caracterização foi baseada na normalização para agregados de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009) e realizado ensaio de granulometria conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003).

A tabela 3 apresenta o ensaio granulométrico dos agregados miúdo e graúdo com a respectiva porcentagem de material retido e acumulado em cada peneira, módulo de finura e dimensão máxima do agregado utilizado para a produção dos blocos de concreto.

Tabela 3 – Ensaio granulométrico e característica física da areia

PENEIRAS	AREIA		BRITA 0	
	mm	Retido (%)	Acum. (%)	Retido (%)
19	0	0	0	0
12,5	0	0	0,57	0,57
9,5	0	0	4,05	4,63
6,3	0,8	0,8	39	43,63
4,75	0,7	1,5	20,38	64,01
2,36	5,46	6,96	26,31	90,32
1,18	16,93	23,89	4,06	94,37
0,6	32,92	56,81	1,81	96,18
0,3	33,1	89,91	1,47	97,65
0,18	7,04	96,96	1,22	98,87
0,075	2,72	99,68	0,65	99,52
Fundo	0,32	100	0,48	100
Módulo de Finura		3,77		6,9
Diâmetro Máximo		4,75		9,5

Fonte: Autores (2017)

A figura 2 representa a curva granulométrica gerada pelos agregados. Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), a classificação do agregado miúdo se enquadra como areia grossa, pois o módulo de finura assume valor maior que 3,30 e menor que 3,90. Já o agregado graúdo, observa-se que seu diâmetro máximo é 9,5mm, assim sendo, classificado como brita 0.

Figura 2 – Curva granulométrica dos agregados



Fonte: Autores (2017)

## Água

A água utilizada foi proveniente da rede de abastecimento local CESAN – Companhia Espírito-Santense de Saneamento – ES e a quantidade para a mistura modificada foi obtida até o limite em que os blocos começaram a perder a coesão, ou seja, até os blocos produzidos começaram a ficar presos no molde com uma consistência seca (Procedimento tátil-visual).

## Constituição das misturas utilizadas na produção dos blocos de concreto

Foi adotada uma dosagem de concreto referencial, ou seja, sem a adição de serragem. Isso foi feito para que fosse possível obter parâmetros de comparação entre o concreto convencional e o concreto acrescido do resíduo. Para elaboração do concreto com serragem, variou-se a quantidade de água e substituiu-se 5% em massa do agregado miúdo pelo pó de serra, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Traço unitário

TRAÇO UNITÁRIO					
Traço	Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Pó de serra	Água/Cimento
Referencial	1	2.93	3.07	---	0.80
Resíduo	1	2.79	3.07	0.147	0.65

Fonte: Autores (2017)

### **Produção dos blocos de concreto (corpos-de-prova)**

As misturas foram realizadas em uma betoneira de eixo vertical e colocadas obedecendo à seguinte ordem: primeiro, colocou-se o agregado graúdo adicionado com 50% da água, misturou-se por aproximadamente 1 minuto; em seguida, adicionou-se o cimento e os finos da mistura com os outros 50% da água, misturando-se por aproximadamente mais 5 minutos.

Após o tempo de mistura na betoneira, seguiu-se o procedimento conforme recomendação do fabricante da vibro-prensa: preenchimento de toda a gaveta alimentadora com o concreto, deslocando-a para preenchimento do molde metálico e, após o preenchimento, retornou a gaveta para sua posição original para que seja feita a vibração dos blocos até que alcance a altura ideal. Após os blocos obterem consistência suficientes para serem removidos da vibro-prensa, foram colocados em palets para seguirem para o procedimento de cura. Os blocos seguiram para depósito e, após 8 horas, foram molhados e o processo se estendeu por seis dias subsequentes. Após a cura, os blocos foram transportados para o laboratório onde foram realizados os ensaios.

Os blocos de concreto nas dimensões 9x19x39cm e espessura de 2,50cm foram produzidos em uma vibro-prensa semiautomática de fácil manuseio que trabalha no sistema de vibro compactação (Vibra e Compacta) do modelo “QM2-Hobby” fabricado pela empresa QualyMáquina e operada no canteiro de uma fábrica comercial. A Figura 3 mostra a vibro-prensa utilizada na produção dos blocos de concreto. À esquerda, o preenchimento com concreto da gaveta da vibro-prensa e, à direita, o pátio para secagem e cura dos blocos de concreto.

Figura 3 – Produção dos blocos



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

### **Ensaio de resistência à compressão**

O método para o ensaio de resistência à compressão dos blocos seguiram a norma técnica NBR 7184 (ABNT, 1992) e, para cada traço proposto, foram ensaiados corpos-de-prova secos no ambiente de laboratório, capeados com nata de cimento na espessura de 3mm para regularização das faces de trabalho, seguindo-se sempre os métodos de ensaios preconizados pelas normas NBR 7186 (ABNT, 1992).

Durante a realização do ensaio, tomou-se o cuidado com a questão da planeza das chapas de aço, umidade e capeamento dos blocos para prevenir que estes aspectos viessem a alterar os resultados de resistência à compressão.

Para evitar possíveis variações nos resultados dos ensaios à compressão em relação à umidade dos blocos, os mesmos foram armazenados em área seca em ambiente de laboratório com 8 dias de precedência ao capeamento com nata de cimento. Após capeamento, aguardou-se 48 horas para o ensaio de resistência à compressão.

Figura 4 – Ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Foram rompidos 5 corpos de prova para cada traço. Os valores da resistência à compressão para cada corpo de prova, expresso em MPa, foram obtidos conforme estabelecem as normas da NBR 7184 (ABNT, 1992).

### **Determinação da massa seca (m1 e m3) e saturada (m2)**

Logo após recebimentos dos corpos-de-prova (blocos) em laboratório, os mesmos foram pesados e anotados sua massa como m3, posteriormente, os corpos-de-prova foram postos em uma estufa a  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas e, em seguida, pesados e anotados sua massa seca como m1.

Após a determinação da massa seca, os corpos-de-prova foram esfriados naturalmente (em contato com o ar) à temperatura ambiente, em seguida, mergulhados em água à temperatura de  $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas.

Após 24 horas imersos em água (na condição saturada), os corpos-de-prova foram colocados sobre uma tela de 9,5mm de abertura de malha por 60s, em seguida com um pano seco removida a água superficial visível e, então, pesados e anotados sua massa saturada como m2.

## **APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **Resistência à compressão**

A moldagem dos blocos foi feita dia 26/08/17 e seu rompimento em 17/10/17, resultando na idade de 58 dias. O rompimento aconteceu aos 58 dias de idade pela dificuldade do transporte da fábrica de blocos até o laboratório e pela disponibilidade da prensa na instituição para a realização do ensaio. Os valores da resistência à compressão para cada corpo-de-prova, expresso em MPa, foram obtidos conforme estabelece a norma técnica da NBR 7184 (ABNT, 1992), mostrados na Tabela 4.



Tabela 4 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão

	CP	Larg. X Alt. X Compr (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistência (MPa)	Massa (g)
Traço Referencial	1	9 x19x 38,9	350,1	4,8	10650
	2	9 x19x 38,8	349,2	5,7	10625
	3	9 x19x 38,7	348,3	5,1	10600
	4	9 x19x 38,9	349,2	8,5	10630
	5	9 x19x 38,9	350,1	4,4	10680
	Média		349,4	5,7	10637
Traço com Resíduo	1	9x19x38,8	349,2	2,4	9820
	2	9x19x38,9	350,1	2,8	9848
	3	9x19x38,8	349,2	3,2	9815
	4	9x19x38,9	350,1	2,4	9855
	5	9x19x38,7	348,3	3,7	9795
	Média		349,4	2,9	9827

Fonte: Autores(2017).

Justo posto, dos resultados pós-teste de compressão axial, destaca-se a média obtida pelos traços referencial e com resíduo, pois ambos atingiram a resistência mínima para serem classificados como bloco de concreto com função não-estrutural segundo a norma NBR 7173 (ABNT, 1982).

Para os devidos fins de comparação de resistência média, desprezou-se o corpo de prova 4 com traço referencial pela discrepância de resistência se comparado aos outros corpos de prova. Pressupõe-se que houve erro em alguma etapa do rompimento. Assim sendo, a resistência média para os corpos de prova com traço referencial passa de 5,7 MPa para 5,0 MPa, ainda atendendo à resistência mínima de compressão exigida por norma para ser classificado como bloco de concreto sem função estrutural.

### Teor de umidade

A porcentagem de umidade de cada bloco, no momento da entrega ao laboratório, expressa como porcentagem da absorção total, foi calculada pela Equação 2:

Equação 2

$$u\% = [(m3 - m1) \times 100] / (m2 - m1)$$

A absorção de água foi calculada pela Equação 3:

## Equação 3

$$a\% = \frac{(m_2 - m_1) \times 100}{m_1}$$

A Tabela 5 apresenta os resultados individuais obtidos nos ensaios do teor de umidade dos blocos de concreto no momento da entrega ao laboratório, comparados com o limite estabelecido pela NBR 7173 (ABNT, 1982), estes não deverão apresentar umidade superior a 40% da quantidade de água fixada como absorção máxima.

Tabela 5 –Limite de teor de umidade NBR 7173 (ABNT, 1982).

Corpo de Prova (CP) Traço	CP 1 (%)	CP 2 (%)	CP 3 (%)	Limite de norma NBR 7173, (ABNT1982) (%)
Referencial	39,5	38,4	40	40
Com resíduo	24,8	26,2	25,3	

Fonte: Autores(2017).

**Absorção de água**

A absorção de água está diretamente ligada à porosidade dos blocos. Segundo a NBR 7173 (ABNT, 1982), os blocos para alvenaria de vedação devem possuir absorção individual no máximo igual a 15% (quinze por cento) e média com relação aos blocos ensaiados no máximo iguais a 10% (dez por cento).

A tabela 6 apresenta os resultados individuais obtidos nos ensaios de absorção de água dos blocos de concreto, comparados com o limite individual de no máximo igual a 15% (quinze por cento) de acordo com NBR 7173 (ABNT, 1982).

Tabela 6 – Porcentagem de absorção de água dos blocos de concreto.

Corpo de Prova (CP)	CP 1 (%)	CP 2 (%)	CP 3 (%)	Limite de norma NBR 7173, (ABNT1982) (%)
Traço Referencial	6,25	6,45	6,10	15
Com resíduo	8,03	7,55	8,51	

Fonte: Autores(2017).

A tabela 7 apresenta a média dos resultados obtidos nos ensaios de absorção de água dos blocos de concreto, comparados com o limite médio estabelecido pela NBR 7173 (ABNT, 1982), em que os blocos para alvenaria de vedação devem possuir absorção média com relação aos blocos ensaiados de no máximo igual a 10% (dez por cento).

Tabela 7 – Porcentagem média de absorção de água dos blocos de concreto

Traço	Média (%)	Limite médio (NBR 7173/82) (%)
Referencial	6,27	10
Com resíduo	8,03	

Fonte: Autores.

A partir do ensaio de absorção de água, nota-se um resultado satisfatório para ambos os traços, uma vez que atenderam às exigências da norma e ficaram dentro dos limites de absorção.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Análise da produção dos blocos de concreto

A utilização do pó de serra para a produção de blocos de concreto possibilitou a elaboração de um compósito leve e com menor densidade em comparação com o concreto de referência.

Procurou-se adequar a relação água/cimento à trabalhabilidade do concreto. A relação água/cimento utilizada para a mistura foi definida por tentativas, de forma a se obter uma trabalhabilidade adequada do concreto na vibro-prensa.

Observou-se que os valores da relação água/cimento utilizados no traço estudado aumentavam à medida que se acrescentava o pó de serra em substituição ao agregado miúdo, tal fato decorre da grande capacidade de absorção de água do pó de serra devido à sua grande área superficial.

Durante o processo de moldagens dos blocos de concreto, não se apresentou dificuldade de adensamento da mistura com adição do pó de serra e, durante o processo de secagem dos blocos, não se notou aparecimento de fissuras devido à retração, uma vez que as partículas do pó de serra beneficiaram a argamassa aumentando sua capacidade de absorver tensões durante este processo.

### **Resistência à compressão e absorção de água dos blocos de concreto**

De acordo com o resultado obtido da mistura com adição de 5% em massa de resíduos de madeira (serragem) em substituição ao agregado miúdo mineral na produção de blocos de concreto, pode-se constatar que a resistência à compressão e absorção de água é satisfatória.

Comparando os resultados de resistência à compressão axial média entre os traços referencial e com resíduo de serragem, ocorre uma perda da resistência de 42%. Porém, o mesmo atende o recomendado na NBR 7173 (ABNT, 1982), que especifica os limites da resistência à compressão e absorção de água para blocos de concreto sem função estrutural classe D (resistência igual ou superior a 2,0 MPa individual e 2,5 MPa média, absorção de água igual ou inferior a 10% média e 15% individual).

Devido à porcentagem do pó de serra em substituição parcial ao agregado miúdo, os blocos apresentaram valores de massa seca inferiores ao traço referencial, pois a massa unitária do pó de serra é menor que a do agregado miúdo.

Para os resultados de absorção de água, observou-se que os blocos com adição do pó de serra tiveram uma absorção maior que o bloco referencial (valor de média próximo à 22%), pois a absorção de água está relacionada com o índice de vazios e a alta capacidade do pó de serra de absorver água, evidenciando que, com a adição do pó de serra, proporcionou um aumento significativo da absorção de água em relação ao bloco de referência.

Portanto, a aplicação do concreto com pó de serra no Traço proposto para a produção de blocos de concreto para alvenaria de vedação atende às prescrições da NBR7173 (ABNT, 1982) quanto à resistência à compressão e absorção de água.

## CONCLUSÃO

A concepção de blocos de concreto já minimiza o impacto ambiental em relação aos blocos cerâmicos que causam a degradação dos maciços argilosos e o consumo de reservas florestais para gerar calor devido à queima dos mesmos nos fornos das indústrias cerâmicas. Conclui-se que o emprego do resíduo da indústria madeireira proporciona grandes benefícios ao meio ambiente, devido à substituição de outras matérias-primas não renováveis.

Os resultados evidenciaram que ambos os traços atendem à exigência da norma NBR 7173 (ABNT, 1982), porém houve uma queda de resistência pela influência do pó de serra de 42% se comparado ao traço referencial. A relação água/cimento requerida para obter uma dada trabalhabilidade na moldagem dos blocos de concreto sofre notável influência da adição do pó de serra em substituição ao agregado miúdo mineral.

A mistura com substituição parcial do agregado miúdo é indicada para a produção de blocos de concreto de função não estrutural. O resultado obtido evidencia a potencialidade da utilização do pó de serra na produção de blocos de concreto, pois o mesmo apresentou uma resistência à compressão média de 2,90 MPa e absorção de água média igual 8,03%, atendendo o recomendado na NBR 7173 (ABNT, 1982).

Com base dos resultados obtidos no estudo de caso, nota-se que o emprego do pó de serra como agregado miúdo em substituição parcial do agregado miúdo mineral possibilita a diminuição de agregado mineral (areia) na fabricação de blocos de concreto para vedação, e formando um produto mais leve e termo isolante, devido à baixa condutividade térmica do pó de serra.

Como desdobramentos futuros deste trabalho, sugere-se a análise do comportamento dos blocos com o passar do tempo pela influência de intempéries e ação de organismos xilófagos; levantamento de custos unitário e global em um estudo de caso se comparado aos blocos de concreto convencionais; impacto ambiental: benefícios diretos e indiretos pelo uso de resíduo na construção civil, eficiência energética e conforto termo-acústico.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7173: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. – Rio de Janeiro – 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7186: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria com função estrutural. – Método de ensaio. Rio de Janeiro – 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7184: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Determinação da resistência à compressão. – Rio de Janeiro - 1991
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 248:2003 – Agregados - Determinação da composição granulométrica – Rio de Janeiro - 2003
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural –Rio de Janeiro- 1994
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7211: Agregado para concreto- Rio de Janeiro - 2005
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7809: Agregado graúdo - determinação do índice de forma pelo método do paquímetro- Rio de Janeiro - 2006
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10004: Classificação Dos Resíduos Sólidos- Rio de Janeiro- 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos – Rio de Janeiro - 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos – Rio de Janeiro - 2004
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dryprocess fiberboard Manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman Publications, 671 p., 1977.
- STANCATO, A.C.; BURKE, A.K. e PAULON, V.A. **Estudo das propriedades do concreto com agregado miúdo composto de areia e resíduos vegetais**. 43 Congresso Brasileiro do Concreto. Fóz de Iguaçu, 2001.
- COATES, G. R. **Product application of wood-cement particleboards including applied finishes**. INTERNATIONAL INORGANIC-BONDED WOOD AND FIBER COMPOSITE MATERIALS CONFERENCE, 4. 1994, Washington, DC. [Proceedings...]. Madison: Forest Products Society, v. 1, p. 189-192, 1994.

HACHMI, M.; CAMPBELL, A. G. **Wood-cement chemical relationships. In: Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials.** Session II: Raw Material Considerations. USA. VOL. I, p. 43-47, 1989.

WEI, Y. M.; BUNICHIRO, T. **Effects of five additive materials on mechanical and dimensional properties of wood cement-bonded boards.** Tokyo: The Japan Wood Research Society, p. 437- 444, 2000.

FRASSON JUNIOR, A. **Metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.** 2000. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PAULA, L. E. R. et al. Pesquisas desenvolvidas na UEPAM / UFLA: **Influência do tratamento a vapor nas propriedades mecânicas de painéis cimento-madeira.** XII EBRAMEM, Lavras, 2010.

MEDEIROS, J. S. et al. **Blocos de concreto para alvenaria estrutural: Avaliação de parâmetros básicos para produção.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Brasil. Proceedings – 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries – Florianópolis – Brazil – 1994.

DANTAS FILHO, F. P. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2004.

STANCATO, A.C.; BURKE, A.K. e PAULON, V.A. **Estudo das propriedades do concreto com agregado miúdo composto de areia e resíduos vegetais.** 43 Congresso Brasileiro do Concreto. Fóz de Iguaçu, 2001.

Perfil da indústria moveleira. Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário – ABIMÓVEL (2015). Disponível em: <http://www.sindimol.com.br/o-setor/>>. Acesso em: 8 novembro. 2017.

Máquina para fabricação de blocos de concreto. QalyMaquina indústria e comércio de máquinas. Disponível em: <http://www.qalymaquina.com.br/produtos/maquina-para-fabricacao-de-blocos/maquinas-semi-automaticas/maquina-semi-automatica-qm-3-2-hobby-r-6-900-00>>. Acesso em: 10 novembro. 2017.