

*Study of the Dosage of a Concrete Structural Block with the Addition of Sisal Fiber*

Caixeta, M. A. S. <sup>1</sup>;

*Graduando, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

Tenório, H. O. <sup>2</sup>

*Professora Ma., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

<sup>1</sup> [murillocaixetaa@gmail.com](mailto:murillocaixetaa@gmail.com); <sup>2</sup> [helen@pucgoias.com.br](mailto:helen@pucgoias.com.br) ;

**RESUMO:** A indústria de blocos estruturais de concreto está em uma crescente mundial e apresenta elevado gasto energético devido ao uso do cimento como principal insumo. Hodiernamente, no cenário de extrema poluição do planeta, urge que se estude formas mais sustentáveis de produzir o bloco - mantendo ou elevando sua resistência - substituindo o cimento por um material mais econômico do ponto de vista energético. Este trabalho apresenta uma análise da contribuição da fibra de sisal adicionada ao bloco estrutural de concreto em termos de resistência e consumo energético. Para isso, foram comparados os desempenhos do bloco com e sem adição da fibra. Concluiu-se que a variância de resistência individual entre os blocos com adição de fibra o inviabiliza para uso estrutural. Apesar disso, a fibra ainda pode ser considerada para uso em blocos de vedação.

*Palavras-chaves:* bloco, estrutural, concreto, sustentáveis, resistência, fibra, sisal, consumo energético.

**ABSTRACT:** The industry of concrete structural blocks is growing worldwide and has a high energy consumption due to the use of cement as the main input. Nowadays, in the scenario of extreme pollution on the planet, it is urgent to study more sustainable ways to produce the block - maintaining or increasing its resistance - replacing cement with a material that is more economical from an energy point of view. This work presents an analysis of the contribution of sisal fiber added to the concrete structural block in terms of strength and energy consumption. For this, the performance of the block with and without fiber addition were compared. It was concluded that the variance between the blocks with the addition of fiber makes it unfeasible for structural use. Despite this, the fiber can still be considered for use in sealing blocks.

*Keywords:* block, structural, concrete, sustainable, resistance, fiber, sisal, energy consumption.

**Área de Concentração:** 01 – Construção Civil; 02- Materiais de Construção

## 1 INTRODUÇÃO

O uso do concreto na construção civil vem sendo largamente utilizado desde a sua criação em 1756 por John Smeaton, na Inglaterra. Por ser um material de alta resistência, também na Inglaterra, em 1832 Joseph Aspdin teve a idéia de substituir os blocos tradicionais de cerâmica por blocos de concreto. A idéia inicial era conferir maior segurança à hospitais, creches, escolas e casas. A prática deu certo e foi largamente adotada ao redor do mundo. Hoje o Brasil é um dos maiores consumidores de bloco de concreto do mercado construtivo mundial.

Após a invenção revolucionária séculos atrás na Inglaterra, hoje o bloco de concreto é um dos artefatos mais utilizados na construção civil não só brasileira, mas mundial. A sua fabricação está sujeita a normas internacionais, e também nacionais NBR 6136(ABNT, 2016) e NBR 12118(ABNT 2013). Além da resistência, o bloco de concreto fornece um bom desempenho térmico e acústico. Entretanto, praticamente não houveram melhorias em suas qualidades, pois embora hoje tenhamos muito mais tecnologias a nosso favor, a metodologia de fabricação continua tradicional. Com a globalização e o modo de vida cada vez mais consumista, focado em ter e comprar cada vez mais, a preocupação com o futuro da espécie humana em relação ao meio ambiente é cada vez

maior. Por isso hoje em dia se discute com frequência cada vez maior sobre o desenvolvimento sustentável, para que as necessidades da geração atual sejam supridas sem inviabilizar a sobrevivência das futuras gerações. Nesse cenário, a construção civil é um dos setores que mais modificam e geram resíduos no mundo. A partir disso, surge a necessidade de serem estudadas novas metodologias construtivas, assim como novos materiais.

A fibra de sisal é uma fibra dura vegetal, de baixo valor. Original do México, a fibra hoje tem como maior produtor o Brasil, sendo encontrada principalmente no Nordeste. Segundo Indara Soto Izquierdo (2011), sua obtenção envolve baixo gasto energético além do baixo custo devido a sua abundância e alta disponibilidade. O uso do cimento como principal agente no desempenho mecânico do bloco, significa utilizar um material com alto gasto energético e impacto ambiental. No cenário mundial onde cada vez mais é necessário reduzir os impactos para não comprometer a existência humana nas próximas gerações, devem ser estudadas e executadas alternativas menos prejudiciais ao meio ambiente.

Neste artigo será proposto a adição de fibra de sisal à composição dos blocos de concreto, alterando os traços do concreto para melhorar as características mecânicas do bloco e obter um bloco com melhor desempenho. Espera-se obter melhores resultados referentes a compressão, sem aumentar significativamente o valor do bloco, reduzindo seu valor energético.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 *Objetivo*

Verificar a contribuição da adição da fibra de sisal no desempenho mecânico do bloco de concreto estrutural seguindo os padrões da NBR 6136 (ABNT, 2016).

### 2.2 *Objetivos Específicos*

- Elaborar traços para bloco com fibra de sisal de 25 mm e bloco referência, com a utilização do Método de Colúmbia.
- Verificar a resistência a compressão do bloco referência (0% de fibra) e blocos com variações de 0,8% em relação ao quilo do cimento na mistura para as idades de 3, 7 e 14 dias.
- Levantar o consumo energético da fibra de sisal e comparar com o consumo energético do cimento

### 2.3 *Justificativa*

Observa-se que o mundo está cada vez mais construindo centros e conglomerados urbanos, e utilizando mais e mais blocos de concreto, que envolve um gasto energético muito grande devido ao uso do cimento. Dado a isso, é necessário dar sequência nos estudos que buscam reduzir os impactos ambientais da construção civil através de novas metodologias e também da descoberta de novos insumos que sejam renováveis, possuam um gasto energético menor e alcancem um melhor desempenho do que os que são atualmente utilizados, atendendo aos requisitos da norma.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 *Fibra de Sisal*

A planta do sisal (*Agave Sisalana*) é uma planta de origem do México, de característica resistente ao sol e seco, geralmente cultivada em regiões tropicais e subtropicais. Atualmente o Brasil é o maior produtor de sisal do mundo. Essa produção brasileira ocorre majoritariamente no estado da Bahia, e é comercializada para o ramo mundial de cordoaria. A *Agave Sisalana* tem vida útil entre 6 e 7 anos, e sua fibra pode ser retirada da folha que cresce a cada 6 meses até o fim de sua vida, que é quando ela produz suas sementes para o replantio.

Para a retirada da fibra é feita a descarnação, esmagamento e raspagem do cerne das folhas com jato de água e secagem ao ar de maneira mecânica ou artesanal (PICANÇO, 2005). Das folhas do sisal são retiradas as fibras que correspondem a 5% da massa bruta da folha do sisal. Esse processo é conhecido como desfibramento. Em seguida, essas fibras são limpas de modo a retirar as impurezas, e estendidas ao sol para secagem. Então são classificadas em tipos, quanto ao grau de umidade, grau de pureza e comprimento.

A fibra de sisal atualmente é utilizada para fazer cordas, devido às suas propriedades mecânicas que a tornam resistente a flexão e a tração. Como adição ao concreto, pode-se exaltar a alta disponibilidade da fibra, e baixo custo real e energético da sua produção para trazer à construção civil um desenvolvimento mais sustentável. Indara Soto Izquierdo (2011) conseguiu obter blocos de concreto de 6 MPa (mesmo valor de seu bloco referência) substituindo o cimento por sisal (0,8% do quilo de cimento, e em fibras com tamanho de 25 a 35mm). O fato de reduzir o cimento e manter ou ainda ser possível melhorar a resistência do bloco é o fator principal para adicionar o sisal, visto que no mínimo será obtido uma redução de carga energética que se for

pensada em escala mundial tem um enorme significado e impacto.

Em experimentos com compósitos de resina epóxi, Silva (2011) observou que compósitos reforçados com fibra de sisal possuíam maior resistência mecânica do que os demais. Lima (2004) fez experimentos com compósitos de cimento e adição de fibra de sisal e concluiu que a adição de pequenas fibras de sisal traz melhor tenacidade, e fibras maiores elevam a resistência a tração e flexão.

### 3.2 Bloco de Concreto

A NBR 6136(ABNT, 2016) estabelece a classificação dos tipos de blocos de concreto, bem como os requisitos que os mesmos devem cumprir. O concreto deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água. O cimento deve obedecer às especificações da NBR 16697(ABNT, 2018). A água deve ser limpa. Os agregados devem estar de acordo com a NBR 7211(ABNT, 2009). O aditivo deve atender os requisitos da NBR 11768(ABNT, 2019). Os blocos devem ter misturas homogêneas e compactas, não devendo apresentar trincas. As dimensões dos blocos devem atender às demonstradas nas tabelas da NBR 6136(ABNT, 2016). Deve-se realizar ensaio de resistência a compressão. O valor da resistência característica à compressão é dado pela fórmula 1:

$$F_{bk, est} = 2 \left[ \frac{F_{b(1)} + F_{b(2)} + \dots + F_{b(i-1)}}{i-1} \right] - F_b \quad (1)$$

Onde:

n = quantidade de blocos a mostra;

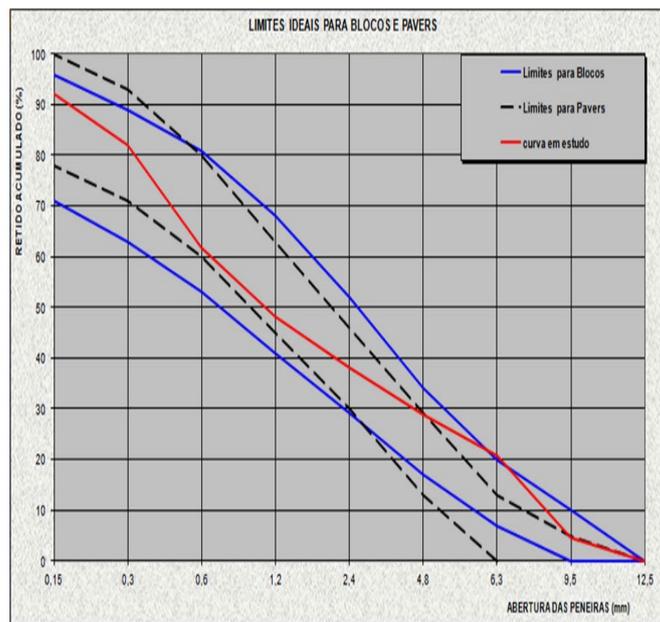
i = n/2 se “n” for par;

i = (n-1)/2 se “n” for ímpar;

fbk, est = resistência característica estimada da amostra (MPa);

Segundo a resistência a compressão especificada na NBR 6136(ABNT,2016) os traços podem variar de 1:6 a 1:14. Neste trabalho foi adotado o traço 1:8 (Cimento: Agregado total), com auxílio da planilha de Idário Fernandes mostrada na figura 1. Os blocos produzidos possuem medidas de 14 x 19 x 39. Na planilha, deve-se lançar a granulometria dos agregados utilizados, trabalhando com uma porcentagem de cada um de modo a construir uma curva resultante que se encaixe nos limites de bloco que são estabelecidas pelo método.

Figura 1 – Limite Ideais de Blocos e Paviers



Fonte: Idário Fernandes.

### 3.3 Características do Concreto Seco: Curva de Umidade Ótima

Para a produção de blocos de concreto, quanto maior a quantidade de água na mistura sem que prejudique o formato e a desmoldagem, melhor pois confere maior resistência mecânica. É nominado de “concreto seco” por possuir característica de concreto levemente umedecido. Nesse contexto, é necessário encontrar a umidade ótima de trabalho. Na produção desse tipo de concreto, é de grande importância a regulagem do equipamento, no caso a máquina de vibro-prensa para retirar o ar aprisionado na mistura, e o processo de produção. Segundo Idário Fernandes, a umidade ótima é equivalente à água na mistura, correspondente às curvas ascendente (quanto maior a quantidade de água até certo ponto, menor a quantidade de vazios e maior a resistência), e descendente (passado esse limite, mais difícil fica a trabalhabilidade e a resistência da mistura devido a relação água/cimento).

## 4 METODOLOGIA

A fibra de sisal utilizada para desenvolvimento do trabalho é de produção do nordeste brasileiro. Para verificar os resultados da adição de fibra de sisal na produção de blocos de concreto estruturais(14x19x39), foram moldados traços de 1:8 (Cimento: Agregados), em massa, com substituição de 0,8% da quantidade de fibras de sisal em relação ao quilo de cimento. Para a elaboração dos traços foram utilizados o método Colúmbia para determinar a porcentagem de agregados. A moldagem foi feita em uma vibro-prensa pneumática

Piorotti (figura 2), em uma indústria de pré-moldados da região de Goiânia, que disponibilizou suas instalações para realização desse trabalho. Para a mistura do traço foi utilizado misturador de eixo forçado horizontal.

**Figura 2 – Vibro-Prensa Pneumática Piorotti**



**Fonte: Própria.**

O aspecto da fibra (antes e após ser misturada aos demais insumos para a produção do bloco) pode ser observado, respectivamente, na figura 3 e 4.

**Figura 3 – Fibra de Sisal Cortada**



**Fonte: Própria**

**Figura 4 – Fibra de Sisal Misturada**

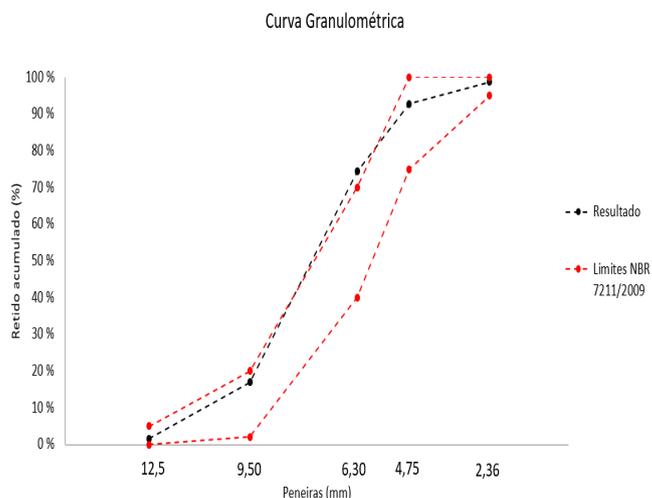


**Fonte: Própria.**

#### 4.1 Materiais Utilizados

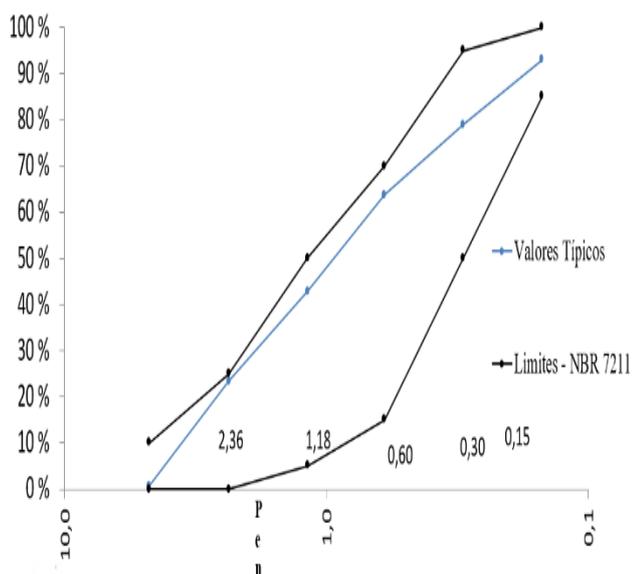
Para realização do trabalho, foi utilizado cimento, areia, brita 0 e aditivo incorporador de ar. As curvas granulométricas dos agregados estão dispostas nas figuras 5 (brita 0) e 6 (areia lavada). Também foi utilizada a fibra de sisal do Tipo 3, com umidade de 13,5%, impurezas de 3,5% e tamanho variante de 60 a 110cm. Para a adição no bloco de concreto, as fibras foram cortadas manualmente com facão em tamanhos de 2 centímetros, conforme indicação de Izquierdo (2011) como faixa de tamanho com bons resultados. Nas figuras 5 e 6 temos, respectivamente a curva granulométrica da brita 0 e da areia lavada utilizada na fabricação dos blocos.

**Figura 5 – Curva Granulométrica da Brita 0**



**Fonte: Ciplan.**

**Figura 6 – Curva Granulométrica da Areia Lavada**



**Fonte: Ciplan.**

#### 4.2 Ensaios

Para o ensaio de resistência a compressão foram adotados 6 (seis) corpos de prova para cada porcentagem de fibra de sisal (que variará de 0% no bloco referência à 0,8%), e período determinado (no 3°, 7° e 14° dia) como pode-se verificar na tabela 1. Os critérios para realização de ambos ensaios são estabelecidos pela NBR 12118(ABNT, 2013).

**Tabela 1 – Ensaios de Bloco Referência e com Adição**

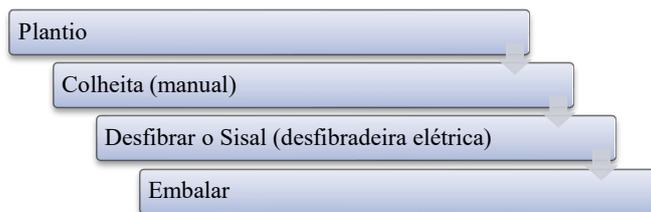
Margem	Corpos de Prova (3,7 e 14 dias)
0%	6
0,8%	6

**Fonte: próprio autor (2021).**

#### 4.3 Consumo Energético

Para o consumo energético do cimento foi utilizado como referência o estudo de Silva apud Santi (1996), a fabricação de cimento Portland tem consumo de energia térmica de 3.300 MJ/T de clínquer, além do consumo de energia elétrica na ordem de 90 a 120 KWh/t de cimento produzido. Para determinar o consumo energético da fibra de sisal, foi obtido o fluxograma da produção do sisal conforme Figura 7.

**Figura 7 – Fluxograma do Processo de Produção da Fibra de Sisal**



**Fonte: Própria.**

Por meio do fluxograma foram identificados o equipamento utilizado na produção da fibra do sisal (desfibradeira) e através de seu catálogo foi obtido sua potência de 1,5 kW/h. Segundo informações de uma indústria produtora de sisal, uma máquina produz 425 kg de fibras por dia em uma jornada de 7 horas de trabalho. Assim, a equação 2 demonstra como calcular o consumo energético do sisal.

$$Cfs = (pot) \times (h) \quad (2)$$

Onde:

Cfs = Consumo Energético da Fibra de Sisal, em KW/T;

Pot = Potência da desfibradeira, em KW/h

h = quantidade de horas de funcionamento da máquina para produção de 1 tonelada de fibra de sisal;

#### 4.4 Resultados e Discussões

Logo, com o cálculo do consumo energético total, nota-se que para produção 1 tonelada de fibra de sisal o gasto é de aproximadamente 24 KW, enquanto que para produção do cimento são em média 105KW/ton. Assim, o uso da fibra do sisal implica em uma economia energética de aproximadamente 23% do bloco. Dessa maneira, a substituição de parte do cimento por fibra de sisal em escala global implica em enorme benefício para o meio ambiente. De acordo com a Tabela 2, que mostra os resultados obtidos, nota-se que a média de resistência individual dos blocos é a mesma. Entretanto, o desvio padrão fez com que o coeficiente de variação da adição fosse alto e o bloco reprovado. A causa de tamanha variação não é necessariamente a fibra, é mais provável que seja uma variação de umidade do traço, variação na alimentação do bloco devido a material que não seja proveniente do traço, e até mesmo o pino do agitador do equipamento que possa ter danificado durante a moldagem do bloco. Ainda assim, o bloco com adição de fibra de sisal apresentou desempenho mecânico apenas 10% inferior ao bloco referência. Portanto, conclui-se que em valores absolutos a adição da fibra de sisal inviabiliza o uso do bloco para fins

estruturais. Entretanto, dado à economia energética da produção de blocos em escala global, a adição ainda pode ser considerada como positiva para blocos com função de vedação.

**Tabela 2 – Resultados dos Traços**

Traço	Res. Ind.	Média	Desvio Padrão	Coef. Var.	Progressão
Ref.	3,61	3,63	0,23	6%	4,82
	3,75				
	3,61				
	3,31				
	3,51				
	4,00				
Com Adição da Fibra de Sisal	3,19	3,63	0,48	13%	3,95
	3,37				
	3,11				
	3,90				
	3,90				
	4,33				

Fonte: próprio autor (2021).

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, MSc. Helen Tenório por me conduzir na elaboração desse trabalho de maneira tão eficaz e reveladora. Agradeço também à minha família e amigos que me apoiaram em toda a trajetória acadêmica e foram fundamentais para que chegasse até aqui.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos. Publicada em 03/11/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7211 – Agregados para Concreto – Especificação. Publicada em 29/04/2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 11768 – Aditivos Químicos para Concreto de Cimento Portland– Parte 1: Requisitos. Publicada em 25/10/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 12118 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio. Publicada em 26/04/2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos. Publicada em 03/07/2018.

FERNANDES Idário Domingues. Blocos & Pavers – Produção e Controle de Qualidade. São Paulo, Treino Assessoria, 2008.

FRASSON Jr, A. Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural. Florianópolis, 2000.

IZQUIERDO, Indara Soto. Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural. São Paulo, 2011.

LIMA, PAULO R. L. Análise teórica e experimental de compósitos reforçados com fibras de sisal. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - PEC/COPPEDEC/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004

MANUAL COLUMBIA. Establishing a concrete block business.

NORMAS DE IDENTIDADE, QUALIDADE, APRESENTAÇÃO E EMBALAGEM DA FIBRA DE SISAL OU AGAVE E SEUS RESÍDUOS DE VALOR ECONÔMICO. Brasília, 1984.

PICANÇO, M. S. Compósitos cimentícios reforça dps com fibras de carauá. 2005. 25 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SANTI, A. M. M. & NEBRA, S. A (1996), “Fornos de cimento: incineração de resíduos ou queima de combustíveis alternativos?” In: VII Congresso Brasileiro de Energia, Anais [CD] Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. p: 645-57.

SILVA, L. J. DA. Estudo experimental e numérico das propriedades mecânicas de compósitos poliméricos laminados com fibras vegetais.

---

2011. Dissertação (Mestrado  
em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João del  
Rei. São João Del Rei,  
2011.