



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA –
ITPAC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANDREIA TORRES CAMARGOS
SÉRGIO AUGUSTO SIQUEIRA DA CUNHA**

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DO PAVIMENTO
INTERTRAVADO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE SÍLICA DA CASCA DE
ARROZ (*Oryza sativa*)**

PORTO NACIONAL - TO

2017

**ANDREIA TORRES CAMARGOS
SÉRGIO AUGUSTO SIQUEIRA DA CUNHA**

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DO PAVIMENTO
INTERTRAVADO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE SÍLICA DA CASCA DE
ARROZ (*Oryza sativa*)**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Ltda, como requisito para obtenção do grau de Bacharel, junto a Faculdade de Engenharia Civil.

Orientador: Me. Leonardo Alves Lopes

PORTO NACIONAL - TO

2017

ANDREIA TORRES CAMARGOS
SÉRGIO AUGUSTO SIQUEIRA DA CUNHA

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DO PAVIMENTO
INTERTRAVADO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE SÍLICA DA CASCA DE
ARROZ (*Oryza sativa*)**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos LTDA, como requisito para obtenção do grau de Bacharel, junto a Faculdade de Engenharia Civil.

Monografia apresentada e defendida em ____/____/____ e aprovado perante a Banca Examinadora constituída pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Leonardo Alves Lopes - Orientador

Prof. Me. Silvia Barros Gomes Souto

Prof. Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos

PORTO NACIONAL - TO
2017

RESUMO

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar a capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto com adição de sílica de casca de arroz como elemento permeável em pavimentos, como parte da solução de redução do escoamento superficial, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável. Nos últimos anos vem aumentando a consciência ambiental nas empresas e indústrias com o objetivo de aproveitamento de co-resíduos originados da fabricação, reforma e demolição, ou ainda resíduos de origem orgânica. Esse fato é bastante promissor para a sustentabilidade do planeta, uma vez que, o setor de construção civil gera uma grande quantidade de resíduos para o meio, então formas de reaproveitamento são a aposta do setor. No Brasil, há vários trabalhos que buscam de algum modo substituir os componentes de materiais utilizados na construção civil que serão apresentados no decorrer desta pesquisa. Há formas de amenizar o impacto ambiental gerado pela construção civil através da substituição de bens não renováveis por resíduos que quando utilizados na elaboração de produtos manufaturados são denominados coprodutos. Esses coprodutos, como no caso a sílica presente na casca de arroz, gerariam mais impactos no meio ambiente caso não sejam reaproveitados. Realizou-se um bloco de referência, um bloco com 5%, 10%, 15% e 20% de adição de cimento por cinza de casca de arroz. No total foram elaborados 5 tipos de blocos com três repetições cada. Os testes de absorção foram realizados no Laboratório de Construção Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos (localizado no município de Porto Nacional). Enquanto os blocos de concreto para pavimento intertravado foram realizados na empresa privada Forte Bloco e Premoldado. Verificou-se que os resultados da absorção dos blocos não tiveram grandes variações à medida que foram aumentadas as porcentagens de sílica de casca de arroz em substituição ao cimento. Desse modo, a utilização de resíduos em materiais cimentícios, tem sido desenvolvida para melhorar a qualidade ambiental, diminuindo os resíduos gerados. Ainda, verificou-se uma redução na elaboração do custo dos blocos intertravados com adição de sílica de casca de arroz ficando evidente que o emprego de coproduto permite maior eficiência da relação custo/resistência, além de colaborar nas práticas de desenvolvimento sustentável aplicadas à construção civil.

Palavras-Chave: Blocos intertravados. Coproduto. Sílica de arroz.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the interlocked pavement infiltration capacity of concrete with addition of rice husk silica as permeable element floors as part of reducing the runoff solution, thereby contributing to sustainable development. In recent years, it has been increasing environmental awareness in companies and industries in order to take advantage of co-waste generated from manufacturing, renovation and demolition waste or organic. This fact is very promising for the sustainability of the planet, since the construction sector generates a lot of waste to the environment, and then forms of reuse are the industry's bet. In Brazil, there are several studies that seek to somehow replace the material components used in construction that will be presented during this study. There are different ways to reduce the environmental impact generated by the construction by replacing non-renewable assets for waste when used in the preparation of manufactured products are called co-products. These coproducts, such as silica present in the rice husk would create the greatest impact on the environment if they are not reused. A reference block, a block with 5%, 10%, 15% and 20% addition of cement per rice hull ash was made. In total, 5 types of blocks with three replicates were elaborated. The absorption tests were carried out in the Civil Construction Laboratory of the Instituto Tocantinense Antônio Carlos (located in the city of Porto Nacional), while the concrete blocks for interlocking pavement were made in the private company Forte Bloco and Premoldado. As a result, the use of residues in cements materials has been developed to improve the environmental quality, reducing the waste generated. Also, there was a reduction in the elaboration of the cost of the interlocking blocks with the addition of silica from rice hulls. It is evident that the use of a co-product allows greater cost / resistance efficiency and also collaborates in the sustainable development practices applied to civil construction.

Keywords: Coproduct. Interlocked blocks. Silica rice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de infiltração de água da chuva	14
Figura 2 - Ruínas Argelina construídas durante o Império Romano.....	15
Figura 3 - Exemplo de pavimento de concreto intertravado	16
Figura 4 - Urbanização de uma Avenida em Caruaru – PE	16
Figura 5 - Orla de Porto Nacional - TO, com a utilização de blocos intertravados	17
Figura 6 - Movimento de deslocamento das peças	17
Figura 7 - Perfil de um pavimento permeável com superfície de blocos intertravados	18
Figura 8 - Alguns dos formatos possíveis para os blocos intertravados de concreto	20
Figura 9 - Tonalidades das peças de concreto.....	20
Figura 10 - Tipos de assentamento dos blocos intertravados	21
Figura 11 - Fabricação de blocos de concreto intertravado com vibroprensas	22
Figura 12 - Seção típica de pavimento permeável	23
Figura 13 - Exemplo de contenção lateral externa	23
Figura 14 - Utilização da bica corrida para a fase de preparação da base	24
Figura 15 - Equipamentos utilizados para a confecção dos blocos de concreto	28
Figura 16 - Sílica de casca de arroz queimada	30
Figura 17 - Porcentagem de sílica de casca de arroz em diferentes proporções.....	30
Figura 18 - Fabricação dos blocos de concreto ocorreu em uma máquina vibroprensa semiautomática pneumática	31
Figura 19 - Confecção dos blocos de concreto intertravado	31
Figura 20 - Blocos imersos na água.....	32
Figura 21 - Diferença de coloração dos blocos com as diferentes proporções de sílica	38

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes
ICPI - Interlocking Concrete Pavement Institute
NBR - Norma Brasileira
RPP - Resíduo de Polimento de Porcelanato

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Algumas vantagens do uso de bloco intertravado.....	19
Quadro 2 - Dosagem de cimento e sílica em cada tipo de traço.....	29
Quadro 3 - Resultados encontrados nas análises dos blocos confeccionados.....	34
Quadro 4 - Índice de absorção dos blocos.....	37
Quadro 5 - Cálculos do valor econômico de cada tipo de bloco.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Peso dos blocos sem adição de água	35
Gráfico 2 - Massa dos blocos após a secagem na estufa a 110°C	35
Gráfico 3 - Massa de bloco úmido após a submersão em água por 24 horas	36
Gráfico 4 - Índice de absorção de água realizados nos blocos	38
Gráfico 5 - Comparativo do gasto para a fabricação dos blocos	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 PAVIMENTO	13
2.2 PAVIMENTO PERMEÁVEL	14
2.3 PAVIMENTO INTERTRAVADO	15
2.3.1 O sistema de intertravamento	17
2.4 BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO.....	19
2.4.1 Fabricação dos blocos de concreto	21
2.5 EXECUÇÃO DO PAVIMENTO COM BLOCOS INTERTRAVADOS	22
2.6 ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CASCA DE ARROZ.....	25
2.7 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONFECÇÃO DE BLOCOS INTERTRAVADOS.....	25
3 OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
4.2 MATERIAL	28
4.3 MÉTODOS	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 TESTE DE ABSORÇÃO.....	34
5.2 COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS BLOCOS DE CONCRETO INTERTRAVADO COM E SEM ADIÇÃO DE COPRODUTO	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O impacto ambiental gerado pela construção civil é cada vez mais gritante e à medida que os países estão se desenvolvendo, isso acarreta uma grande preocupação da sociedade com maneiras de reduzir o impacto gerado, uma vez que, ele não pode ser totalmente eliminado.

A utilização de pavimentos com blocos intertravados de concreto vem crescendo em todo o mundo, como uma alternativa à pavimentação de ambientes, já que esse tipo de pavimentação oferece materiais alternativos, além disso permite o escoamento superficial da água não impermeabilizando totalmente a camada de solo abaixo dos blocos de concreto.

Além do mais, a vida útil do pavimento intertravado pode ser de até 25 anos, desde que se tenham projetos apropriados para a base e sub-base, os blocos de concreto sejam de boa qualidade e que estes estejam muito bem assentados.

No entanto, o frequente aumento no consumo de cimento devido à elevada demanda de concreto na construção civil aliado ao aumento de exigências na qualidade e durabilidade favorece a necessidade de alternativas viáveis que minimizem tais impactos.

No intuito de reduzir o emprego do cimento e buscar uma alternativa sustentável avaliou-se a possibilidade do uso da sílica da casca de arroz como substituição parcial do cimento na fabricação de blocos de concreto intertravados.

A utilização de resíduos, tem sido desenvolvida para melhorar a qualidade ambiental, diminuindo assim, os resíduos gerados. As empresas vêm aumentando sua competitividade e consciência ambiental com a utilização de resíduos para a fabricação de matérias primas para a construção civil.

A deposição de resíduos em aterros além dos elevados custos econômicos pode trazer inúmeros problemas ambientais, como contaminação do solo e agressão à vegetação presente no local.

A utilização de sílica da casca de arroz na construção civil cresce constantemente, por ser um material altamente pozolânico, quando obtida corretamente, sua utilização aliada ao cimento oferece diversas vantagens sobre as propriedades do material, como mecânicas e de durabilidade, além de uma redução significativa de custo.

Assim, a reutilização e a reciclagem de materiais que não estão mais apropriados para uso consiste numa alternativa para o manejo da grande maioria dos resíduos.

O setor da construção civil é considerado a área que mais gera desenvolvimento socioeconômico no País, mas também é apontado como o principal responsável pela geração de impacto ambiental. Dessa forma, a utilização de resíduos na fabricação de materiais ou de estruturas na construção civil são fundamentais para reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade no setor.

Borges (2015) ressalta que o interesse na sílica armazenada na casca de arroz ocorre é interessante pois além de sua resistência e dureza, a sua produção no Brasil ocorre em larga escala.

Assim, percebe-se que utilização de adições minerais no concreto apresenta diversas vantagens uma delas é a redução de custos à medida que se substitui parcialmente material caro, como o cimento, por materiais de baixo custo como a casca de arroz. Além do mais, há aumento da durabilidade devido à redução da porosidade e refinamento dos poros, o que assegura concretos mais compactos e resistentes a agentes agressivos como cloretos e sulfatos.

No Brasil, há vários trabalhos que buscam de algum modo substituir os componentes de materiais utilizados na construção civil como o de Barbosa et al. (2007) que incorporaram resíduos de borracha de recauchutagem de pneus na confecção de concreto para blocos de pavimento intertravado; Purificação (2009) estudou a produção de pisos intertravados de concreto com utilização de 100% de agregados reciclados originados de rejeitos de concretos com uma substituição de parte do volume de cimento por resíduo de polimento de porcelanato; Kelm (2011) realizou a substituição de cimento por microssílica da cinza de casca de arroz em teores de 10%, 15% e 20% e avaliando suas propriedades de resistência e ainda investigando sua estrutura interna; e Marton et al. (2013) utilizaram a sílica da casca de arroz na produção de pisos intertravados que seriam utilizados em vias de tráfegos de veículos comerciais.

Portanto, o esgotamento de recursos não renováveis para a fabricação de matéria prima proporciona a possibilidade de substituição dessa matéria prima escassa. Assim, nesse trabalho busca-se observar o comportamento dos blocos de

concreto quando parte do concreto utilizado para a sua fabricação é substituído por casca de arroz.

A escolha da casca de arroz ocorreu devido à grande demanda desse resíduo oferecido no Estado do Tocantins, uma vez, que o Tocantins é o terceiro maior produtor de arroz irrigado do Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos vem aumentando a consciência ambiental nas empresas e indústrias com o objetivo de aproveitamento de co-resíduos originados da fabricação, reforma e demolição, ou ainda resíduos de origem orgânica (FIORITI, 2007). Esse fato é bastante promissor para a sustentabilidade do planeta, uma vez que, o setor de construção civil gera uma grande quantidade de resíduos para o meio, então formas de reaproveitamento são a aposta do setor.

Os co-resíduos podem ser utilizados como agregados para compor o concreto que pode gerar telhas, blocos ou pavimentos, conforme expõe Purificação (2009).

2.1 PAVIMENTO

Com base nas características físicas de pavimento caracteriza-se pavimento como uma superestrutura composta por várias camadas de espessuras pré-delimitadas, de materiais distintos com uma complexa interligação de suas propriedades, como resistência e deformabilidade, planejadas de acordo com às tensões e deformações necessitadas (SOUZA, 1980; DNIT, 2006).

A NBR 7207 (ABNT, 1982) trata das principais funções de um pavimento, já que deve (1) resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais provenientes do tráfego, (2) melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança, (3) resistir aos esforços horizontais tornando mais durável possível a superfície de rolamento.

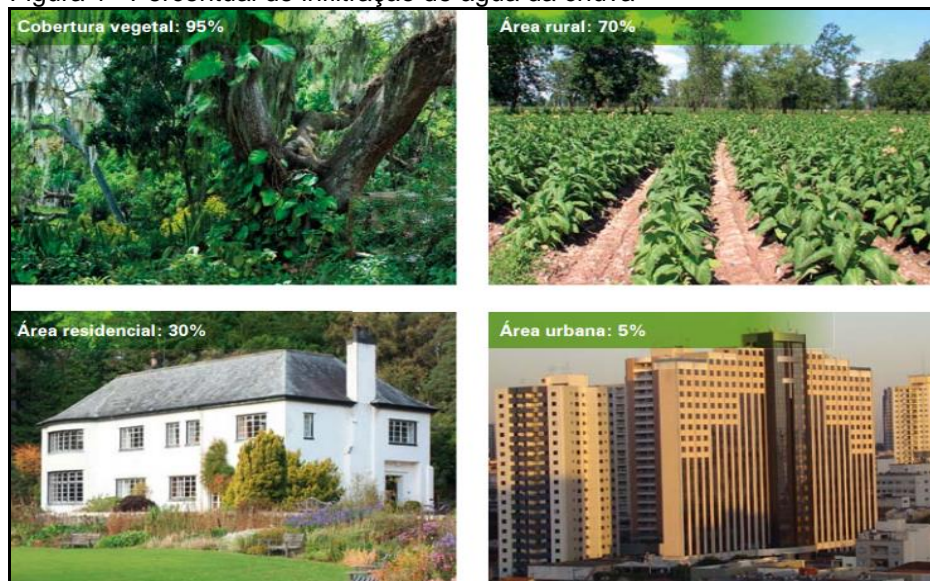
Tradicionalmente são consideradas três categorias de pavimentos (DNIT, 2006):

- Pavimento rígido: constituído por placas de concreto assentes sobre o solo de fundação ou sub-base intermediária.
- Pavimento semi-rígido: revestimento de camada asfáltica com base estabilizada quimicamente (cal ou cimento).
- Pavimento flexível: constituído por um revestimento asfáltico construído sobre uma base granular ou camada de solo estabilizado granulometricamente.

2.2 PAVIMENTO PERMEÁVEL

A crescente impermeabilização das superfícies é decorrente da urbanização das cidades. Enquanto em uma área com cobertura florestal 95% da água da chuva se infiltra no solo (FIGURA 1), nas áreas urbanas este percentual cai para apenas 5% (ABCP, 2010).

Figura 1 - Percentual de infiltração de água da chuva



Fonte: Interpave (2008).

O pavimento permeável é caracterizado por apresentar espaços livres em sua estrutura que permite o escoamento da água, infiltração no solo ou ainda que a água seja transportada por meio de sistema auxiliar de drenagem (JORDAO et al., 2015).

Este tipo de pavimento reduz o volume de água com relação ao escoamento superficial e, com isso, atenua a necessidade de um sistema de drenagem urbana e conseqüentemente reduz a probabilidade de enchentes (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2014).

Há vários tipos de revestimentos permeáveis, onde os blocos de concreto, com ou sem espaçamentos, e o revestimento porosos de cobertura asfáltica são considerados os mais comuns. Sansalone et al. (2012) define pavimento permeável como uma estrutura sustentável que promove a restauração hidrológica.

2.3 PAVIMENTO INTERTRAVADO

Segundo o trabalho de Curry (2012), os pavimentos intertravados são provenientes dos pavimentos revestidos com pedras, elaborados na Mesopotâmia há quase 5.000 anos a.C. e muito utilizados pelos romanos desde 2.000 a.C., conforme observa-se na Figura 2.

Figura 2 - Ruínas Argelina construídas durante o Império Romano



Fonte: Curry (2012).

O uso de pedras talhadas foi alterado, posteriormente, para blocos de concretos, conhecidos usualmente como paralelepípedos. No entanto, o rolamento era irregular e a produção artesanal era dispendiosa, com isso iniciou-se a fabricação de peças de concreto pré-fabricadas. A produção foi potencializada na Alemanha no período de pós 2ª Guerra Mundial. No Brasil a produção de blocos de concreto teve início na década de 70 (ABCP, 2010).

De acordo com Fernandes (2013) os blocos intertravados, como conhecidos atualmente, industrializados e com limite de dimensão, diversidade de cores e formatos, e recursos para aumento da resistência estrutural do pavimento, foram desenvolvidos pelo alemão Fritz Von Langsdorff em 1960, visando a geração de emprego e a possibilidade de reconstruir cidades destruídas pela guerra.

A primeira cidade pavimentada com blocos intertravados no mundo foi Stuttgart (Alemanha) em 1963, e em pouco tempo esta alternativa de calçamento foi difundida pela Europa e Ásia, começando por Inglaterra, Itália, Austrália e Nova Zelândia, atualmente os maiores consumidores de blocos intertravados (MARTINS, 2014).

O pavimento intertravado é constituído de peças de concreto, assentadas sobre camada de areia e travadas entre si por contenção lateral, como observado na Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de pavimento de concreto intertravado



Fonte: Martins (2014).

Na cidade de Caruaru, no Agreste de Pernambuco, ilustrada na Figura 4, está sendo muito utilizado o bloco intertravado de concreto em grandes obras, como o Projeto Revitalino - Infraestrutura Turística do Alto do Moura e a Execução da Renovação Urbana e Ambiental das Avenidas da Cidade (NASCIMENTO, 2016).

Figura 4 - Urbanização de uma Avenida em Caruaru – PE



Fonte: Nascimento (2016).

Na cidade de Porto Nacional também está sendo utilizado o pavimento com blocos de concreto intertravado em alguns locais públicos como praças e calçadas, conforme observa-se na Figura 5.

Figura 5 - Orla de Porto Nacional - TO, com a utilização de blocos intertravados



Fonte: Arquivo Próprio (2016).

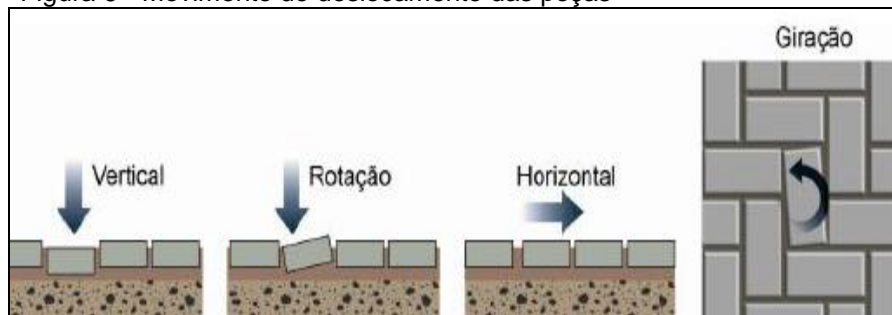
Os blocos intertravados de concreto foram utilizados na revitalização da Orla, área turística do município de Porto Nacional, Estado do Tocantins.

2.3.1 O sistema de intertravamento

O intertravamento consiste na incapacidade de deslocamento de uma peça que compõem o pavimento independente das peças adjacentes (ICPI, 2011). Outra definição para intertravamento é a feita por Fioriti (2007), onde o intertravamento é a capacidade que o material tem de resistir aos movimentos de deslocamento individual, tanto na vertical, horizontal, rotação ou giração em relação às peças vizinhas.

O sistema de intertravamento é imprescindível para o desempenho e a durabilidade do pavimento. Assim, duas condições são fundamentais para o intertravamento, apresentados na Figura 6, a contenção lateral e a junta preenchida com areia (ABCP, 2010).

Figura 6 - Movimento de deslocamento das peças

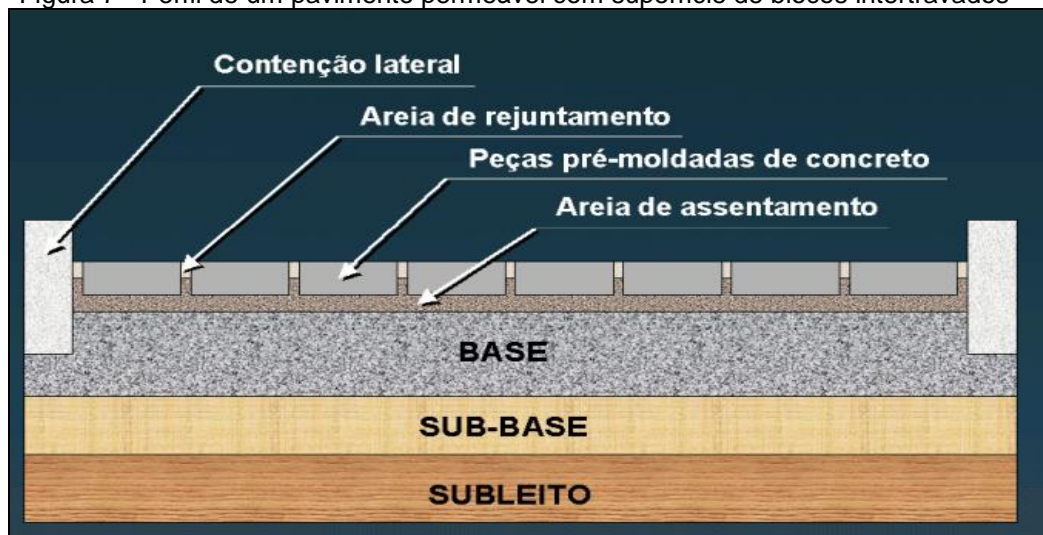


Fonte: ABCP (2013).

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013), o pavimento intertravado de concreto consiste num pavimento do tipo flexível composto por uma camada de base, seguida por camada de revestimento formada por peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento. As juntas do pavimento intertravado possui um material de rejuntamento entre as peças, além da contenção nas laterais do pavimento.

As estruturas com superfície em blocos intertravados, que possibilitam a infiltração das águas superficiais, podem ser divididas em parte inferior e superior, como na Figura 7.

Figura 7 - Perfil de um pavimento permeável com superfície de blocos intertravados



Fonte: Muller (2005).

A parte inferior é composta pelo subleito e pela camada de base construída em brita graduada ou concreto magro poroso. Enquanto a parte superior é formada por uma camada de assentamento composta de areia grossa e a superfície em blocos porosos ou vazados que são rejuntados com o mesmo material utilizado na camada de instalação (FEBESTRAL, 2005).

As espessuras das camadas do pavimento intertravado, dependem de alguns fatores, a citar, a intensidade do tráfego que circulará sobre o pavimento, as características do terreno de fundação e a qualidade dos materiais constituintes das demais camadas (WIEBBELLING, 2015).

2.4 BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Os blocos de concreto também denominados como *Pavers* ou *Paviess*. Caracterizam-se como blocos intertravados, pré-fabricados, maciços e que permitem pavimentar completamente uma superfície. Os *pavers* estão conquistando espaço em todo o país, pois as empresas que trabalham nesse ramo argumentam as vantagens que o sistema oferece. Há inúmeros modelos de blocos intertravados de concreto, além do intertravado tradicional utilizado para o calçamento, existem os pisos ecológicos e os pisos com finalidades específicas, como os drenantes, permeáveis, segregadores de tráfego, orientação para deficientes visuais, entre outros (FERNANDES, 2013).

Conforme Wiebbelling (2015), os blocos intertravados de concreto oferecem facilidade no assentamento e a consequente liberação da pavimentação para o tráfego rapidamente, além da acessibilidade às redes subterrâneas e a praticidade na manutenção.

Esse material também pode ter destaque no que tange o conceito ambiental, uma vez que, há a possibilidade da utilização de diferentes tipos de resíduos para a fabricação dos blocos e como o bloco é semipermeável também auxilia no sistema de drenagem urbana (NASCIMENTO, 2016).

Fioriti (2007) observa que se for seguido alguns requisitos básicos, como uma sub-base bem executada, blocos de qualidade e assentamento correto, um pavimento de bloco intertravado pode chegar a 25 anos de vida útil.

ABCP (2010) também elenca algumas das vantagens do uso de blocos intertravados, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Algumas vantagens do uso de bloco intertravado

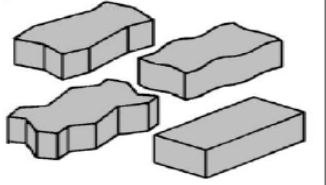
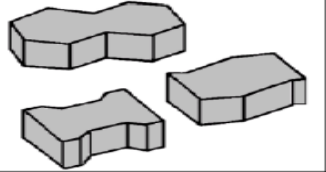
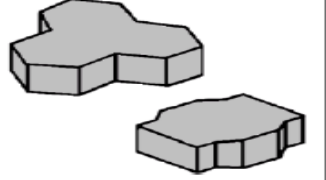
Superfície antiderrapante	O concreto proporciona segurança aos pedestres, mesmo em condições de piso molhado.
Conforto térmico	A utilização de peças de concreto com pigmentação clara proporciona menor absorção de calor, melhorado o conforto térmico das calçadas.
Liberação ao tráfego	Imediato, após a compactação final do pavimento.
Resistência e durabilidade	A elevada resistência do concreto confere grande durabilidade à calçada.
Produto ecológico	Os produtos à base de cimento podem ser totalmente reciclados e reutilizados na produção de novos materiais. Isto ajuda na preservação de jazidas de calcário e evita a saturação de aterros.
Versatilidade	As peças de concreto podem ser fabricadas com uma ampla variedade de cores e texturas.
Economia de	Sempre que necessária a realização de manutenção em tubulações

manutenção	subterrâneas, é possível reaproveitar os mesmos blocos, que são assentados sobre areia, sem o uso de argamassa.
-------------------	---

Fonte: ABCP (2010); Nascimento (2016).

Os blocos intertravados podem ser fabricados independente do formato. Alguns modelos se destacam por serem mais utilizados, observados na Figura 8. Os pesquisadores não entraram num consenso sobre qual o melhor formato dos blocos intertravados. O único requisito recomendado com relação ao formato dos blocos é que ele seja capaz de permitir o assentamento em combinação bidirecional, conforme explica Wiebbelling (2015).

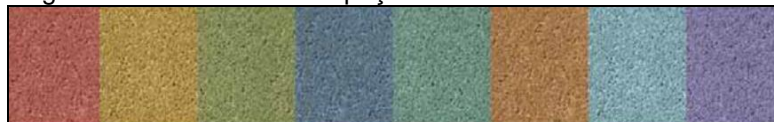
Figura 8 - Alguns dos formatos possíveis para os blocos intertravados de concreto

	A. Peças de concreto segmentadas ou retangulares, com relação comprimento / largura igual a dois (usualmente 200 mm de comprimento por 100 mm de largura), que entrelaçam entre si nos quatro lados, capazes de serem assentadas em fileiras ou em "espinha-de-peixe" e podem ser carregados facilmente com apenas uma mão.
	B. Peças de concreto com tamanhos e proporções similares aos da categoria A, mas que entrelaçam entre si somente em dois lados, e que só podem ser assentadas em fileiras. Podem ser carregados com apenas uma mão e genericamente têm o formato em "I".
	C. Peças de concreto com tamanhos maiores do que as anteriores, que pelo seu peso e tamanho não podem ser carregados com apenas uma mão, com formatos geométricos característicos (trapézios, hexágonos, triedros etc.), assentadas seguindo-se sempre um mesmo padrão, que nem sempre conforma fileiras facilmente identificáveis.

Fonte: Muller (2005).

O pavimento intertravado com peças de concreto apresenta uma variedade de forma e cores o que permite uma maior variabilidade estética do produto, mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Tonalidades das peças de concreto



Fonte: ABCP (2013).

Além das cores e formas, os blocos permitem vários tipos de assentamento: espinha de peixe, fileira, reto ou trama, como na Figura 10.

Figura 10 - Tipos de assentamento dos blocos intertravados



Fonte: ABCP (2013).

Nascimento (2016) observa que o maior diferencial da utilização de blocos intertravados é que o pavimento pode ser desmanchado e reconstruído com 100% de aproveitamento das peças. A variedade de cores, formas e modelos disponíveis possibilita ao bloco intertravado uma grande competitividade como opção de pavimentação de áreas de trânsito de pedestres ou veículos de passeio e carga.

2.4.1 Fabricação dos blocos de concreto

Inúmeros fatores podem interferir na fabricação dos blocos de concreto, como os equipamentos, materiais, dosagem, entre outros.

O sucesso para a confecção dos blocos consiste no conhecimento acerca das propriedades necessárias juntamente com o material utilizado, a execução da dosagem e o processo de produção, segundo Hood (2006).

Conforme o Manual de Pavimento Intertravado (ABCP, 2010), as peças de concreto são elaboradas industrialmente em vibroprensas que permitem uma grande compactação às peças, elevando sua resistência mecânica e durabilidade, apresentada na Figura 11. Posteriormente à moldagem nas vibroprensas, as peças são curadas em câmaras que preservam a umidade relativa acima dos 95%. Esse fato é necessário por assegurar a hidratação do cimento e assim, há uma menor absorção de água da peça, que deve ser menor ou igual a 6%.

Figura 11 - Fabricação de blocos de concreto intertravado com vibroprensas



Fonte: ABCP (2010).

O período de cura na câmara gira em torno de 24 horas e a cura final no pátio depende de algumas condições industriais, ficando entre 7 e 28 dias.

As peças de concreto com sistema de intertravamento devem ser elaboradas com base na Normas Técnicas que especificam a fabricação desse material, a citar:

- ✓ NBR 9781/2013 - Método de determinação da resistência à compressão de peças pré-moldadas de concreto destinadas à pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamento ou similares (ABNT, 2013).
- ✓ NBR 9050/2015 - Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos (ABNT, 2015).

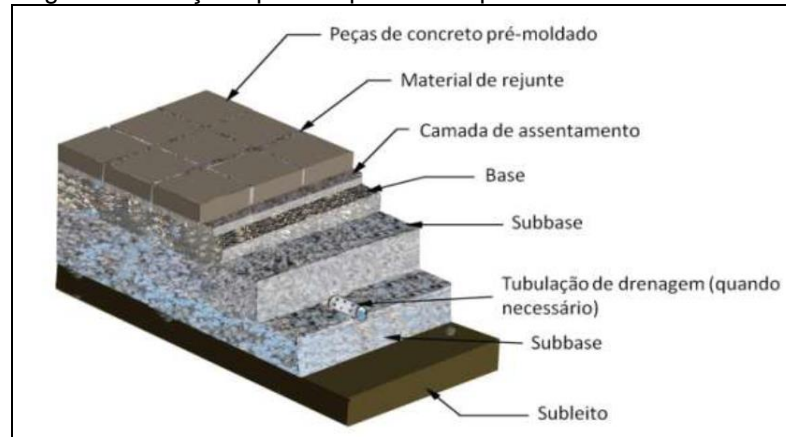
2.5 EXECUÇÃO DO PAVIMENTO COM BLOCOS INTERTRAVADOS

O primeiro passo é verificar a camada de subleito que será a base do pavimento, como na Figura 12. Essa camada pode ser formada por solo natural da área ou ainda por solo de empréstimo (ABNT, 2011).

Alguns fatores devem ser observados e reparados, caso haja necessidade, como o solo não deve ser expansível e inchar na presença de água; a superfície do solo não pode conter irregularidades, como buracos; o caimento da água deve ser de pelo menos 2% ou conforme especifica o projeto. Por fim, antes da

compactação do subleito deve-se realizar a drenagem, rede de serviços e outras locações complementares (ABCP, 2013).

Figura 12 - Seção típica de pavimento permeável



Fonte: Ferguson (2005).

O revestimento dos blocos de concreto deve permitir a passagem rápida da água para evitar que ela escoe superficialmente ou forme poças garantindo que 100% da água superficial (*runoff*) seja percolada através do pavimento. Dessa maneira, o projeto de dimensionamento da quantidade de água infiltrada desse ser realizado levando em consideração a intensidade pluviométrica da região aliada às características do solo (FERGUSON, 2005).

As contenções laterais devem fazer parte do projeto a fim de evitar o deslizamento das peças de concreto sobre o solo, mostrada na Figura 13. Assim, são realizados os confinamentos que podem ser de dois tipos; (1) o externo, que rodeia o pavimento em seu perímetro (normalmente sarjetas e meios-fios), e (2) o interno, que rodeia as estruturas que se encontram dentro dele, como jardins, canaletas e bocas-de-lobo (ABNT, 2011).

Figura 13 - Exemplo de contenção lateral externa



Fonte: ABCP (2013).

A preparação da base deve ser realizada com a utilização de uma bica corrida, apresentada na Figura 14, para evitar que o material não seja segregado durante o transporte, descarga e espalhamento. Posteriormente, são realizados a regularização e a compactação da camada da base. Essa atividade é realizada para evitar o consumo de areia durante a fase de assentamento das peças de concreto (ABCP, 2013).

Figura 14 - Utilização da bica corrida para a fase de preparação da base



Fonte: Ferguson (2005).

Na fase de assentamento da camada de areia que deve ser nivelada manualmente por meio de uma régua niveladora (sarrafo) correndo sobre mestras (ou guias), de madeira ou alumínio, colocadas paralelas e assentadas sobre a base nivelada e compactada. Todas as irregularidades devem ser sanadas antes do assentamento dos blocos de concreto, a superfície da areia deve ficar lisa e completa. A espessura da camada de areia deve ser de 3 a 5 cm da altura (ABNT, 2011).

A última fase do projeto é a colocação dos blocos nessa parte são definidos a qualidade do pavimento, os alinhamentos do padrão de assentamento, regularidade da superfície e a largura das juntas.

Conforme o Manual de Pavimento Intertravado (ABCP, 2013) os serviços de assentamento dos blocos devem ser regularmente verificados através de linhas guias longitudinais e transversais a cada 5 metros para evitar irregularidades que podem comprometer a qualidade do pavimento.

2.6 ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CASCA DE ARROZ

A casca do arroz é um dos principais resíduos gerados pelo beneficiamento do arroz produz uma quantidade considerável de cinza residual que normalmente não possui uma destinação específica sendo simplesmente dispensada no meio ambiente, ocasionando sérios problemas de ordem ambiental (ZUBAIDI et al., 2013).

Conforme Calheiro (2011) a casca do arroz consiste em cerca de 23% do volume do grão de arroz e possui dificuldade no armazenamento final, baixas reservas nutritivas, além de ser resistente à degradação.

A casca de arroz é um revestimento produzido durante o crescimento do grão, de baixa densidade e elevado volume, com alto teor de sílica, formada por 50 % de celulose, 30 % de lignina e 20 % de resíduos inorgânicos (POUEY, 2006).

Marton et al. (2013) destaca que para cada tonelada de arroz em casca produzida são gerados aproximadamente 200 kg de casca *in natura*, ou seja, 20% da produção de arroz em casca, que quando incineradas em caldeiras ou fornalhas geram cerca de 40 kg de sílica.

As produções de arroz sequeiro e irrigado no Tocantins vêm aumentando a cada ano levando o Estado ao terceiro maior produtor brasileiro de arroz irrigado (G1, 2015).

Na safra 2013/2014 foram cultivados 113,90 mil hectares, na safra 2014/2015 subiu para 127,51 mil, um aumento de 13,61 % na área plantada. Na safra anterior foram colhidas 543,66 mil toneladas, na atual podem alcançar 606,06 mil toneladas, conforme a Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (DEUS, 2015).

2.7 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONFECÇÃO DE BLOCOS INTERTRAVADOS

Barbosa et al. (2007) observaram a incorporação de resíduos de borracha de recauchutagem de pneus na confecção de concreto para blocos de pavimento intertravado. Além das vantagens ambientais identificadas, os autores também verificaram a viabilidade técnica e econômica destes.

Purificação (2009) estudou a produção de pisos intertravados de concreto com utilização de 100% de agregados reciclados originados de rejeitos de concretos com uma substituição de 10%, 20% e 30% do volume do cimento CPV-ARI por Resíduo de Polimento de Porcelanato - RPP. Os ensaios realizados para avaliação da resistência à compressão, apresentaram resultados satisfatórios, indicando que as utilizações de agregados reciclados atuam de forma eficiente, sendo que a substituição de 20% do volume de cimento por RPP apresentou o melhor desempenho.

Kelm (2011) observaram por meio de uma dosagem experimental foi analisado a influência da substituição de cimento por microssílica da cinza de casca de arroz em teores de 10%, 15% e 20% e avaliando suas propriedades de resistência e ainda investigando sua estrutura interna. Com os resultados obtidos, notou-se que os traços com microssílica da cinza de casca de arroz apresentaram maiores ganhos de resistência dos 7 aos 28 dias, do que o traço moldado somente com cimento. Assim, a substituição da microssílica da cinza de casca de arroz como adição ao concreto, contribui para o aumento de resistência deste, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável, reutilizando este resíduo agroindustrial e diminuindo o consumo de cimento, cuja produção cria sérios problemas ambientais.

Marton et al. (2013) utilizaram a sílica da casca de arroz na produção de pisos intertravados que seriam utilizados em vias de tráfegos de veículos comerciais. Nesse estudo, a sílica se apresentou como um material promissor que permite ganhos de resistência e impermeabilidade além da redução de custos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto com adição de sílica de casca de arroz como elemento permeável em pavimentos, como parte da solução de redução do escoamento superficial, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Confeccionar pavimentos intertravado sem adição de resíduos e com adição de coproduto;
- ✓ Realizar teste de absorção nos corpos de prova com e sem a adição de coproduto;
- ✓ Analisar o preço das peças com e sem a adição de coproduto;
- ✓ Avaliar a absorção dos blocos de concreto com diferentes porcentagens de coproduto;
- ✓ Identificar as vantagens da utilização do coproduto no ponto de vista sustentável.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os testes de absorção foram realizados no Laboratório de Construção Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos (ITPAC – PORTO), localizado no município de Porto Nacional a 60 km da capital do Estado, Palmas. Já, os blocos de concreto para pavimento intertravado foram realizados na empresa privada Forte Bloco e Premoldado, localizado na Rua Joaquim Pereira, nº 480, setor Centro, no município de Porto Nacional - TO.

4.2 MATERIAL

Na empresa privada foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Betoneira 400 litros (FIGURA 15A);
- Motor 2 cavalos de baixa rotação;
- Mesa vibratória 3x1 metros com motor de 3 cavalos de alta rotação (FIGURA 15B);
- Balança (FIGURA 15C);
- Compressor 30 libras e;
- Óleo desmoldante para as fôrmas.



Figura 15 - Equipamentos utilizados para a confecção dos blocos de concreto

A - Betoneira; B - Mesa vibratória; C - Balança

Fonte: Arquivo Próprio (2016).

Para a confecção dos concretos utilizados na confecção dos pisos intertravado utilizou-se os seguintes materiais:

- Cimento Portland (CP II F 32)
- Cinzas residuais de cascas de arroz
- Areia de quartzo natural lavada
- Areia de brita
- Pedrisco
- Brita 1
- Aditivo plastificante de pega normal

4.3 MÉTODOS

Serão dosados quatro traços de concreto para a produção de blocos do tipo intertravados, baseado no trabalho de Marton et al. (2013), que serão caracterizados experimentalmente conforme ABNT NBR 9781 (ABNT, 2013) assim serão desenvolvidos os seguintes traços:

- ✓ Traço referência R, moldado somente com cimento;
- ✓ Traço M5, moldado com 5% de adição de cimento por cinza de casca de arroz;
- ✓ Traço M10, moldado com 10% de adição de cimento por cinza de casca de arroz;
- ✓ Traço M15, moldado com 15% de adição de cimento por cinza de casca de arroz;
- ✓ Traço M20, moldado com 20% de adição de cimento por cinza de casca de arroz.

A confecção de cada tipo de bloco ocorreu nas seguintes proporções:

Quadro 2 - Dosagem de cimento e sílica em cada tipo de traço

Traço Referência 0% - R	10 kg de cimento/0 kg de sílica
Traço com 5% - M5	9,5 kg de cimento/0,5 kg de sílica
Traço com 10% - M10	9 kg de cimento/1 kg de sílica
Traço com 15% - M15	8,5 kg de cimento/1,5 kg de sílica
Traço com 20% - M20	8 kg de cimento/2 kg de sílica

Fonte: Elaboração Própria (2017).

A sílica de casca de arroz, utilizada neste ensaio é proveniente da combustão de fornos de uma Cerâmica local que a utiliza juntamente com a lenha para o processo de queima de tijolos, conforme mostra a Figura 16, observa-se que a sílica já foi obtida queimada.

Figura 16 - Sílica de casca de arroz queimada



Fonte: ARQUIVO PRÓPRIO (2017).

A sílica de casca de arroz queimada foi pesada na proporção de cada traço, conforme mostra a Figura 17, bem como a dosagem dos demais materiais para a elaboração de cada tipo de traço.

Figura 17 - Porcentagem de sílica de casca de arroz em diferentes proporções



Fonte: Arquivo Próprio (2017).

A fabricação dos blocos de concreto ocorreu em uma máquina vibroprensa semiautomática pneumática indicada para a produção em escala industrial compacta como apresentada na Figura 18.

Figura 18 - Fabricação dos blocos de concreto ocorreu em uma máquina vibroprensa semiautomática pneumática



Fonte: ARQUIVO PRÓPRIO (2017).

A cura dos blocos de concreto realizou-se em condições ambiente, pelo período de 28 dias, com a manutenção da umidade do estoque de blocos constante por meio de aspersão de água. Desse modo, foram confeccionados um total de 100 blocos intertravado, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Confeção dos blocos de concreto intertravado



Fonte: Arquivo Próprio (2017).

A análise foi realizada com a peça de concreto inteira e com a utilização de água potável, onde todo o pó e partículas soltas no bloco de concreto foram retiradas dos corpos de prova com o auxílio de uma escova.

A verificação da secagem consiste em definir a massa do bloco seco em estufa à temperatura de 105 ± 5 °C. Inicialmente, anota-se o valor da massa do bloco em temperatura ambiente. Para a obtenção da massa do bloco seco em estufa, deve-se colocá-lo neste equipamento por 24 horas e após esse período determinar o valor da massa do bloco. O bloco deve retornar a estufa e permanecer por mais 2 horas anotando posteriormente o valor de massa obtido. É necessário repetir a operação a cada 2 horas até que em duas determinações sucessivas não apontem diferença de 0,5% em relação ao valor da massa anterior.

A determinação da absorção de água dos blocos foi conduzida segundo as exigências da NBR 9731/13, onde a absorção de água, expressa em porcentagem, consiste no incremento de massa de um corpo sólido poroso devido a penetração de água em seus poros permeáveis, em relação à sua massa no estado seco.

A verificação da saturação consiste em definir a massa do bloco saturado em água a temperatura de 23 ± 5 °C imergindo-o por 24 horas. Após esse período, removeu-se a água visível na superfície do bloco, utilizando um pano absorvente, e foi anotado o valor da massa do bloco encontrado, conforme a Figura 19.

Figura 20 - Blocos imersos na água



Fonte: Arquivo Próprio (2017).

O bloco retornou ao processo de imersão em água por mais 2 horas. Esse procedimento foi repetido a cada 2 horas até que duas determinações sucessivas não apontem diferença de 0,5% em relação ao valor da massa anterior.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da demanda de cimento promovido pelo aquecimento da construção civil e com a finalidade de agregar valor econômico e dar destino ao resíduo agroindustrial, realizou-se blocos produzidos em concreto dosado com cinzas residuais de cascas de arroz em substituição parcial ao cimento Portland para verificar a absorção de água nos blocos com e sem adição de sílica de casca de arroz.

Gomes e Marton (2015) realizaram um estudo com blocos de concreto parcialmente substituídos por sílica de casca de arroz e não foi observado nenhuma alteração nas propriedades de absorção e de resistência mecânica dos blocos com adição de sílica da casca de arroz.

5.1 TESTE DE ABSORÇÃO

Os blocos de concreto foram pesados em diferentes estágios: (1) Massa dos blocos com 28 dias, depois pesou-se os blocos de concreto que foram secados na estufa a 110°C e por último foi realizada a pesagem dos blocos úmidos que foram submersos em água potável por 24 horas. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultados encontrados nas análises dos blocos confeccionados

MASSA DOS BLOCOS (em Gramas)					
BLOCOS	0%	5%	10%	15%	20%
1	2555	2475	2729	2693	2373
2	2474	2521	2751	2581	2447
3	2543	2596	2375	2612	2388
MASSA DOS BLOCOS APÓS A SECAGEM NA ESTUFA A 110°C (em Gramas)					
1	2436	2371	2611	2567	2276
2	2336	2418	2648	2465	2333
3	2427	2511	2253	2477	2285
BLOCO ÚMIDO SUBMERSO EM ÁGUA POR 24 HORAS (em Gramas)					
1	2647	2597	2832	2767	2491
2	2570	2646	2838	2661	2546
3	2638	2597	2484	2699	2505

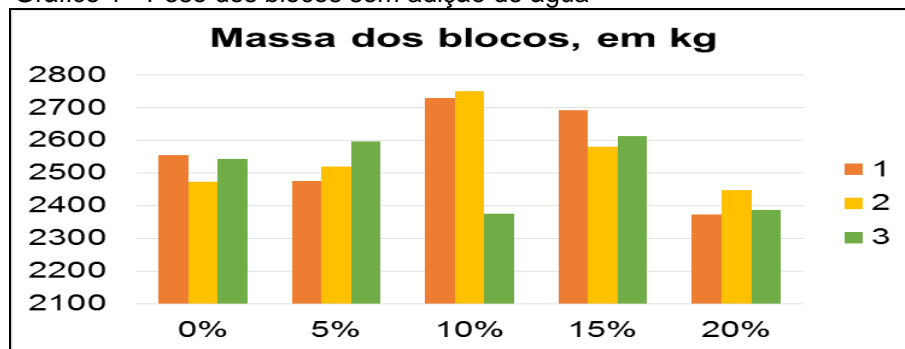
Fonte: Elaboração Própria (2017).

Para a massa de blocos secos apresentou o menor valor em 20% com 2373 g e o maior valor obtido foi observado em 10% com 2729 g. O maior peso encontrado nos blocos que foram secos na estufa foi encontrado em 10% com 2648 g e o menor valor foi de 2253 g com 10% de adição de sílica da casca de arroz.

Os blocos úmidos tiveram o maior valor e o menor valor foram encontrados em 10% com 2887 g e 2484 g, respectivamente.

Destaca-se, no Gráfico 1, que em massa de blocos secos o maior valor ocorreu em 10% com 2729 g e o menor valor foi observado em 20% com 2373 g.

Gráfico 1 - Peso dos blocos sem adição de água

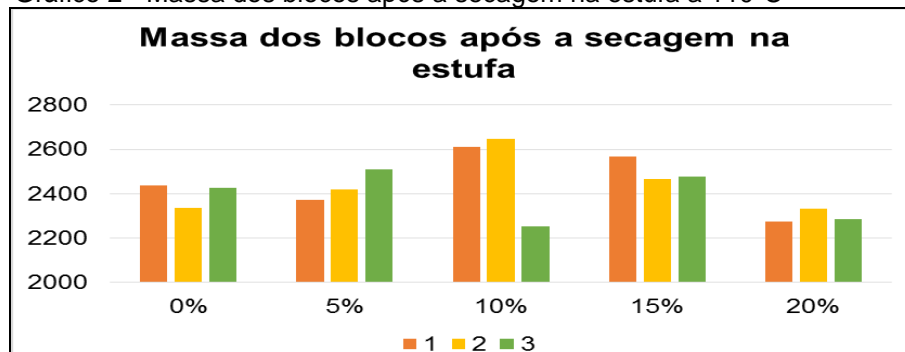


Fonte: Elaboração Própria (2017).

Assim, no Gráfico 1, a maior variação de peso ocorreu na adição de 10% de sílica de casca de arroz, no entanto, esse fato não foi acumulativo nas adições de 15% e 20%.

O Gráfico 2 apresenta os resultados obtidos na pesagem dos blocos após a secagem na estufa por um período de 24 horas a 110°C. O maior valor dos blocos que foram secos na estufa foi encontrado em 10% com 2648 g e o menor valor foi de 2253 g com 10% de adição de sílica da casca de arroz.

Gráfico 2 - Massa dos blocos após a secagem na estufa a 110°C

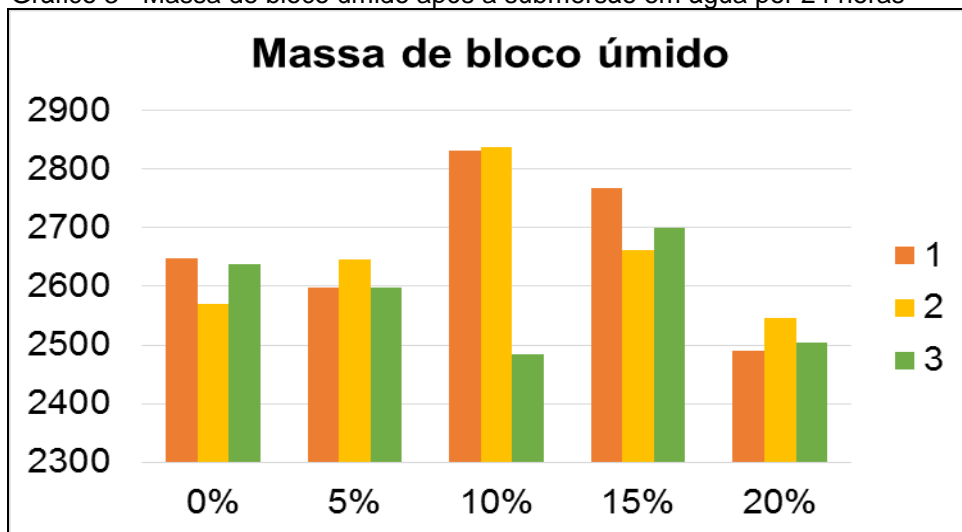


Fonte: Elaboração Própria (2017).

Percebe-se, no Gráfico 2, que a maior diferença também ocorreu na adição de 10% de sílica de casca de arroz. Isso pode significar que o bloco com coproduto a 10% é mais absorutivo do que as demais composições com ou sem sílica de arroz.

O peso dos blocos após a submersão na água potável por 24 horas não tiveram uma variação expressiva, conforme o Gráfico 3. Assim, percebe-se que a adição de sílica de casca de arroz não interfere nas propriedades de absorção do bloco de concreto intertravado.

Gráfico 3 - Massa de bloco úmido após a submersão em água por 24 horas



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Observou-se nos resultados obtidos que os blocos sem adição de sílica da casca de arroz e os blocos com adição de 20% de sílica apresentaram resultados semelhantes mostrando que o bloco com economia de 20% de concreto apresenta características semelhantes aos blocos confeccionados somente com cimento.

Esse fato confirma que os blocos de concreto podem ser confeccionados com coproduto no intuito de reduzir os gastos de material e ainda possibilita um reaproveitamento de um resíduo que geraria impactos negativos no meio ambiente.

De posse dos resultados de absorção dos blocos de concreto com e sem a adição da sílica de casca de arroz queimada, foram realizados os cálculos tanto para absorção individual (EQUAÇÃO 1) quanto para a absorção média a partir da média aritmética das 3 repetições os resultados obtidos são demonstrados abaixo:

$$A = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100\%$$

M1 = Massa do corpo-de-prova seco em estufa (g)

M2 = Massa do corpo-de-prova saturado (g)

A = Absorção de água (%)

Quadro 4 - Índice de absorção dos blocos

ÍNDICE DE ABSORÇÃO (em %)					
Bloco	0%	5%	10%	15%	20%
1	8,66	6,647	8,464	7,752	9,446
2	10,017	9,387	6,231	7,910	9,129
3	8,693	3,385	25,92	8,962	9,584

Fonte: Elaboração Própria (2017).

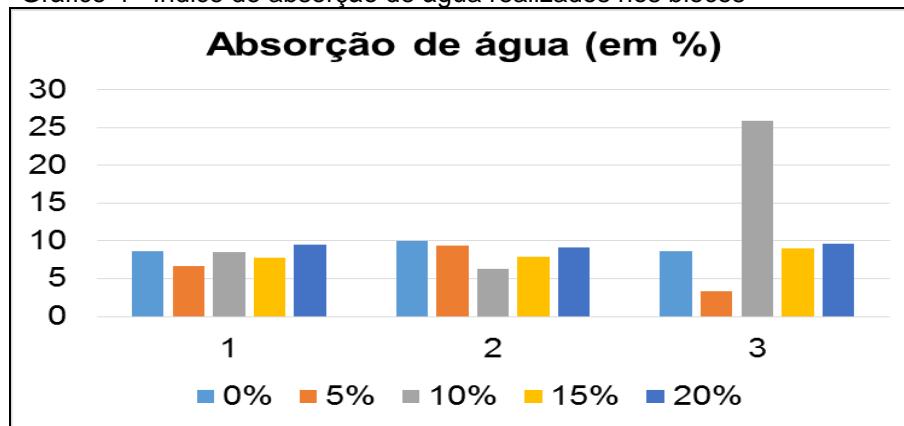
Com relação a percentuais máximos admitidos no ensaio de absorção de água, o valor típico de controle utilizado pelas normas internacionais de blocos para pavimentos é de 6% de absorção. Com relação à norma NBR 12118 (ABNT, 2006), seu limite máximo de absorção é de 10%.

Com isso, observa-se no Gráfico 4 que os blocos de concreto obtiveram um índice de absorção dentro do especificado pelas normas vigentes. No entanto, a porcentagem de 10% de adição de sílica de arroz ultrapassou o limite de 10% de absorção já que seu índice corresponde a 25,92% no corpo de prova 3.

Esse fato pode ter ocorrido porque nessa peça pode ter havido a presença de alguns espaços vazios na peça de concreto que favoreceram a absorção maior de água pela peça de concreto.

Marton et al. (2013) observou que os valores encontrados nos traços com a adição da sílica de casca de arroz apresentam uma absorção menor que o traço sem adição, com exceção do traço com substituição de 10% de cimento por 10% de sílica em massa, também observou-se uma menor absorção e por consequência um menor índice de vazios no traço onde ocorreu uma substituição de 10% de cimento por 5% de sílica em relação à massa total do traço, onde deve ter ocorrido um melhor empacotamento entre a sílica, o cimento e os agregados.

Gráfico 4 - Índice de absorção de água realizados nos blocos



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Os resultados dos índices de absorção de água indicam que os blocos de concreto foram bem compactados quando foram confeccionados mostrando a existência de uma pequena quantidade de vazios dentro da peça, indicativo de resistência e alto consumo de cimento. Apesar que os blocos com diferentes adições de sílica de arroz também tiveram um bom desempenho no teste de absorção mesmo com uma quantidade reduzida de cimento.

Um aspecto importante na adição de sílica de casca de arroz na confecção de blocos de concreto foi a alteração da coloração das peças. À medida que foi adicionado uma porcentagem maior de coproduto a peça de concreto foi adquirindo uma coloração mais escura que a peça sem adição de coproduto, resultado da coloração escura da sílica quando queimada, conforme mostra a Figura 21.

Figura 21 - Diferença de coloração dos blocos com as diferentes proporções de sílica



Fonte: Arquivo Próprio (2017).

Desse modo, observou-se que o uso de sílica de casca de arroz como coproduto na fabricação de blocos de concreto não altera de forma significativa a propriedade de absorção de água no concreto.

5.2 COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS BLOCOS DE CONCRETO INTERTRAVADO COM E SEM ADIÇÃO DE COPRODUTO

Foi gasto com material para a fabricação dos 100 blocos de concreto um total de R\$217,00 para comprar um saco de cimento (R\$26,00), 2,5 carrinhos de areia grossa (R\$ 10,00), um carrinho de brita (R\$6,00), diária para confecção dos blocos (R\$170,00) e óleo (R\$5,00).

Desse total, gastou-se R\$43,40 por traço, já que foram realizados 5 traços para a confecção dos 100 blocos de concreto.

Com base no valor do saco de cimento (R\$26,00) e na quantidade presente em cada saco de cimento (50 kg) obteve-se o valor de cada quilo de cimento que corresponde a R\$ 0,52 centavos. Assim, realizou-se a análise do valor de cada tipo de bloco conforme a porcentagem de sílica da casca de arroz, apresentados no Quadro 4.

Quadro 5 - Cálculos do valor econômico de cada tipo de bloco

TRAÇO	CÁLCULO	VALOR DE 20 BLOCOS	VALOR DE 3 BLOCOS
Traço 0%	10 kg x 0,52	R\$ 5,20	R\$ 0,78
Traço 5%	9,5 kg x 0,52	R\$ 4,94	R\$ 0,74
Traço 10%	9 kg x 0,52	R\$ 4,68	R\$ 0,70
Traço 15%	8,5 kg x 0,52	R\$ 4,42	R\$ 0,66
Traço 20%	8 kg x 0,52	R\$ 4,16	R\$ 0,62
TOTAL	45 kg	R\$ 23,40	R\$ 3,50

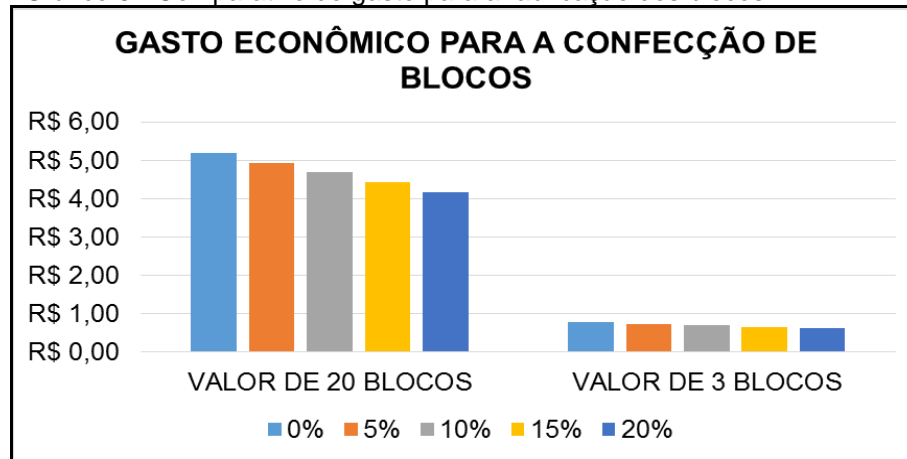
Fonte: Elaboração Própria (2017).

Com base nos dados do Quadro 4 identificou-se que à medida que a quantidade de cimento era substituída por sílica da casca de arroz o valor econômico da confecção dos blocos era reduzido. A diferença entre a confecção de 3 blocos com 0% de adição e o bloco com 20% de adição foi de R\$ 0,16 centavos a cada 3 peças. Comparando-se a confecção de 20 blocos a diferença foi de R\$1,04.

Além do ganho ambiental por utilizarmos um resíduo industrial no concreto temos um ganho econômico nos concretos produzidos com a sílica de

casca de arroz. No primeiro momento pode parecer pouco, mas em uma confecção de grande escala o valor pode ser muito, gerando uma economia considerável da confecção dos blocos, como observa-se no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Comparativo do gasto para a fabricação dos blocos



Fonte: Elaboração Própria (2017).

Para a confecção de 1 m² de blocos intertravados são utilizados 50 blocos então, para 200 m² com blocos sem adição de coproduto gasta-se R\$13,00, enquanto o gasto com blocos de 20% de adição de coproduto o gasto é de R\$10,83. À medida que foi reduzindo a proporção de cimento e aumentando a proporção de sílica de casca de arroz, observou-se uma redução no gasto para a confecção dos blocos uma vez que a sílica utilizada nesse trabalho não foi comprada, mas sim doada. Quando há um aumento da quantidade de blocos confeccionados a economia é ainda mais significativa.

A Figura 16 apresenta os resíduos de casca de arroz que são comumente empregadas como fonte de energia e o resíduo final, utilizado neste trabalho, são normalmente depositadas em aterros e devido à sua natureza, incorporam a cinza ao produto, criando, assim, um problema ambiental de poluição do solo, do ar e de rios e córregos.

Por isso a importância de utilizar esses coprodutos na construção civil, uma vez que a mesma consome muitos recursos naturais, o reaproveitamento pode ser uma alternativa de grande impacto na sustentabilidade aplicada à construção civil, além de permitir melhor desempenho e durabilidade aos compósitos cimentícios e redução de custos.

É fundamental que as empresas se conscientizem de que a geração de grandes quantidades de resíduos industriais gera custos, pois requer seu tratamento e disposição em locais apropriados e busquem opções para diminuir os custos, visando a redução dos impactos ambientais e o aumento da credibilidade perante o mercado consumidor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível afirmar que é necessário ampliar ainda mais o conhecimento sobre o comportamento de coprodutos incorporados na produção de novos concretos. Com o objetivo de ampliar o conhecimento nesse sentido, este trabalho avaliou a absorção de blocos de concreto para pavimentação intertravado fabricados com diferentes teores de incorporação sílica de casca de arroz.

As dosagens de blocos tiveram absorção menor que o limite máximo de 10% prescrito na NBR 12118 (ABNT, 2006), que se refere aos blocos de concreto para alvenaria.

Os resultados da absorção dos blocos não tiveram grandes variações à medida que foram aumentadas as porcentagens de sílica de casca de arroz em substituição ao cimento.

Desse modo, a utilização de resíduos em materiais cimentícios, tem sido desenvolvida para melhorar a qualidade ambiental, diminuindo os resíduos gerados.

Com isso, observou que os blocos intertravados de concreto não tiveram a sua trabalhabilidade comprometida com a adição de resíduos na sua confecção. Dessa forma, as propriedades de infiltração permaneceram semelhantes aos blocos de concreto confeccionados sem a adição sílica de casca de arroz.

Além disso, verificou-se uma redução na elaboração do custo dos blocos intertravados com adição de sílica de casca de arroz ficando evidente que o emprego de coproduto permite maior eficiência da relação custo/resistência, além de colaborar nas práticas de desenvolvimento sustentável aplicadas à construção civil.

Observou-se que os blocos intertravados de concreto resultantes têm grande potencial para serem empregados em calçadas, ruas de baixo movimento e em condomínios, aumentando a absorção das águas pluviais pelo solo, evitando com isso a impermeabilização e favorecendo a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 36p.

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Execução e manutenção de pavimento intertravado.** 2013. Disponível em: <<http://www.rpu.org.br/>>. Acesso em 12 set. 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207:** Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982. 3p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953:** Pavimento intertravado com peças de concreto - Execução. Rio de Janeiro, 2011. 18p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781:** Método de determinação da resistência à compressão de peças pré-moldadas de concreto destinadas à pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamento ou similares. Rio de Janeiro, 2013. 27p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015. 162p.

BORGES, J. G. K. **Análise das propriedades acústicas de contrapisos produzidos com materiais reciclados.** 2015. 125f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade do Vale do Rio Sinos, São Leopoldo, 2015.

CALHEIRO, D. **Influência do uso de aditivos na moagem de cinzas de casca de arroz para sua adequação como coproduto.** 2011. 99f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade do Vale do Rio Sinos, São Leopoldo, 2011.

CURRY, A. **Império romano: fronteiras do passado.** 2012. Disponível em: <<http://www.ronaldomansur.com.br/>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

DEUS, E. **Tocantins ultrapassa quatro milhões de toneladas de grãos na safra 2014/2015.** 2015. Disponível em: <<http://seagro.to.gov.br/>>. Acesso em: 17 out. 2016.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes. Projeto de norma e manuais. 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 27 set. 2016.

FEBESTRAL. **Les Revêtements Drainants**. 2005. Disponível em: <<http://www.febestral.be>>. Acesso em: 18 set. 2016.

FERGUSON, B. K. **Porous Pavements**. Integrative Studies in Water Management and Land Development. Florida, 2005.

FERNANDES, I. **Blocos e pavers produção e controle de qualidade**. São Paulo, 2013.

FIORITI, Cesar F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 2007.

G1. **Tocantins ocupa o terceiro lugar na produção de arroz irrigado do país**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/>>. Acesso em: 17 out. 2016.

GOMES, C. M. G.; MARTON, L. F. Concreto de cimento Portland tipo III e sílica da casca do arroz (sca): uma contribuição à sustentabilidade. **Anais do 57º Congresso Brasileiro de Concreto. IBRACON, 2015**.

GONÇALVES, A. B.; OLIVEIRA, R. H. **Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem**. 2014. 12p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

HOOD, Rogério S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 2006, 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ICPI - INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE. **Structural design of interlocking concrete pavement for roads and parking lots**. 2011. Disponível em: <<http://www.icpi.org/techspec/1027/display/?key=1185>>. Acesso em: 13 set. 2016.

INTERPAVE. **Permeable pavements: Guide to design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements**. Publicação L534:L217. Ed. 5. Leicester, 2008.

JORDAO, C. et al. **Utilização de argamassa industrializada na construção civil**. 2015. Disponível em: <<http://www.maxcon.ind.br/arquivos/Folder-CiiCOC.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2016.

MARTINS, R. M. **Análise da capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto**. 2014. 49f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

MARTON, L. F. M. et al. **Avaliação da utilização em pisos intertravados da sílica de casca de arroz obtida através da combustão em leito fluidizado**. **Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON, 2013**. 10p.

MULLER, R. M. **Avaliação de transmissão de esforços em pavimentos intertravados de blocos de concreto**. 2005. 256f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NASCIMENTO, M. V. L. A. **Estudos de blocos intertravados de concreto para pavimentação com incorporação de resíduo do polimento do porcelanato.** 2016. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, 2016.

POUEY, Maria Tereza Fernandes. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico.** 2006. 316 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PURIFICAÇÃO, E. B. **Estudo do uso de agregados reciclados de concreto e substituição do cimento por resíduo de polimento de porcelanato na produção de piso intertravado de concreto.** 2009. 103F. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANSALONE, J.; KUANG, X.; YING, G.; RANIERI, V. Filtration and clogging of permeable pavement loaded by urban drainage. **Water Res.**, v. 46, n. 20, p. 673-674. 2012.

SOUZA, M. L. **Pavimentação Rodoviária.** Rio de Janeiro: DNER, 1980. 361p.

WIEBBELLING, F. O. G. **Pavimento com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na UNIVATES.** 2015. 73f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2015.

ZUBAIDI, R. A. L. et al. Effects of adding brass byproduct on the basics properties of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 38, p. 236-241, 2013.