

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

KAIO CRISTIAN DA COSTA RIBEIRO

**VIABILIDADE DO BLOQUETE ECOLÓGICO FEITO POR UMA
FORMA MANUAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2016

KAIO CRISTIAN DA COSTA RIBEIRO

**VIABILIDADE DO BLOQUETE ECOLÓGICO FEITO POR UMA
FORMA MANUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico da Mecânica – DAMEC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Celso Naves De Souza.

CORNÉLIO PROCÓPIO
2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento de Engenharia Mecânica -
DAMEC



FOLHA DE APROVAÇÃO

Kaio Cristian Da Costa Ribeiro

Viabilidade do Bloquete Ecológico feito por uma forma manual

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica no programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dr(a). Celso Naves De Souza - Presidente (Orientador)

Prof(a). Dr(a). Edson Hideki Koroishi (Membro)

Prof(a). Dr(a). João Roberto Sartori Moreno- (Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha Família, ao meu padrinho José Brunherotto por todos os conselhos e apoio durante minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus pela sabedoria e dom da vida oferecida a cada ser vivo nesse Planeta. Obrigado ainda Deus por toda proteção e livrai-nos de todo mal, hoje e para sempre.

A minha Mãe Maria Elena da Costa detentora do símbolo de Pai e Mãe de toda a família Costa. As minhas irmãs Enfermeira Karina da Costa Brunherotto, Doutoranda Camila da Costa Ribeiro e Gabrielly Fernanda de Oliveira Santo, por todas as recepções e reuniões nos finais de semana que eu tive o prazer de estar presente.

Agradeço em especial ao meu Padrinho Engenheiro José Brunherotto detentor do título de apoiador e incentivador ao estudo de toda minha família.

Agradeço a minha namorada Karolaine Rosa e toda sua família por me acolher e receber tão bem em sua casa.

Agradeço também a banca avaliadora Professor Doutor João Roberto Sartori Moreno e Professor Doutor Edson Hideki Koroishi pela presença e apoio nesse dia que realizo meu sonho de me tornar Bacharel em Engenharia Mecânica.

Agradeço ao meu Orientador Professor Doutor Celso Naves de Souza por toda ajuda e conselhos com o presente Trabalho de Conclusão de Curso e também por futuros projetos desenvolvidos juntos.

Sou grato ao Brasil que acredita na educação e possibilita ao acesso de ensino superior de qualidade a milhares de brasileiros e brasileiras.

Gostaria de agradecer também aos meus amigos ainda presentes do Colégio Técnico Industrial Prof Isaac Portal Roldan, Campus Bauru. Aos amigos e amigas da Engenharia Mecânica com ingresso no segundo período do ano 2011 que tive o prazer de conviver durante toda a graduação. E também a todos os demais estudantes de Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Cornélio Procópio que tive o prazer de conhecer no decorrer do curso.

Encerro meus agradecimentos com um até breve, fique com Deus, muito sucesso para todos Nós. Trabalhem firme e sejam acima de tudo justos e honestos.

“Foco, Força e Fé – 3F’s”
Projota

RESUMO

RIBEIRO, K. C. C. **Viabilidade do bloquete ecológico feito por uma forma manual**. 2016. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

A forma de pavimentação por blocos intertravados são rotineiramente utilizadas em pátios, garagens, praças, calçadas, por ser de fácil aplicação, oferecer uma estética melhor, apresentar abrasividade e possuir preço atrativo. Analisando somente essas características já justificaria sua utilização. Somando a permeabilidade a essas características já presente no Bloquete Retangular convencional, a pavimentação através do bloco com corpo permeável tornasse a principal diferenciação do produto, visto que os blocos convencionalmente utilizados são impermeáveis. Para oferecer a propriedade de permeabilidade ao concreto são utilizados agregados graúdos em forma de britas com diferentes granulometria, a partir disso foram estudados materiais ecológicos resultantes de resíduos sólidos de construções e demolição para ocupar o lugar das britas. Finalmente foram discutidos os resultados e apontados sua viabilidade, vantagens e desvantagens.

Palavras-chave: abrasivos, Bloquete Retangular, concreto permeável, resíduos sólidos de construção e demolição.

ABSTRACT

RIBEIRO, K. C. C. **Viability of ecological bloquete done by manually.** 2016. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

The form of paving blocks interlocking are routinely used in patios, garages, plazas, sidewalks, being easy to use, provide better aesthetics, present abrasiveness and have attractive price. Analyzing only these features would justify its use. Adding the permeability characteristics to those already present in conventional rectangular Bloquete, the paving block through the permeable body to become the main product differentiation, whereas conventionally used blocks are waterproof. To provide the permeability property to the concrete are used coarse aggregates in the form of crushed rock with different grain size, from this ecological materials from solid waste construction and demolition have been designed to take the place of crushed rock. Finally we discussed the results and pointed out its feasibility, advantages and disadvantages.

Keywords: abrasive, Bloquete rectangular, permeable concrete, solid waste from construction and demolition.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- BLOQUETE RETANGULAR.....	16
FIGURA 2- ILUSTRAÇÃO DA PAVIMENTAÇÃO POR ASFALTO COMUM IMPERMEÁVEL ONDE NOTASSE O ACUMULO DE ÁGUA E PAVIMENTAÇÃO POR CONCRETO PERMEÁVEL.	17
FIGURA 3- ILUSTRAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL, ONDE NOTASSE OS VAZIOS INTERNOS PRESENTES NO CORPO DO CONCRETO (CP).	18
FIGURA 4- SOLO DIVIDIDO EM CAMADAS QUE RECEBERA O CONCRETO PERMEÁVEL (CP). SOLO DIVIDIDO EM CAMADAS QUE RECEBERA O CONCRETO PERMEÁVEL (CP).....	19
FIGURA 5- REPRESENTAÇÃO DO ROLO COM ARESTA CORTANTE QUE DIVIDE A PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL, CONTRIBUINDO ASSIM COM REPAROS E MANUTENÇÃO DA VIA.	20
FIGURA 6- CLÍNQUER UTILIZADO PARA A FABRICAÇÃO DO CIMENTO.	22
FIGURA 7- REPRESENTAÇÃO DA BRITA 0,1,2 E 3.....	24
FIGURA 8- REPRESENTAÇÃO DOS MOLDES.....	24
FIGURA 9- RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO ANALISADOS.	26
FIGURA 10- PERMEÂMETRO, INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO DA PERMEABILIDADE.....	28
FIGURA 11- MISTURA BASE DO CONCRETO PERMEÁVEL.	32
FIGURA 12- ETAPA DE CURA DO CONCRETO PERMEÁVEL.	33
FIGURA 13- ILUSTRAÇÃO DO PRIMEIRO CORPO DE PROVA. NÃO FOI OBSERVADO VISUALMENTE CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDADE.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- CLASSIFICAÇÃO DA BRITA.	23
TABELA 2- CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....	27
TABELA 3- CIMENTO PORTLAND.	29
TABELA 4- PRIMEIRA FRETE DE ESTUDO.	30
TABELA 5- SEGUNDA FRETE DE ESTUDO.....	30
TABELA 6- TERCEIRA FRETE DE ESTUDO.	31
TABELA 7- VIABILIDADE DO BLOQUETE RETANGULAR FEITO POR RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.	34
TABELA 8- ANÁLISE DOS CUSTOS DE FABRICAÇÃO.	35
TABELA 9- QUANTIDADE/PROPORÇÃO PARA FABRICAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a/c	Relação água - cimento
ABESC	Associação brasileira das empresas de serviços de concretagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
BR	Bloquete Retangular ou Bloco
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Concreto Permeável
NBR	Norma Brasileira Registrada
N_{BR}	Número de Bloquete Retangular
PVC	Policloreto de Vinila
RSCD	Resíduos Sólidos de Construção e Demolição
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral.....	13
1.2.2	Objetivo específico	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	BLOQUETE RETANGULAR	15
2.2	CONCRETO PERMEÁVEL.....	17
2.3	APLICAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL.....	19
2.4	CIMENTO PORTLAND	21
2.5	AGREGADO	22
2.6	MOLDE	24
2.7	RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	25
2.8	PERMEABILIDADE.....	27
3	METODOLOGIA	29
4	ANÁLISE E DISCUSSÕES.....	34
5	CONCLUSÃO	38
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	38
6	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas nosso país esteve diante de grandes casos de alagamentos, desmoronamentos e enchentes. Isso são reflexos do grande avanço demográfico da população, do mau planejamento das vias e construções de imóveis em áreas de riscos, e do mau escoamento e falta de planos de contenção da água advinda de precipitações.

Com isso quem perde não são somente as pessoas diretamente ou indiretamente ligadas, por exemplo, com casos de enchentes, mas sim a cidade como um todo, que fica a mercê e na esperança de atitudes da secretaria de obras para conter o excesso da água decorrente de grandes volumes de chuvas.

Com base na planilha orçamentaria do município de Indaial, estado de Santa Catarina, o preço da pavimentação asfáltica varia de R\$ 50,19, a R\$ 98,78, o metro quadrado de pavimentação asfáltica onde o mesmo apresenta como característica ser impermeável.

O pavimento de uma via muitas vezes precisa ser refeito ou reparado diante do grande fluxo de carga oriundos de veículos pesados e/ou aliados com o grandes volumes de chuvas. O que acaba resultando transtornos para a população que utiliza a via e para o município que precisará reparar os danos nas vias afetadas.

Uma alternativa que nesse presente trabalho será tratada é a utilização de pavimentação permeável. A pavimentação permeável tem como característica a drenagem da água, o que resultaria na diminuição expressiva de casos como enchente e alagamento. Além de ser um reforço considerável para a reposição dos aquíferos, visto que uma vez a água em contato com a terra em média 72 horas após, a mesma água alcança o aquífero.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho parte da iniciativa de buscar novas formas de pavimentação permeável utilizando materiais ecológicos.

Diante de diversas maneiras de pavimentação, foi escolhida a pavimentação utilizando Bloquete Retangular ou Bloco intertravados.

O Bloquete Retangular por característica comum é feito por concreto impermeável Intertravados entre si, deixando um espaço entre os blocos por onde há uma modesta permeabilidade. O objetivo será aumentar a área de absorção do bloco. Para isso o material base para fabricar o bloco sextavado foi o concreto permeável feito utilizando Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RSCD).

Pavimentar utilizando blocos tem como principais vantagens o baixo custo com mão de obra, ser abrasivo, fácil aplicação e não precisar de um tempo de secagem para utilizar como é visto na pavimentação asfáltica.

1.2 OBJETIVOS

A seguir encontrasse listados os objetivos norteadores do presente trabalho de conclusão de curso.

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar o concreto permeável feito através da substituição do agregado em forma de brita, por resíduos sólidos de construção e demolição, apontar as vantagens e desvantagens na sua utilização e fabricar o molde retangular.

1.2.2 Objetivo específico

Como objetivos específicos pode-se citar:

- Revisão e estudo sobre concreto permeável.

- Estudo da implementação de novos agregados ecológicos alternativos ao concreto permeável do Bloco.
- Escolha da forma manual.
- Discutir a viabilidade do uso de resíduos sólidos de construção e demolição na fabricação do concreto permeável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A proposta deste trabalho é escolher um material ecológico para o estudo da viabilidade do Bloquete Retangular como forma de pavimentação, tendo como principal diferenciação de produto final sua permeabilidade.

2.1 BLOQUETE RETANGULAR

O Bloquete Retangular (BR) também conhecido como Blocos, é uma forma de pavimentação por pisos Intertravados verticalmente muito utilizados em praças públicas, estacionamentos, indústrias, jardins, quintais, áreas de acesso á piscina e garagens, pátios, etc...

Os Blocos permite uma redução do custo de mão-de-obra, por ser de fácil instalação e não requerer secagem posterior. Terminando o assentamento dos blocos já pode ser utilizado. Deve-se ter o devido cuidado apenas no assentamento do bloco, onde se faz necessário uma camada de areia grossa de em media 4 *cm* corretamente nivelada e também uma camada de britas compactadas. Após esses cuidados o bloco poderá ser assentado. O Bloquete Retangular e o mesmo já assentado estão ilustrados na figura 1.

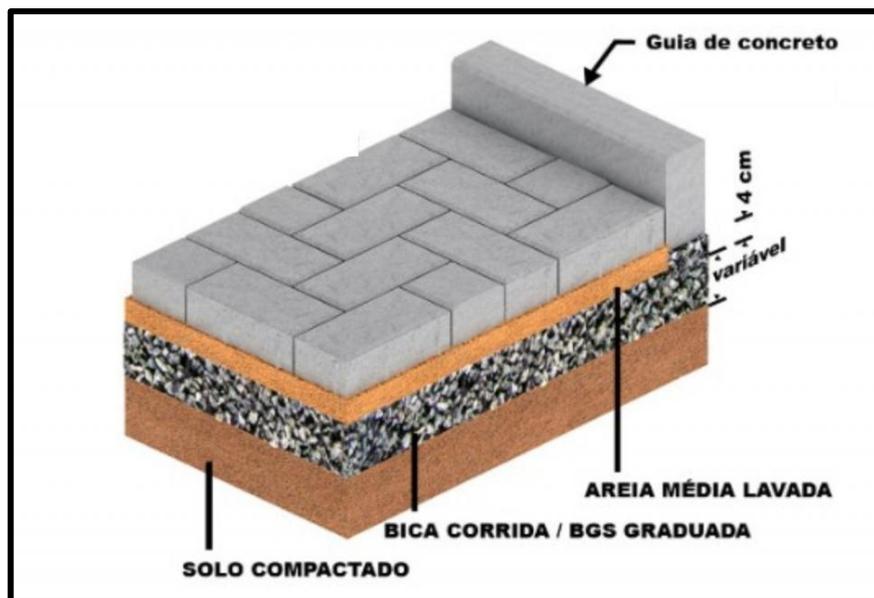


Figura 1- Bloquete Retangular.
 Fonte: Retirado do site Rhino Pisos(2016).

A pavimentação utilizando Bloquete tem como vantagens as resistências à compressão, à abrasão e à ação de agentes agressivos, além de característica como, a permeabilidade, a flexibilidade e antiderrapante (17º CONCURSO FALCÃO BAUER, 2010).

A permeabilidade do Bloquete não é observada na superfície do bloco, mas sim nas junções entre os mesmo. Nessas junções é unicamente o ponto onde ocorre o escoamento da água para o subsolo.

Comparando as formas de pavimentações asfáltica comum e Bloquete Retangular (feito por concreto permeável), a principal diferenciação tratada nesse estudo será a permeabilidade. O asfalto tem por característica ser impermeável, o que impede a água quando em contato com o mesmo de seguir seu curso natural, voltar ao lençol freático. A figura 2 representa a utilização de duas formas de pavimentação, uma usando asfalto impermeável e outra usando concreto permeável.



**Figura 2- Ilustração da pavimentação por asfalto comum impermeável onde notasse o acúmulo de água e pavimentação por concreto permeável.
Fonte: Retirado do site Pervious Concrete Pavement(2011).**

Em áreas urbanas observasse cada vez mais recorrentes casos de enchentes, este fato é observado devido à ausência na drenagem dos solos cobertos por pavimentação asfáltica e o insuficiente/ineficiente serviço de drenagem público (bueiros, e piscinões construídos na tentativa de diminuir o impacto de alagamentos).

Notasse nesse contexto a viabilidade no uso do Bloquete Retangular permeável como principal meio de pavimentação; são economicamente viáveis comparados ao benefício da ausência de problemas com enchentes, além de ser ambientalmente correto por favorecer o fluxo natural da água.

2.2 CONCRETO PERMEÁVEL

Concreto permeável (CP) é um tipo de concreto com elevado índice de vazios interligados entre os materiais da liga. Ele é preferencialmente preparado com pouca ou nenhuma areia, o que permite a desobstrução dos vazios permitindo a passagem de grandes volumes de água, além dos agregados, aglomerantes

(cimento Portland), aditivos e pouca água. Quando utilizado na pavimentação externa, captura a água da chuva e permite que a mesma se infiltre diretamente no solo, aliviando, o sistema público de drenagem (bueiros, valas, piscinões) (CASAE, 2015).

A aplicação do CP pode contribuir com a recuperação dos aquíferos, reduzir a velocidade e o volume do escoamento superficial das águas precipitadas na forma de chuva.

O concreto usado como pavimento permeável é composto por cimento Portland, agregado graúdo e pouco (ou nenhum agregado miúdo), aditivos e pouca água. Sendo que na maioria das vezes o cimento Portland já possui os aditivos.

A combinação desses componentes cria um concreto cuja quantidade de vazios (entre 2 e 8 *mm*) permite que a água escoe com facilidade. Conforme visto na figura 3. A quantidade de vazios pode variar entre 18 e 35 %, com uma resistência à compressão que varia entre 2,5 e 28 *MPa*. (ABESC, 2015).



Figura 3- Ilustração do Concreto Permeável, onde notasse os vazios internos presentes no corpo do concreto (CP).

Fonte: Retirado do site Archi Products(2016).

A quantidade de água que escoa por esse concreto também pode variar em função do tamanho do agregado graúdo e da massa específica do concreto, mas frequentemente está entre 80 e 730 litros de água/minuto/*m*². (ABESC, 2015).

Os agregados estão ligados a granulometria (agregado graúdo e pouco/nenhum agregado miúdo) e aglomerante (observasse como o principal representante o cimento Portland), unindo-os na proporção correta, e misturando da maneira indicada no presente trabalho, fornecem os veios por onde escoara a água posta em contato com o concreto permeável.

2.3 APLICAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL

A utilização do concreto permeável requer alguns cuidados e preparos do subsolo onde será depositado o mesmo. Essas atenções estão nas camadas onde haverá o acúmulo e depósito da água infiltrada onde posteriormente será encaminhada para o sistema de drenagem público (bueiro e esgoto) ou encaminhada para nascentes dos rios. A figura 4 representa as camadas que receberá por fim o concreto permeável.

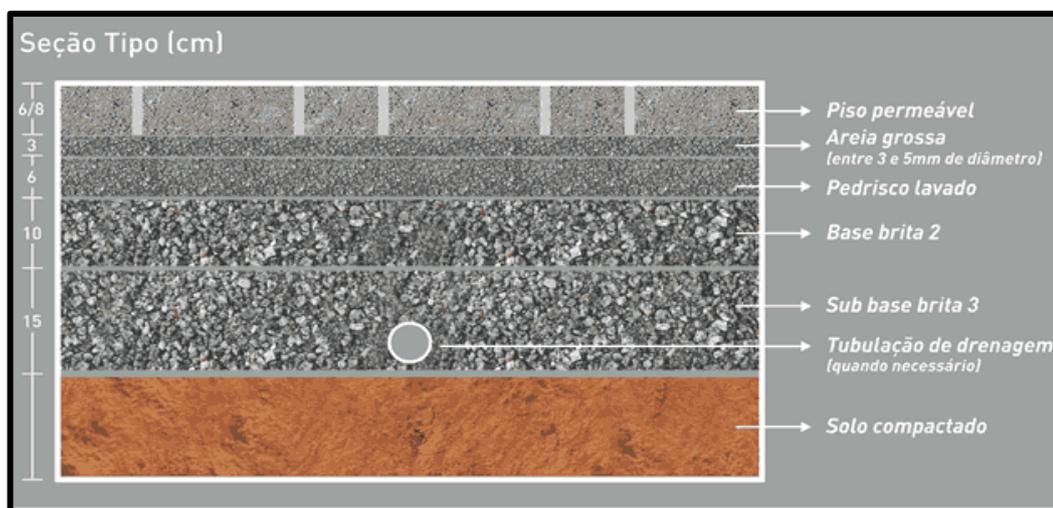


Figura 4- Solo dividido em camadas que receberá o Concreto Permeável (CP). Solo dividido em camadas que receberá o Concreto Permeável (CP).

Fonte: Retirado do site Rhino Pisos(2016).

Essa mesma água acumulada nas camadas inferiores poderá sofrer o caminho inverso da permeabilidade e formar poças de água sob o a pavimentação por concreto permeável se os vazios presentes no CP estiverem obstruídos por

sujeiras, ou também caso o sistema de drenagem publica não for suficiente para comportar o grande volume de água infiltrada. Para sanar o problema oriundo do entupimento dos veios do CP, devesse identificar qual bloco de pavimentação permeável apresenta formação de poça de água, identificado o mesmo bloco devera ser virado, ou seja, onde antes inicialmente estava em contato com o ar atmosférico passara estar em contato com as camadas inferiores de preparo do CP. Agindo dessa maneira na próxima vez que o concreto exercer sua função de permissividade a sujeira presente nos vazios será eliminadas das placas de pavimentação permeável.

Em razão desse giro nas placas de concreto permeável, a pavimentação deverá ter no máximo 6 metros de comprimento e sua altura variara de acordo com a carga de esforços que o concreto sofrera.

Os cortes dessas placas ocorrem de maneira similar ao de uma pizza, onde um rolo com uma aresta cortante ao centro separara os blocos de pavimentação por concreto permeável. Esse corte ocorre ainda com o concreto fresco. A figura 5 representa o rolo com aresta cortante que separa as placas de pavimentação.



**Figura 5- Representação do rolo com aresta cortante que divide a pavimentação de Concreto Permeável, contribuindo assim com reparos e manutenção da via.
Fonte: Retirado do site Pervious Concrete Pavement(2011).**

A forma de pavimentação por placas facilita a manutenção e reparo do pavimento defeituoso, diminuindo a parada obrigatória para concerto da via.

2.4 CIMENTO PORTLAND

Segundo Bastos (2006, p. 3) o cimento Portland (principal aglomerante que combinado com outros compostos já citados garante a permeabilidade do concreto), tal como hoje mundialmente conhecido, foi descoberto na Inglaterra por volta do ano de 1824, e a produção industrial foi iniciada após o ano de 1850.

“O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais (ABCP, 2002). O cimento é o principal elemento dos concretos e é o responsável pela transformação da mistura de materiais que compõem o concreto no produto final desejado.” (BASTOS, 2006, p. 3)

Na composição do cimento é encontrado clínquer e adições, sendo o clínquer o principal componente, presente em todos os tipos de cimento. O clínquer tem como matérias-primas básicas o calcário e a argila. A propriedade básica do clínquer é sua característica de ligante hidráulico, que endurece em contato com a água. Podemos observar o clínquer na figura 6.



Figura 6- Clínquer utilizado para a fabricação do cimento.
Fonte: Retirado do site Ecivil(2011).

“Para a fabricação do clínquer, a rocha calcária inicialmente britada e moída é misturada com a argila moída. A mistura é submetida a um calor intenso de até 1450°C e então bruscamente resfriadas, formando pelotas (o clínquer). Após processo de moagem, o clínquer transforma-se em pó. As adições são matérias-primas misturadas ao clínquer no processo de moagem, e são elas que definem as propriedades dos diferentes tipos de cimento. As principais adições são o gesso, as escórias de alto-forno, e os materiais pozolânicos e carbonáticos.” (BASTOS, 2006, p.3).

A título de curiosidade os cimentos produzidos no Brasil diferem em função da sua composição, Bastos (2006, p. 3) cita “o cimento Portland comum, o composto, o de alto-forno, o pozolânico, o de alta resistência inicial, o resistente a sulfatos, o branco e o de baixo calor de hidratação”. (BASTOS, 2006, p.3).

2.5 AGREGADO

Por Assunção (2009) é de extrema importância “o estudo dos agregados na fabricação do concreto e das argamassas, uma vez que é o material menos homogêneo utilizado, constitui de 70 a 80% do volume do concreto e representam cerca de 20% do custo do concreto estrutural” (ASSUNÇÃO, 2009, p.4).

“Agregado é um material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de mistura de partículas de diversos tamanhos. Classificam-se segundo a origem, as dimensões das partículas e o peso específico aparente.” (ASSUNÇÃO, 2009, p.4).

Assunção (2009) ainda cita que o agregado quanto à origem, dividem-se em naturais e industrializados. Os agregados naturais são encontrados em forma particulada na natureza, como areia e cascalho; e os agregados são industrializados, cuja composição particulada é obtida por processos industriais, como rocha e escória de alto forno. (ASSUNÇÃO, 2009, p.4).

Já Bastos (2006) relata que “os agregados podem ser definidos como os “materiais granulosos e inertes que entram na composição das argamassas e concretos” (BAUER, 1979)”. E ainda ressalta que, “são muito importantes no concreto porque cerca de 70% da sua composição é constituída pelos agregados, e são os materiais de menor custo nos concretos”. (BASTOS, 2006, p.5)

Segundo as dimensões dos particulados o agregado é dividido em miúdo, como por exemplo, as areias, e graúdo, como as pedras ou britas. O agregado graúdo brita é classificado quanto ao seu diâmetro conforme representada na tabela 1. A ilustração da brita está representada na figura 7.

Tabela 1- Classificação da brita.

Classificação da brita quanto ao seu diâmetro	
Brita 0 4,8 a 9,5 mm	Brita 1 9,5 a 19 mm
Brita 2 19 a 38 mm	Brita 3 38 a 76 mm
Pedra de mão Maior que 76 mm	

Fonte: BASTOS (2006, p. 5).

Os agregados segundo Assunção (2009) são aplicados na fabricação de concretos e argamassas, e quando unido com um aglomerante, constituído por uma

pasta de cimento Portland e água, formam uma rocha artificial, vastamente utilizado na construção civil (em lajes, vigas, pilares e sapatas). (ASSUNÇÃO, 2009, p. 4).

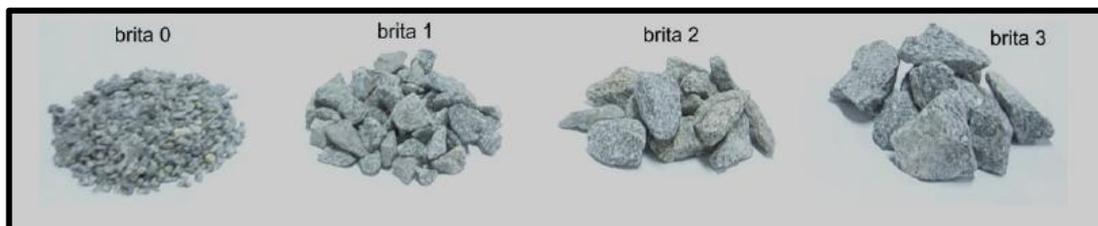


Figura 7- Representação da brita 0,1,2 e 3.

Fonte: ASSUNÇÃO(2009, p. 6)

2.6 MOLDE

No mercado de construção, os moldes mais comumente encontrados são feitos por material metálico ou termoplástico policloreto de vinila (PVC), podendo ter uma, duas, três, quatro ou mais matrizes. Notasse na figura a seguir alguns tipos de moldes na figura 8.



Figura 8- Representação dos moldes.

Fonte: Retirado do site Mercado Livre(2016).

O BR permeável do presente trabalho foi analisado através de uma matriz seguindo as dimensões dos blocos mais comercializados, seguindo as dimensões 10x20x6 *cm*. Entretanto, há infinitas dimensões possíveis para o Bloquete Retangular, dependendo somente da necessidade final do cliente.

A quantidade de peças a ser usada por metro quadrado (m^2) é calculada através da área do Bloquete. Para isso utilizasse a equação:

$$\text{Área} = \text{comprimento (metros)} \times \text{largura (metros)} \quad (1)$$

Ao encontrar a Área de um Bloquete Retangular, basta dividir um metro quadrado pela área encontrada para obter o número de Bloquete Retangular (N_{BR}) por metro quadrado conforme a equação:

$$N_{BR} = 1 \text{ m}^2 / \text{Área}. \quad (2)$$

2.7 RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

No Brasil há desde, 5 de julho de 2002, Conselhos e Leis destinados ao descarte correto de resíduos oriundos da construção e demolição de obras. Podemos citar o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão para esses resíduos, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

A Classificação dos Resíduos da Construção Civil no Brasil é citada por MACHADO, (2015) através da Resolução de número 307 da seguinte forma:

“Resolução CONAMA 307 Art. 3º: Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
II – Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
IV – Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.”

Para efeito de estudo utilizamos como resíduos sólidos de construção e demolição agregados do tipo: blocos de concreto, telhas e tijolos. Conforme facilmente encontrado como RSCD. A figura 9 representa o RSCD discutidos e analisados como nova forma de agregados ecológicos.



Figura 9- Resíduos Sólidos de Construção e Demolição analisados.
Fonte: Autoria Própria.

Para facilitar e classificar os RSCD adotou-se a mesma classificação quanto ao diâmetro utilizada para classificar o agregado na forma de brita. A tabela 2 representa a classificação do novo agregado adotado.

Tabela 2- Classificação dos resíduos sólidos de construção e demolição.

Classificação do RSCD quanto ao seu diâmetro	
RSCD 0 4,8 a 9,5 <i>mm</i>	RSCD 1 9,5 a 19 <i>mm</i>

Fonte: Autoria própria.

2.8 PERMEABILIDADE

A permeabilidade esta ligada diretamente a porosidade que determinado material apresenta. Quanto maior o grau porosidade presente no material maior à capacidade do fluido infiltrar.

Já para o CP apresentar bom caráter de permissividade o uso do agregado miúdo devesse ser reduzida ou simplesmente eliminado da mistura. Assim, garantimos maiores valores de vazios no interior do concreto e assim a água terá baixa resistência facilitando a infiltração pelos veios presentes na mistura base do concreto permeável.

A permeabilidade é aferida pelo instrumento denominado Permeâmetro. Existem dois tipos de Permeâmetro, o primeiro de carga variável e o segundo de carga constante. O Permeâmetro utilizado para medir a condutividade hidráulica de amostras de concreto permeável é do tipo carga variável. A figura 10 ilustra o Permeâmetro.



**Figura 10- Permeâmetro, instrumento de medição da permeabilidade.
Fonte: Adaptado do site Permeabilidade dos Solos(2014).**

3 METODOLOGIA

Para a execução da proposta de estudo foi necessário o conhecimento do comportamento do concreto permeável, direcionando o estudo a sua composição química, no cuidado inerente a porcentagem de utilização de cada componente do CP, qual sua aplicação e seu benefício.

O Cimento Portland de acordo com sua composição e/ou concentração é classificado em 11 tipos. Para o nossa estudo usamos o Cimento Portland Composto CP II-E-32 R é fabricado segundo a Norma Técnica Brasileira NBR 11578/1991. O cimento Portland escolhido para o estudo é representado na tabela 3.

Tabela 3- Cimento Portland.

Cimento Portland Composto CP II-E-32 R	
Composição	Silicatos de cálcio, alumínio e ferro, sulfato de cálcio, filler carbonáticos e escória de alto-forno.
Características	O cimento Portland Composto CP II-E-32 R é fabricado segundo a Norma Técnica Brasileira NBR 11578/1991.
Fabricante	Empresa de cimento

Fonte: Autoria Própria.

Buscou se novos agregados graúdos ecológicos e também uma possível proporção que possa fornecer a permeabilidade ao concreto do bloco.

Também foi adotado/escolhido o molde do Bloquete na forma retangular. Por real interesse no comportamento do concreto mediante o uso de resíduos sólidos de construção e demolição, optou-se pela aquisição do molde. Porém o molde é de fácil projeto e fabricação.

A partir disso, o estudo foi direcionado para três frentes. Sabemos segundo Assunção (2009) e Bastos (2006) que o agregado graúdo corresponde entre 70 a 80% do CP a partir disso fomos trabalhando com essa porcentagem. Nosso corpo

de estudo, Bloquete, terá 6 *cm* de altura, sendo utilizado para confecção do concreto permeável as britas 0 e britas 1.

A primeira frente fixamos o uso da brita 1 (classificada com diâmetros entre 9,5 a 19 *mm*), e fomos variando a utilização dos resíduos sólidos de construção e demolição do tipo 0 com diâmetros variando conforme a brita 0 (brita 0 classificada com diâmetros entre 4,5 a 9,5 *mm*). Partimos do valor mínimo permitido para o CP, 70 %, dividimos entre 35 % de britas 1 (valor fixo) e 35% a 45% de RSCD 0. Respeitando ao final o valor máximo de 80 % de agregados no concreto permeável. Conforme demonstrado na tabela 4.

Tabela 4- Primeira frente de estudo.

Primeira Frente de Estudo				
	RSCD 0	Brita 1	Porcentagem total	Permeável
Combinação A	35 %	35 %	70 %	Sim
Combinação B	40 %	35 %	75 %	Sim
Combinação C	45 %	35 %	80 %	Sim

Fonte: Autoria Própria.

A segunda frente fixamos o uso da brita 0 (classificada com diâmetros entre 4,5 a 9,5 *mm*), e fomos variando a utilização dos resíduos sólidos de construção e demolição do tipo 1 com diâmetros variando conforme a brita 1 (brita 1 classificada com diâmetros entre 9,5 a 19 *mm*). Partimos do valor mínimo permitido para o CP, 70 %, dividimos entre 35 % de britas 0 (valor fixo) e 35% a 45% de RSCD 1. Respeitando ao final o valor máximo de 80 % de agregados no concreto permeável. Conforme demonstrado na tabela 5.

Tabela 5- Segunda frente de estudo.

Segunda Frente de Estudo

	Brita 0	RSCD 1	Porcentagem total	Permeável
Combinação D	35 %	35 %	70 %	Sim
Combinação E	35 %	40 %	75 %	Sim
Combinação F	35 %	45 %	80 %	Sim

Fonte: Autoria Própria.

A terceira frente optou se pela combinação utilizando apenas RSCD para confecção do concreto permeável. Utilizamos a concentração máxima permitida de 80 % de agregados graúdos. A partir dessa escolha, dividimos 40 % de RSCD 0 seguindo diâmetros entre 4,5 a 9,5 *mm*, e 40 % de RSCD 1 seguindo diâmetros entre 9,5 a 19 *mm* de diâmetros. Conforme demonstrado na tabela 6.

Tabela 6- Terceira frente de estudo.

Terceira Frente de Estudo				
	RSCD 0	RSCD 1	Porcentagem total	Permeável
Combinação G	40 %	40 %	80 %	Sim

Fonte: Autoria Própria.

Vale observar que não foi utilizado agregado miúdo (areia) em nenhum dos testes. A areia ocasionaria o fechamento dos espaços internos presentes no concreto permeável. Preenchendo esses espaços vazios o concreto perde a característica de permeabilidade.

Partimos do pressuposto que o RSCD foi obtido a custo zero, visto que o mesmo seria posteriormente descartado.

Foi utilizado como consulta para o estudo da viabilidade do concreto permeável a dissertação do Mestre Batezini (2013, p.68), onde o mesmo cita as etapas da fabricação do CP da seguinte maneira:

- a) Adicionar todo o agregado na betoneira com mais 5% do peso total do cimento;
- b) Misturar por 1 minuto;

- c) Adicionar o restante dos materiais;
- d) Misturar por 3 minutos;
- e) Deixar a mistura em repouso por 3 minutos;
- f) Misturar por mais 2 minutos.

Após as etapas descritas podemos conferir o resultado da mistura na figura 11.



Figura 11- Mistura base do Concreto Permeável.
Fonte: Adaptado de Batezini(2013).

Seguindo as citações de Batezini (2013, p.60) o concreto permeável necessita duas etapas para o tempo de cura. A primeira é cobrir o concreto com uma lona prevenindo a secagem muito rápida do material. A segunda etapa deve ser mantida a lona a te que o concreto seja aberta para utilização, o que poderá o ocorrer após sete dias a sua execução. A figura 12 representa a etapa necessária para a cura do concreto permeável.



Figura 12- Etapa de cura do Concreto Permeável.
Fonte: Retirado do site Pervious Concrete Pavement(2012).

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Todas as misturas do concreto permeável feito somente por resíduos sólidos de construção e demolição, e/ou mesclando com o uso das britas tipo 0 e britas tipo 1 possivelmente apresentaram permeabilidade. Dessa forma, confirma a proposta principal do presente Trabalho de Conclusão de Curso. A tabela 7 resume os resultados obtidos no presente trabalho.

Porem, também foi possível observar a fragmentação do RSCD diante do processo de fabricação do concreto permeável. Essa fragmentação possivelmente oferece resistência à passagem da água pelo concreto.

Com base nos resultados obtidos podemos afirmar o uso de RSCD como novo agregado ecológico substituto do agregado na forma de brita do Concreto Permeável (CP).

Tabela 7- Viabilidade do Bloquete Retangular feito por resíduos sólidos de construção e demolição.

VIABILIDADE DO CONCRETO PERMEÁVEL FEITO POR RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO		
	Permeabilidade	Viabilidade
Combinação A	Sim	Sim/Não
Combinação B	Sim	Sim/Não
Combinação C	Sim	Sim/Não
Combinação D	Sim	Sim/Não
Combinação E	Sim	Sim/Não
Combinação F	Sim	Sim/Não
Combinação G	Sim	Sim/Não

Fonte: Autoria Própria.

O Bloquete Retangular (BR) ou qualquer outra forma de pavimento usando blocos intertravados é destinado onde não há tráfego intenso e de veículos de menor carga, podemos citar, calçadas, estacionamentos, pátios, praças. Porem para garantir total segurança no uso do BR feito por RSCD recomendasse posteriormente uma análise através de ensaios mecânicos do comportamento do concreto permeável obtido (ensaios de: abrasividade, compressão, fadiga, tração, resistência).

Com o uso da combinação G, o custo final para obtenção do Concreto Permeável resulta em uma economia de até 20%. O que a torna atrativa perante as outras seis combinações (A, B, C, D, E, F).

Observando a tabela 8 podemos verificar o custo final para fabricação do concreto permeável.

Tabela 8- Análise dos custos de fabricação.

CUSTO PARA EXECUÇÃO DO PROJETO	
Saco 25 Kg de Brita tipo 0*	R\$ 3,07
Saco 20 Kg de Brita tipo 1*	R\$ 2,89
RSCD 0**	R\$----
RSCD 1**	R\$----
Cimento Portland 50 kg***	R\$ 32,00
Molde	R\$ 9,90
Água ****	R\$ 41,28
Preço Final*****	R\$89,14
<p>* Preço com base na aquisição datada no mês de março de 2016 ** Considerado nulo o custo com resíduos sólidos de construção e demolição. *** Preço com base na aquisição do Cimento Portland de 25 kg em estabelecimento do Estado de São Paulo. **** Preço com base no consumo de 0 a 10 Metro cúbico de água do Estado de São Paulo. ***** Preço final considerando todo o gasto envolvido no projeto.</p>	

Fonte: Aatoria Própria.

O preço final demonstrado na tabela 8 desconsidera ainda os preços envolvidos na aquisição do material para fabricar o Concreto Permeável (betoneira, caçamba, energia elétrica, pá) e o preço da hora de trabalho do trabalhador.

Nenhuma fonte consultada disponibiliza a quantidade necessária de cada componente para a fabricação do concreto permeável, o que dificulta uma quantificação exata de qual o preço para fabricação do CP. Porém, tendo em vista a ausência do gasto com agregados, calculasse uma redução de até 20 % do valor final.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DO NOVO CONCRETO PERMEÁVEL

Observando os resultados apresentados com o novo concreto permeável, podemos listar algumas vantagens e desvantagens conferidas com a utilização de resíduos sólidos de construção e demolição como novos agregados graúdos ecológicos.

Como principais vantagens podem listar: menor custo total no preço final do concreto permeável o que pode ser constatado com o estudo do novo agregado do presente trabalho; reciclagem e reutilização do que seria descartado da obra como novo agregado graúdo o que corresponde a um apelo a sustentabilidade; poupa o meio ambiente onde os agregados graúdos em forma de britas são oriundos de rochas naturais; ausência do aluguel de caçambas recolhedoras de entulhos em frente à obra, o que deixa o área livre para circulação evitando algum possível incidente de colisão de veículos e também ausência do risco em dias de chuva da caçamba ser arrastada por enxurrada.

Entretanto temos que observar como desvantagens: ocasionalmente durante o processo de mistura de resíduos sólidos de construção e demolição (concretos, telhas, tijolos) pela betoneira gerara a fragmentação do agregado tijolo, onde possivelmente oferecera resistência à passagem do fluido pelos espaços vazios presente no interior do concreto permeável; pela a ausência de estudos realizados utilizando RSCD na forma de agregados graúdos não podemos apontar a real resistência oferecida pelo novo concreto permeável, dessa forma não há a possibilidade de indicar sua viabilidade como forma de pavimentação permeável.

DIFICULDADES PRESENTES NO ESTUDO

A falta de experiência e contato com a Engenharia Civil geraram dificuldades, alguns atrasos e resultados não esperados. Como por exemplo, na proporção correta de cada componente do CP.

Não obtivemos êxito nas primeiras amostras de CP utilizando RSCD por não ter encontrado ate o momento da realização das mesmas, a proporção correta de

cada componente do concreto permeável. O corpo de prova não apresentou caráter permissivo conforme ilustra a figura 13.



Figura 13- Ilustração do primeiro corpo de prova. Não foi observado visualmente características de permeabilidade.
Fonte: Autoria Própria.

Todavia, a partir da descoberta das concentrações utilizadas por Batezini (2013, p.35) obtivemos êxito na obtenção do CP feito por RSCD. A tabela 9 exemplifica a quantidade/proporção utilizada na fabricação do concreto permeável do presente estudo.

Tabela 9- Quantidade/proporção para fabricação do concreto permeável.

QUANTIDADE/PROPORÇÃO PARA FABRICAÇÃO DO CONCRETO PERMEÁVEL	
Materiais	Quantidade
Diâmetro máximo agregado	4,8 mm a 19 mm
Ligante hidráulico (Cimento Portland)	356 kg/m ³
Relação a/c	0,27 a 0,30

Fonte: Adaptação de Batezini (2013, p.35).

5 CONCLUSÃO

Diante de todos os resultados e análises elaborada, pode se concluir a vantagem na utilização de resíduos sólidos de construção e demolição como novo agregado ecológico para obtenção do concreto permeável. Conforme citação no corpo do presente trabalho, o custo na utilização de agregados graúdos para obtenção do concreto permeável representa até 20 % do valor total. Tendo em vista que os resíduos sólidos de construção e demolição são obtidos a custo zero, concluiu-se a economia de até 20 % no preço final do concreto permeável, o que viabiliza sua utilização.

Com o uso da combinação G, o custo final para obtenção do Concreto Permeável resulta em uma economia de até 20%. O que a torna atrativa perante as outras seis combinações (A, B, C, D, E, F).

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

São propostas de continuidade para o presente trabalho:

- Implantar e analisar a pavimentação usando Concreto Permeável em áreas com frequentes registros de alagamentos e enchentes.
- Estudar o comportamento mediante ensaios mecânicos do concreto permeável feito por RSCD.
- Buscar novas combinações nas concentrações na tentativa de aumentar a resistência a compressão suportada pelo CP.
- Adotar novos aditivos a mistura base do CP como por exemplo, látex, conforme já fonte de estudos mais recentes do concreto permeável.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM, 2015. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/tecnologias/tec-concreto-permeavel.html>>. Acesso em: 15 out. 2015.

ASSUNÇÃO, José Wilson. **Dosagem racional do concreto**. 2009. p.4, p.6. Universidade Estadual De Maringá Centro De Tecnologia Departamento De Engenharia Civil, Maringá, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAGYAH/dosagem-concreto>>. Acesso em: 16 out. 2015.

BASTOS, Paulo. **Fundamentos do concreto armado**. 2006. p.3, p.5. Apostila (Professor Doutor) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Introducao.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2015.

BETEZINI, Rafael. Estudo preliminar do concreto permeável como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2013. p.35, p.58, p.60. Dissertação de Mestrado. Universidade de Passo Fundo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072013-155819/pt-br.php>>. Acesso em: 10 out. 2015.

Bloquete Retangular, 2016. Disponível em: <<http://www.rhinopisos.com.br/site/fotos/>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

CASAE. Disponível em: <http://casae.basf.com.br/sac/web/casae/pt_BR/produtos/concreto-permeavel>. Acesso em: 15 out. 2015.

Clínquer utilizado na fabricação do Cimento Portland, 2016. Disponível: <<http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-clinquer.html>>. Acesso em: 18 set. 2015.

Concreto permeável, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/13/concreto-permeavel-alternativa-para-aumentar-a-permeabilidade-de-pavimentos-254488-1.aspx>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

Etapa de cura do Concreto Permeável, 2011. Disponível em: <<http://www.perviouspavement.org/construction.html>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

Ilustração do Concreto Permeável, onde notasse os vazios internos presentes no corpo do concreto (CP). Disponível em:

<<http://www.archiproducts.com/pt/produtos/69845/concreto-permeavel-para-rodovias-drainbeton-betonrossi.html>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

MACHADO, Gleysson B. 2013. **Classificação dos Resíduos da Construção Civil no Brasil**. Disponível em: < <http://www.portalresiduossolidos.com/classificacao-dos-residuos-da-construcao-civil-no-brasil/> >. Acesso em: 7 fev. 2016.

MAZZONETTO, Caroline. 2011. **Concreto Permeável**. Disponível em: < <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/13/concreto-permeavel-alternativa-para-aumentar-a-permeabilidade-de-pavimentos-254488-1.aspx>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

Permeâmetro, instrumento de medição da permeabilidade, 2011. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=wFy3zsfih2E>>. Acesso em: 25 abr.2016.

Reposição de Pavimentação Asfáltica - Planilha Orçamentária - Município de Indaial - Período 2015. Disponível em: < http://www.indaial.sc.gov.br/prefeitura/admin/arquivos/licitacoes/edital2572014_anexovii_recp_asf-doc-orc-2015-r00.2014-12-01_09-47-47.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

Representação do rolo com aresta cortante que divide a pavimentação de Concreto Permeável, contribuindo assim com reparos e manutenção da via, 2011. Disponível em: < <http://www.perviouspavement.org/construction.html>>. Acesso em 20 abr. 2016.

Solo dividido em camadas que recebera o Concreto Permeável (CP), 2016. Disponível em:< http://www.rhinopisos.com.br/site/instrucoes_de_colocacao/>. Acesso em: 20 abr. 2016.

17º CONCURSO FALCÃO BAUER, 2010. Disponível em: <<http://www.falcaobauer.com.br/html/destaque.asp?rg=81>>. Acesso em: 17 out. 2015.