



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Mayron Rodrigues da Silva

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE BLOCOS INTERTRAVADOS
CONVENCIONAIS E UTILIZANDO RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Palmas – TO

2019

Mayron Rodrigues da Silva

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE BLOCOS INTERTRAVADOS
CONVENCIONAIS E UTILIZANDO RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Palmas – TO

2019

Mayron Rodrigues da Silva

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE BLOCOS INTERTRAVADOS
CONVENCIONAIS E UTILIZANDO RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Fernando Moreno Saarte Júnior.

Aprovado em: 28/10/2019

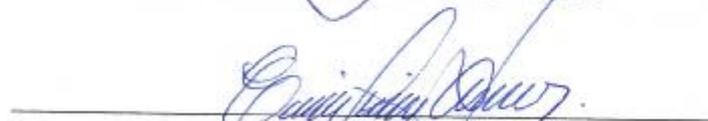
BANCA EXAMINADORA



Prof. Msc. Fernando Moreno Saarte Júnior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Eng. Civil Euzir Pinto Chagas

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Roldão Pinheiro de Araújo Junior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

Dedico à minha família, principalmente ao meu avô Luiz, pela sua força, coragem e exemplo de amor e dedicação que me servem de incentivo diariamente!

À minha querida avó Raimunda Rodrigues pelo incentivo e apoio financeiro.

À minha querida Tia Maria do Amparo pelo apoio financeiro e acreditar em mim quando mais precisei.

À minha querida irmã Ana Beatriz, por sempre acreditar em mim e pelos conselhos valiosos que me ajudavam a relaxar e trouxeram mais força para superar os momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Antônio Carlos e Valneide Rodrigues, pela minha existência.

Muito obrigado a todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus.

Agradeço aos amigos da faculdade Marcos Oliveira e Mateus Macedo, e em especial ao engenheiro Dion Berto Compasso, pela paciência e dedicação no ensino do uso de softwares em projetos.

Agradeço também ao Engenheiro e proprietário da JAHER CONSTRUTORA LTDA o Sr. Jandir Cardoso de Vasconcelos, por ter tido paciência no decorrer da realização do estágio supervisionado e ter me dado a minha primeira oportunidade de estágio remunerado.

Um agradecimento em especial ao meu orientador na disciplina de trabalho de conclusão de curso, o professor e mestre Fernando Moreno Suarte Júnior, o qual acatou minhas ideias e teve paciência ao longo desse período de orientação.

“A persistência é o menor caminho do êxito”. (Charles Chaplin)

RESUMO

RODRIGUES, Mayron Silva. **Estudo comparativo de custo entre blocos intertravados convencionais e utilizando resíduos de construção civil**. 2019. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

A construção civil tem impactado o meio ambiente devido ao grande volume de resíduos gerados em obras de construção ou de demolição e afetando também com a retirada de recursos naturais, como: areia, brita, cal, água potável e madeira. O grande desafio do setor da construção é transformar esse resíduo em uma fonte alternativa de matéria-prima, através do aproveitamento do resíduo de construção civil (RCC). Neste trabalho procurou-se desenvolver um comparativo de custo entre blocos intertravados com insumo proveniente de agregado natural e insumo utilizando em sua composição o agregado de areia reciclada de concreto, proveniente de Resíduos de Construção Civil (RCC). Foram adotados diversos traços com diferentes porcentagens de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado. Após a realização de estudos, conclui-se que financeiramente os dois blocos apresentam custo aproximados para sua produção com substituição parcial de resíduo de areia com 5% e 10% em sua composição, porém quando utilizado 20% em sua composição o custo final teve uma pequena variação e se apresenta um valor mais atrativo à fabricação quando comparado ao custo de produção de blocos intertravados com agregados naturais, mas não tão significativa quando se comparada a aplicação do RCC no lastro de assentamento chegando ao valor ainda mais atrativo para incentivo de aplicação na pavimentação de blocos intertravados, somando-se a isso a vantagem na utilização de RCC como substituição parcial de agregados naturais, visando a redução do resíduo, contribuindo diretamente com a redução de agressores ao meio ambiente, melhorando assim a qualidade de vida e a relação com o meio ambiente.

Palavras-chave: Pavimentos. Custos. Estudo Comparativo. Blocos intertravados. Agregado Reciclado. Resíduo de Construção Civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível	12
Figura 2 - Camadas do pavimento rígido	12
Figura 3 – Tipos de blocos	13
Figura 4 - Estrutura pavimento intertravado.....	13
Figura 5 - Formato dos blocos.....	16
Figura 6 – Disposição para assentamento de blocos	16
Figura 7 – Formatos de PPC.....	17
Figura 8 – Chanfro em peças de concreto	18
Figura 9 – Chanfro em peças de concreto	19
Figura 10 – Ângulo de inclinação da peça de concreto.....	19
Figura 11 – Espessura necessária da sub-base.....	21
Figura 12 – Espessura de base cimentada em função do número “N”	21
Figura 13 – Espessura e resistência das peças.....	22
Figura 14 – Tipos de intertravamentos	23
Figura 15 – Processo construtivo	24
Figura 16 – Efeito da espessura das peças de concreto	25
Figura 17 – Representação patológica do pavimento.....	26
Figura 18 – Resistência a compressão.....	27
Figura 19 – Resistência a abrasão.....	27
Figura 20 – Origem dos RCC.....	31
Figura 21 – Área escolhida para estudo.	33
Figura 22 – Planejamento da pesquisa	34
Figura 23 - Planilha modelo composição	35
Figura 24 - Insumo sinapi data base 03/2019	36
Figura 25 - Dimensões PPC.....	36
Figura 26 - Aterro de Resíduos Sólidos	38
Figura 27 – Seção Tipo.....	40
Figura 28 – Estacionamento em Estudo	40
Figura 29 – Gráfico preço total	44
Figura 30 – Gráfico comparativo total	45
Figura 31 - Quantidade de resíduo minimizado	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização das vias e parâmetros de tráfego	20
Tabela 2 – Custo da produção de concreto com agregados naturais	28
Tabela 3 – Custo da produção de concreto com agregados RCC.....	28
Tabela 4 – Classificação de RRCs.....	30
Tabela 5 – Objetivo normativo para RCC	31
Tabela 6 - Espessura e resistência das peças	37
Tabela 7 – Quantidade de materiais utilizados para dosagem.....	39
Tabela 8 - Composição Bloco convencional	41
Tabela 9 – Planilha Composição Bloco 5% RCC	42
Tabela 10 - Planilha Composição Bloco 10% RCC	42
Tabela 11 - Planilha Composição Bloco 20%	43
Tabela 12 - Planilha Orçamentária Total.....	43
Tabela 13 – Planilha de preço com lastro de areia	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e despesas indiretas
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Cimento Portland
CBR	California Bearing Ratio
DNIT	Departamento Nacional de infraestrutura de Transportes
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PPC	Peça Pré-moldada de Concreto
RCC	Resíduo de construção civil
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices
TCU	Tribunal de Contas da União
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Espessura Total do Pavimento	40
-----------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 Objetivo Geral	9
1.2.2 Objetivos Específicos.....	9
1.3 JUSTIFICATIVA	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 PAVIMENTAÇÃO	11
2.1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS	11
2.1.2.1 Pavimento Flexível.....	11
2.1.2.2 Semi-Rígido	12
2.1.2.3 Rígido.....	12
2.2 PAVIMENTO INTERTRAVADO	13
2.2.1 Materiais constituinte.....	13
2.2.1.1 Cimento Portland	13
2.2.1.2 Agregados	14
2.2.1.2.1 Agregado miúdo.....	15
2.2.1.2.2 Agregado graúdo	15
2.2.1.3 Água	15
2.2.2 Aspectos dimensional das Peças	15
2.2.3 Dimensionamento do pavimento	19
2.2.4 Produção dos blocos	22
2.2.5 Movimentação de intertravamento dos blocos	22
2.2.6 Execução de PPC	23
2.2.7 Patologias no pavimento	26
2.2.8 Resistência	27
2.2.9 Vantagens	27
2.2.9.1 Vantagens da reciclagem de RCC.....	28
2.3 RESÍDUOS.....	29
2.3.1 Classificação de resíduos.....	29
2.3.1.1 Classificação NBR 10004:2004	29
2.3.1.2 Classificação CONAMA	29
2.3.2 Resíduo de construção civil.....	30
2.3.3 Normas técnicas específicas de RCC	31

2.4 CUSTO	31
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO	33
3.2 OBJETO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA	33
3.3 FLUXOGRAMA DE ESTUDO	34
3.4 ORÇAMENTO	34
3.4.1 Planilha orçamentária.....	34
3.4.2 Composições.....	35
3.5 DIMENSIONAMENTO DOS PPC	36
3.5.1 Características dos blocos.....	36
3.5.2 Dimensionamento do pavimento para PPC	37
3.6 QUANTITATIVO DE RCC MINIMIZADO EM LOCAIS DE DESCARTE.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 DOSAGEM	39
4.1.1 Traço referência.....	39
4.1.2 Traço 5% RCC	39
4.1.3 Traço 10% RCC	39
4.1.4 Traço 20% RCC	39
4.2 ESTACIONAMENTO	40
4.3 ANÁLISE DE CUSTO DOS AGREGADOS MIÚDO UTILIZADOS.....	40
4.4 COMPOSIÇÕES	41
4.4.1 Composição bloco convencional.....	41
4.4.2 Composição bloco com adição de 5% de RCC	42
4.4.3 Composição bloco com adição de 10% de RCC	42
4.4.4 Composição bloco com adição de 20% de RCC	43
4.5 PLANILHA ORÇAMENTÁRIA COMPARATIVA DE CUSTO	43
4.5.1. Gráfico comparativo de custo.....	43
4.6 PLANILHA COMPARATIVA BLOCO E LASTRO DE AREIA.....	44
4.6.1. Gráfico comparativo de custo bloco e lastro	44
4.7 QUANTIDADE DE RCC MINIZADO	45
4.7.1 Quantidade de resíduo minimizados em aterros	45
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	46
5.1 CONCLUSÃO.....	46
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	46

6 REFERÊNCIAS	47
----------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Segundo Manual Técnico de Piso Intertravado de Concreto (2004), o emprego de peças intertravadas entre si de concreto para pavimentação veio ao final do século XIX, entretanto a utilização no uso desse tipo de pavimentação ocorreu depois do fim da segunda guerra mundial. No ano de 1990, os bloquetes de concreto que eram comuns na Europa, passaram a ser utilizados no Brasil, tanto em calçadas como em vias. Atualmente, o uso de blocos de concreto na pavimentação vem aumentando, podendo ser utilizado em calçadas, vias, praças e pátios. Crescimento esse devido a suas características, bem como baixo custo de manutenção, reutilização das peças, liberação do tráfego é imediato, mão de obra não especializada e facilidade na execução.

Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (2011), a construção civil é considerada uma das ações que mais impactam no meio ambiente, pois se utilizam muitos recursos naturais, no qual podem representar de 50 a 70 % da massa de resíduos sólidos urbanos, na sua maior parte, são materiais semelhantes aos agregados naturais e solos.

Uma das alternativas encontradas para reduzir os impactos da construção civil é a utilização de RCC em pavimento intertravados de concreto como agregado miúdo. As reutilizações desses resíduos geram benefícios sociais, ambientais e econômicos, ou seja, reduzindo o custo, impacto ambiental e tratando a construção não como atividade isolada, mas sim como parte de um contexto socioambiental e assim também trazendo custos para a fabricação do pavimento, já que foi utilizado RCC.

Para verificar tal economia, este trabalho elaborou uma análise comparativa de custos com blocos intertravados convencionais e blocos com (RCC), estudo promovido em uma área pré-determinada do estacionamento do CEULP/ULBRA, primeiramente analisados e depois realizado a análise dos insumos. A análise dos insumos foi possível com o auxílio do software EXCEL (2016), que possibilitará a obtenção do quantitativo dos materiais necessários para a comparação de custos.

Logo após, os custos foram levantados e foi realizada uma análise quantitativa do valor dos elementos que compõem a estruturas do pavimento, e em seguida realizou-se a comparação do custo total entre os blocos em estudo. Os preços dos agregados naturais foram obtidos por meio de consulta a Tabela SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, disponibilizado pela Caixa Econômica Federal e IBGE.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar a análise comparativa de custo entre blocos intertravados convencionais e blocos intertravados de resíduos de construção civil com substituição parcial de agregado naturais por agregados RCC.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Escolha da área para aplicação dos blocos intertravados para o estudo de caso no estacionamento do CEULP/ULBRA;
- Elaborar uma composição de custo unitário para o bloco com (RCC) e convencional;
- Realizar estudo comparativo de custo com os dois tipos de blocos;
- Realizar estudo comparativo de custo total da obra utilizando areia de RCC no lastro;
- A quantidade de resíduo que poderá ser minimizado nos locais de descarte.

1.3 JUSTIFICATIVA

Em obras da construção civil, há enormes desperdícios devido à sobra e perdas de materiais que, podem ser reaproveitados a partir do uso de inovações tecnológicas como, por exemplo, a reciclagem dos mesmos para a formação de novos materiais.

Diante da grande quantidade de resíduos de construção civil (RCC) gerados no meio urbano e ao enorme desperdício de materiais, o meio ambiente vem sofrendo grandes impactos com essa situação, que vai desde a poluição gerada pelo entulho até consequências negativas como as enchentes e mudanças na fauna e flora. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) pode-se constatar uma geração aproximada de 31 milhões de toneladas/ano de resíduos na construção civil (RCC) no Brasil. Assim, os blocos intertravados com RCC despontam como uma fonte disseminadora de boa parte dos resíduos gerados nas construções e como uma mudança de paradigmas no mercado.

Este trabalho se justifica pelo fato de estudar blocos intertravados com porcentagem de RCC como um material alternativo que é viável e economicamente sustentável, apresentando informações aos consumidores sobre as propriedades, vantagens e desvantagens de ambos os blocos, para que, desta forma, seja possível a visualização das características dos insumos e, por conseguinte uma maior disseminação do uso dos blocos intertravados com RCC na pavimentação.

A pesquisa servirá também de referência ao meio acadêmico e a profissionais, colaborando para análises e estudos científicos e viabilizando o conhecimento sobre o uso dos blocos intertravados com RCC. O estudo científico é pertinente devido à crescente necessidade por novas técnicas e novos produtos, que sejam capazes de gerar uma mercadoria final eficiente e de qualidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTAÇÃO

Segundo Senço (1970), o pavimento é composto de camadas, dimensionadas a fim de suportar os esforços transmitidos pelo tráfego de veículos e melhorar as condições de rolamento em sua superfície, fornecendo segurança aos usuários.

A constante passagem de veículos de cargas variáveis, causa pressão vertical e tangencial a superfície do pavimento, ação essa provocada entre o atrito existe entre o pneu e o pavimento. As ações do climáticas, por sua vez, são resultantes dos efeitos provocados pela variação de temperatura e da presença de água que influenciam no comportamento dos materiais utilizados, como por exemplo, as misturas asfálticas (FONTES, 2010).

A combinação e sobreposição de diferentes camadas de materiais tem como resultado estrutural do pavimento um bom comportamento associado entre si. Devido a esse resultado da estrutura às cargas solicitantes, os pavimentos podem ser classificados em três principais grupos: flexíveis, semi-rígido e rígido.

2.1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

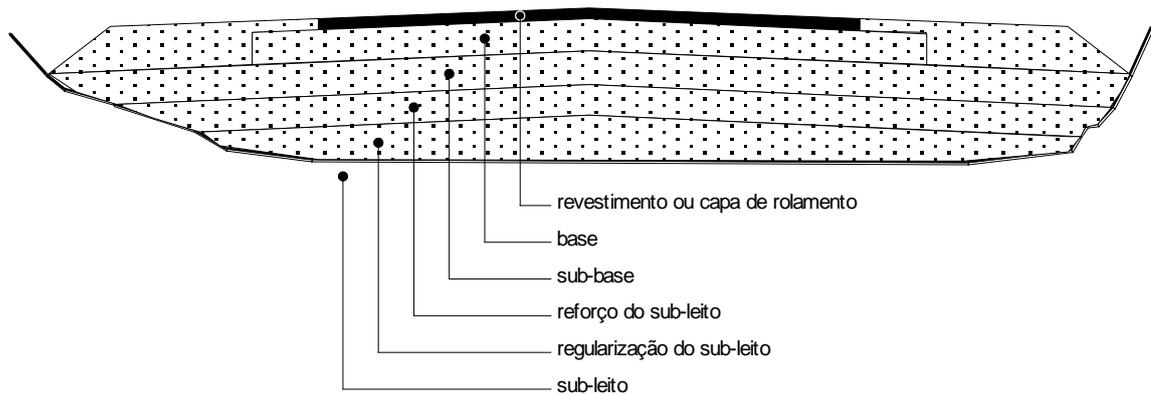
2.1.2.1 Pavimento Flexível

A NBR 7207/82 (1982), define o pavimento como uma estrutura que é construída posteriormente a terraplanagem e tem o papel de resistir e distribuir os esforços verticais causados pelo tráfego, ao subleito e proporcionar conforto, segurança e comodidade no rolamento.

Conforme Franca (2005), a capacidade de suporte do pavimento flexível vem das características de distribuição das cargas pelas camadas granulares superpostas, onde as de melhor qualidade estão mais próximas da superfície, porém, no ponto de vista estrutural, a de maior importância é a base.

Franca (2005), destaca ainda que o pavimento flexível é formado por diferentes tipos de camadas, em que as principais são, revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e regularização do subleito. A figura 1 ilustra a disposição normal de um pavimento completo, ou um pavimento em que as condições da fundação não permitiram a eliminação de nenhuma camada.

Figura 1 - Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível



Fonte: Franca (2005)

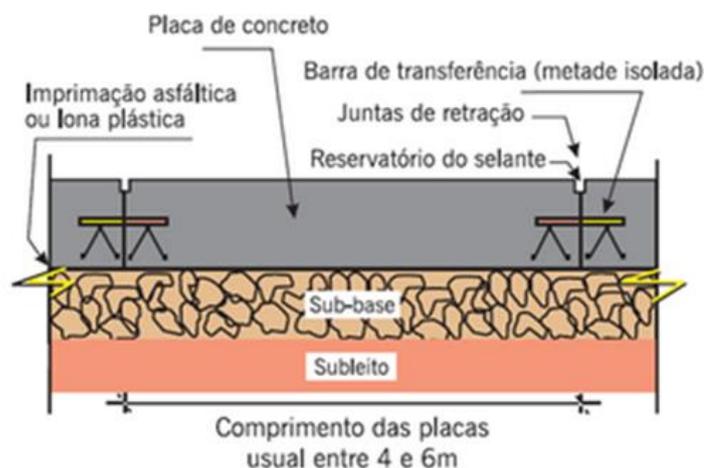
2.1.2.2 Semi-Rígido

DNIT (2006), é aquele que se caracteriza por ter uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

2.1.2.3 Rígido

Segundo Senço (1970), pavimentos rígidos são aqueles poucos alteráveis, composto principalmente de concreto de cimento. Rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações.

Figura 2 - Camadas do pavimento rígido



Fonte: http://www.sptsondagens.com.br/images/pavimento_rigido1.jpg Acesso: 10/03/2018

2.2 PAVIMENTO INTERTRAVADO

Segundo Manual Técnico de Piso Intertravado de Concreto (2004), o pavimento intertravado de concreto teve sua origem na Europa após a segunda guerra mundial e apenas na década de 70 teve sua implantação no Brasil, onde até os dias de hoje é utilizado com grande êxito. Além de possuir inúmeras vantagens técnicas, o pavimento intertravado de concreto possui custo muito competitivo ou abaixo quando comparado a outros tipos de pavimento.

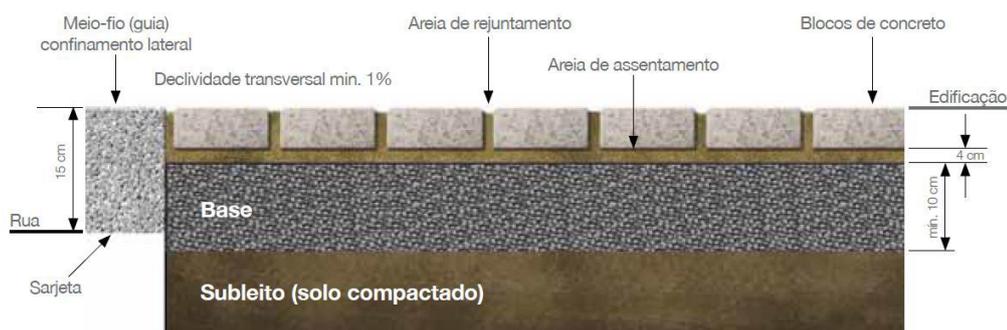
Figura 3 – Tipos de blocos



Fonte: Manual Técnico de Piso Intertravado de Concreto (2004).

Segundo a ABNT NBR 9781:2013, pavimento intertravado é um pavimento flexível cuja a estrutura é composta por base ou sub-base e base, seguida por uma camada de revestimento constituída por blocos de concreto colocados lado a lado sob uma camada de assentamento, cuja as juntas entre as peças são preenchidas com areia e o intertravamento do sistema é proporcionado pelas contenções nos limites do pavimento.

Figura 4 - Estrutura pavimento intertravado



Fonte: ABCP (2010)

2.2.1 Materiais constituinte

2.2.1.1 Cimento Portland

Segundo Ambrozewicz (2012) cimento é um material ligante que quando entra em reação química possui propriedades físicas de ligação. Neville (1997), cita que o cimento é o

aglomerante mais utilizado na construção civil, de forma resumida sua produção vem da trituração de rocha de calcário, que é misturada com minério de ferro e argila, essa mistura passa por aquecimento em fornos de alta temperatura, são adicionados materiais como o gesso para uma melhor aplicação, ao fim do processo obtêm-se o cimento pronto para utilização.

A NBR 9781:2013, determina que o concreto utilizado na fabricação de peças pré-moldadas deve ser constituído de cimento Portland, sendo esse cimento proveniente de qualquer classe.

De acordo com Bauer (2000), o cimento Portland é dividido em diferentes tipos, sendo eles:

CP I:

é o cimento Portland comum empregado nos trabalhos gerais de construção, onde nenhuma das características diferenciadoras dos tipos restantes são exigidas e constituem um desenvolvimento natural do cimento fabricado antes de 1936, quando foi introduzida essa classificação.

CP II:

frequentemente conhecido como “modificado”, é um cimento com desenvolvimento moderado de calor de hidratação. Foi muito utilizado nas pavimentações antes do desenvolvimento da técnica de incorporação de ar, e recomendado para construções volumosas de porte moderado.

CP III:

é o cimento de alta resistência inicial, diferindo do CP I pela proporção mais elevada de C3S e maior finura.

CP IV:

pouco utilizado atualmente, é um cimento de calor de hidratação muito baixo, destinado ao emprego em construções volumosas de grande porte. Isso é conseguido pela redução de C3A e C3S.

CP V:

é destinado ao emprego em obras onde a resistência ao ataque às águas sulfatadas é importante. Nesse produto a proporção de C3A é substancialmente reduzida.

2.2.1.2 Agregados

Segundo Petrucci (1975), agregados são materiais inertes, granulares de procedência natural ou manipulados, com diferentes tamanhos, classificados em graúdos e miúdos, são utilizados em diversas áreas da engenharia como na confecção de concretos, entre outras atividades.

Segundo Neville (1997), os agregados são divididos entre graúdos e miúdos, essa denominação vem de seu diâmetro que é definido por ensaios de granulometria, onde os materiais passantes na peneira nº 4 com abertura de 4,76mm (3/16”), são definidos como agregados miúdos, já os materiais que ficam retidos nessa mesma peneira são definidos como graúdos.

2.2.1.2.1 Agregado miúdo

Areia fina natural, quartzosa, com grãos de diâmetro máximo igual ou inferior a 0,6 mm. As demais características obedecerão a NBR-7211.

Areia média natural, quartzosa, proveniente de leito de rio, com grãos de diâmetro máximo igual ou inferior a 6,3 mm. As demais características obedecerão a NBR-7211.

2.2.1.2.2 Agregado graúdo

A pedra britada, oriunda de rochas sãs duras e estáveis, possuindo um diâmetro máximo de 9,5 mm. A forma do agregado deve ser, preferencialmente, do tipo cúbico ou esférico. As demais características deverão estar em conformidade com a norma NBR 7211.

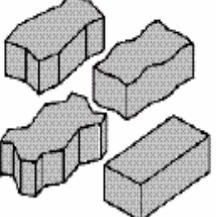
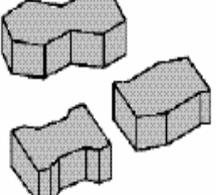
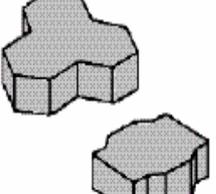
2.2.1.3 Água

A água utilizada para produção das peças de concreto deve estar isenta de substâncias que possam prejudicar as reações de hidratação do cimento Portland.

2.2.2 Aspectos dimensional das Peças

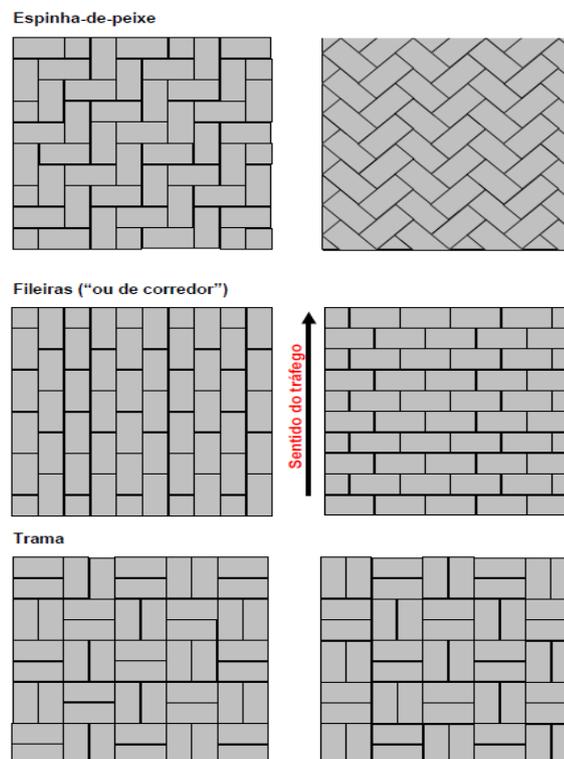
Muller (2005), existem diferentes tipos de blocos e diferentes maneiras de como são dispostos no pavimento, essas diferenças geométricas e construtivas partem do princípio de características estéticas, entretanto pesquisas mostram que blocos segmentados proporcionam melhoria no comportamento, quando comparado as de lados retos. As figuras 5 e 6 abaixo apresentam esses tipos de disposições dos blocos no pavimento e os tipos de blocos.

Figura 5 - Formato dos blocos

	<p>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.</p>
	<p>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”.</p>
	<p>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.</p>

Fonte: Hallack (1998 apud MULLER, 2005)

Figura 6 – Disposição para assentamento de blocos



Fonte: Hallack (1998 apud MULLER, 2005)

De acordo com a NBR 9781:2013, na pavimentação com peças intertravadas existe alguns parâmetros dimensionais que devem ser seguidos, apresentando deferentes tipos entre si, nos quais serão abordos.

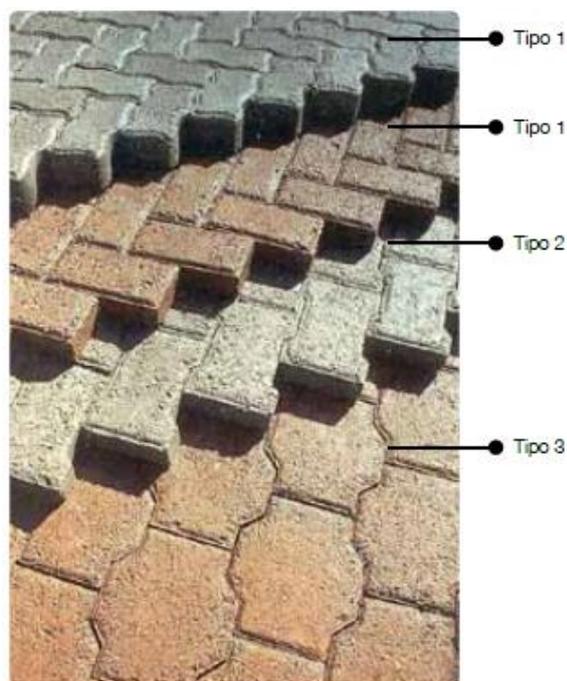
O Manual de Pavimento Intertravado (ABCP, 2010), separa as peças de concreto pré-moldadas em três características básicas de formato, sendo estes os mais procurados no Brasil.

Tipo 1 – Peças de concreto com formato aproximado ao retangular, apresentam facilidade de produção e colocação em obra suas dimensões são usualmente 20,0cm de comprimento por 10,0cm de largura suas faces laterais podem ser retas, curvilíneas ou poliédricas e que se arranjam entre si nos quatro lados e podem ser assentadas em fileiras ou em espinha de peixe.

Tipo 2 – Blocos de concreto com formato único, e que só podem ser executadas em fileiras travadas, as mesmas possuem dimensões das peças tipo 1.

Tipo 3 – São blocos de concreto com características geométricas trapézios, hexágonos, triedros etc., sendo seu peso superior a 4 kg por peça.

Figura 7 – Formatos de PPC



Fonte: (ABCP, 2010).

Segundo a NBR 9781:2013 as dimensões e tolerâncias que as peças de concreto devem atender, são:

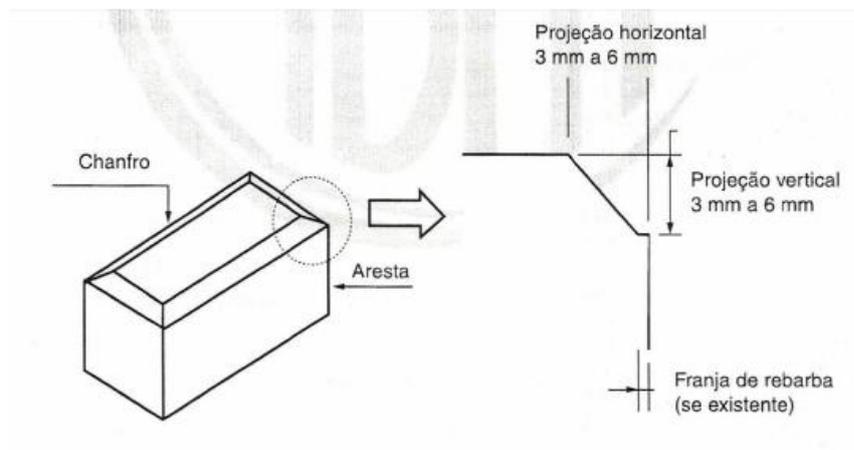
- a) medida nominal do comprimento de no máximo 250 mm;
- b) medida real da largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de carga no ensaio de resistência à compressão;

- c) medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm, especificada em múltiplos de 20 mm;
- d) tolerâncias dimensionais de ± 3 mm no comprimento, largura e espessura;
- e) o índice de forma (if) para peças de concreto utilizadas em vias com tráfego de veículos ou áreas de armazenamento deve ser menor ou igual a 4.

Segundo a NBR 9781:2013, as características dos blocos de concreto pré-moldado destinados a pavimentação, seguem parâmetros estabelecidos pela norma. Parâmetros estabelecidos para chanfros, arestas e ângulo de inclinação.

Chanfro: A especificação do chanfro nas peças de concreto está ligada à como será executado, da sua capacidade estrutural e da comodidade na faixa de rolamento. As peças chanfradas devem apresentar chanfro em ambas as direções, ou seja, tanto horizontal quanto vertical, no mínimo 3 mm e no máximo 6 mm, conforme Figura 8.

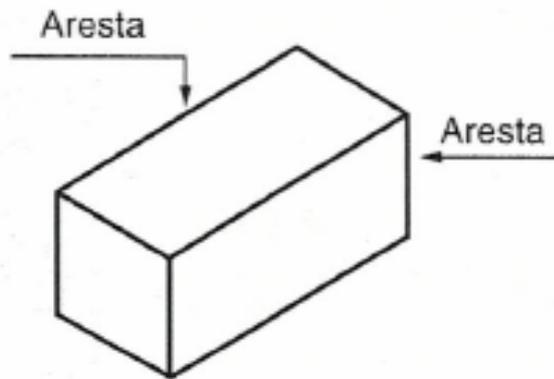
Figura 8 – Chanfro em peças de concreto



Fonte: NBR 9781:2013

Arestas: As peças de concreto devem apresentar arestas regulares nas paredes laterais e nas faces superior e inferior, conforme Figura 9.

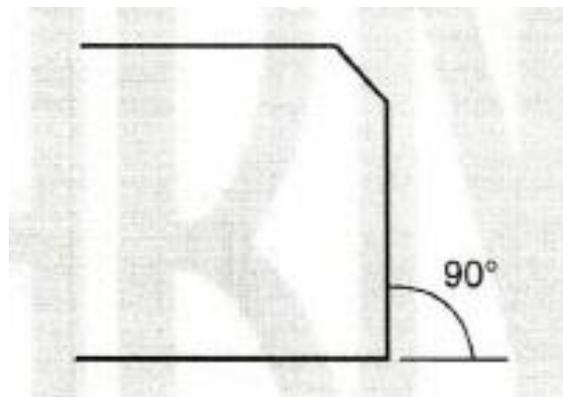
Figura 9 – Chanfro em peças de concreto



Fonte: NBR 9781:2013

Ângulo de inclinação: O ângulo de inclinação das pelas de concreto é de 90° . A medida do ângulo de inclinação é feita na superfície plana com um esquadro, como demonstra a figura a seguir.

Figura 10 – Ângulo de inclinação da peça de concreto



Fonte: NBR 9781:2013

2.2.3 Dimensionamento do pavimento

O procedimento de dimensionamento da profundidade das camadas do pavimento de PPC indicado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), basicamente apresenta dois gráficos de leituras direta, que fornece a espessura das camadas do pavimento para que possa atender aos requisitos de projeto. Só se pode determinar a espessura da camada, após ter conhecido as solicitações diárias do eixo padrão de 8,2tf e do Índice de Suporte Califórnia (CBR) do subleito.

Segundo Maciel (2007), para o dimensionamento de pavimentos intertravados é necessário conhecer a utilização e intensidade do fluxo diários de veículos, pois o número “N” é um parâmetro que representa a demanda que o pavimento atinge ao longo de sua vida útil, sendo este um parâmetro fundamental para a execução das camadas pavimentadas.

A classificação do tráfego imposto no local é realizada por meio da classificação do número N de solicitações do eixo padrão. Caso não seja possível a caracterização real em campo, pode-se recorrer à Tabela 1, em que o parâmetro de tráfego é obtido pela classificação da via.

Tabela 1 – Caracterização das vias e parâmetros de tráfego

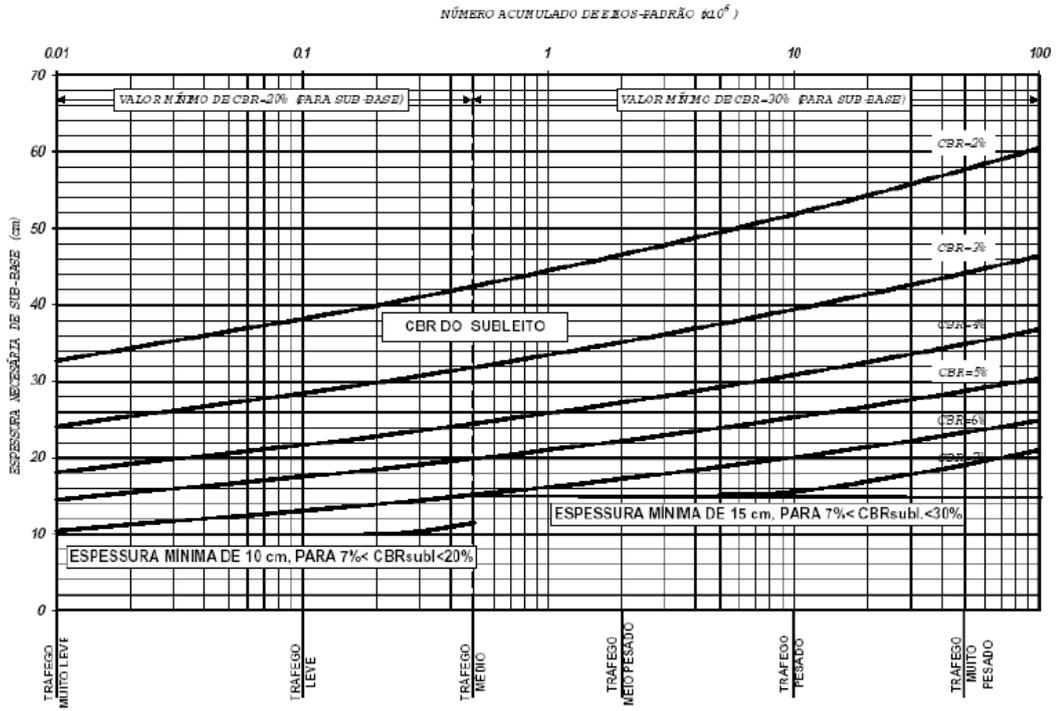
FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETO ANOS	VOLUME INICIAL NA FAIXA MAIS CARREGADA		EQUIVALENTE POR VEÍCULO	N CARACTERÍSTICO
			VEÍCULO LEVE	CAMINHÃO E ÔNIBUS		
Via local residencial com passagem	Leve	10	100 a 400	4 a 20	1,50	10^5
Via coletora secundária	Médio	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	5×10^5

Fonte: Prefeitura Município de São Paulo, 2007.

As profundidades necessárias das camadas do pavimento são determinadas a partir de leitura direta em ábacos, em que para obtenção da espessura da camada de sub-base procede-se como ilustrado na Figura 11.

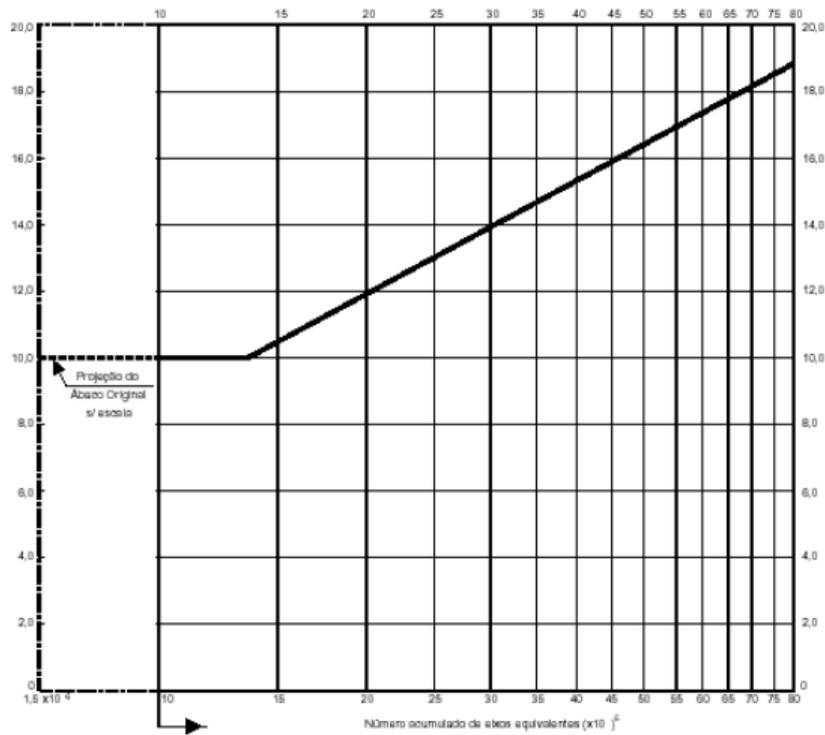
Abaixo mostram a espessura de sub-base, base e espessura do bloco em relação ao número “N”, respectivamente como nas figuras 11, 12 e 13. Para número “N” inferior a 5×10^5 , é dispensado o uso da base.

Figura 11 – Espessura necessária da sub-base



Fonte: Maciel, 2007.

Figura 12 – Espessura de base cimentada em função do número “N”



Fonte: Maciel, 2007.

Figura 13 – Espessura e resistência das peças

<i>TRÁFEGO</i>	<i>ESPESSURA REVESTIMENTO</i>	<i>RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES</i>
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: Maciel, 2007.

2.2.4 Produção dos blocos

Segundo o Manual Técnico de Piso Intertravado de Concreto (2004), as etapas para fabricação dos blocos podem ser divididas em 5 partes no qual serão abordados a seguir:

A primeira etapa é a dosagem do concreto, na qual os agregados aglomerantes, água e aditivos são a partir do seu peso em proporções previamente definidas, logo após a definição do traço.

A segunda etapa é a mistura, todo o material previamente pesado é transportado para o misturador para que possa ser homogeneizado e transformado em concreto.

A terceira etapa é a modelagem das peças, onde o material será transportado para a vibro-prensa do misturador, onde o concreto segue para alimentação da máquina, onde ocorrerá a prensagem e a vibração, que devem ser realizadas com grande energia de compactação.

A quarta etapa consiste após a modelagem das peças, na qual seguem para a câmara de cura com ambiente de temperatura controlada. As peças devem permanecer nesse ambiente com o tempo necessário para que garanta a maior hidratação do cimento.

A quinta e última etapa é a estocagem das peças de concreto, agrupadas em paletes de madeira e marcado quanto ao lote de identificação.

2.2.5 Movimentação de intertravamento dos blocos

Segundo HALLACK (1998), podemos definir intertravamento como sendo a propriedade que o pavimento de peças intertravadas de concreto tem de tolerar as cargas de deslocamentos individuais de cada peça, sendo estes verticais, horizontais, de rotação e giração em torno das peças vizinhas.

De acordo com que as cargas vão sendo distribuída, o pavimento apresenta melhor desempenho com relação ao intertravamento entre as peças. Chega-se progressivamente a um estado de travamento total chamado intertravamento, a camada de rolamento vai adquirindo

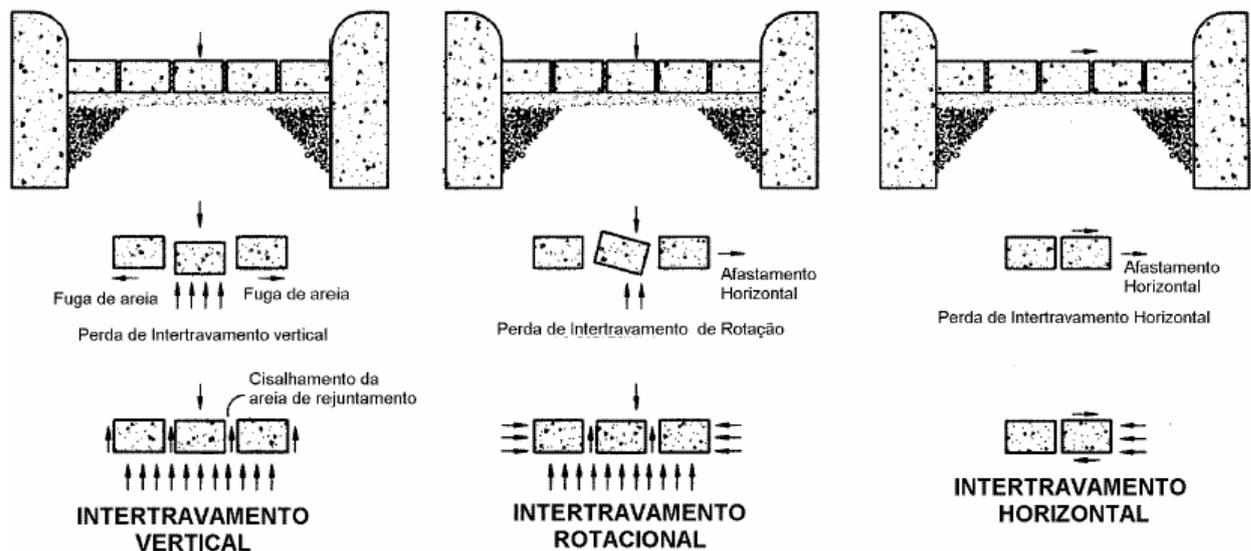
maior rigidez, e as peças de concreto intertravado deixam de constituir uma mera camada de rolamento e transformam-se num conjunto estrutural (MULLER, 2005).

Intertravamento vertical: As peças de concreto depois de executadas não podem se locomoverem em nenhum sentido na vertical, de modo que as demais camadas do pavimento estejam suportando os esforços causados pelo tráfego, como mostrado na figura 14 (a).

Intertravamento rotacional: As peças não podem girar em torno do próprio eixo na vertical. Como melhoria para esse tipo de intertravamento é aumento a espessuras das peças pois esse movimento é devido a ações de aceleração e frenagens de veículos que trafegam na via, com mostra a figura 14 (b).

Intertravamento horizontal: Movimento que as peças não podem fazer na horizontal, ou melhor, o deslizamento das peças na estrutura do pavimento com relação a peças vizinhas e está diretamente relacionado com as disposições das peças na camada de areia de assentamento e juntas de preenchimento entre as peças como vista na figura 14 (c).

Figura 14 – Tipos de intertravamentos



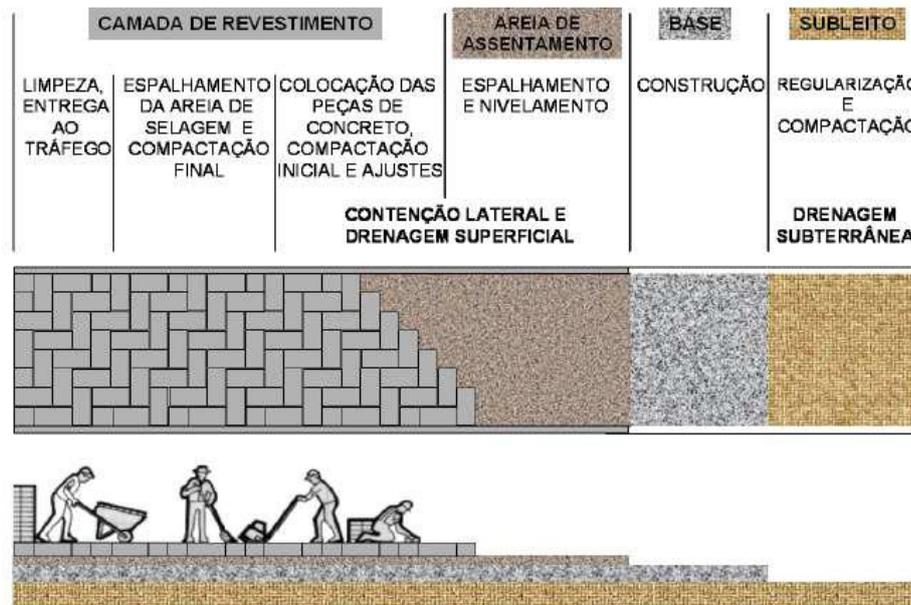
Fonte: Maciel, 2007.

2.2.6 Execução de PPC

Segundo Maciel (2007), a estrutura que apresenta o processo construtivo de pavimentos intertravados é basicamente preparado inicialmente pela camada do subleito, por conseguinte a execução das guias ou meios-fios para garantir a contenção lateral das peças em seguida o lançamento das peças de concreto sobre a superfície de areia grossa, compactando a face e,

preencher as juntas com areia fina. Desse modo, garante o intertravamento dos blocos, alcançando o desempenho proposto no pavimento.

Figura 15 – Processo construtivo



Fonte: MADRID & LONDOÑO, 1986.

Preparativo do subleito: Primeiramente é feita a verificação da camada do subleito que será a base das camadas, e que pode ser utilizado o próprio material do solo natural do local, regularizando de acordo com a cota de projeto, antecedendo a execução da sub-base. Áreas com solos instáveis são inadequados, devendo ser corrigidos com empréstimos de materiais de outra jazida. A importância do CBR do solo, na energia normal de compactação, é fundamental para a avaliação da capacidade de suporte do subleito. (AMADEI, 2011).

Execução da contenção: É obrigatório a execução de contenções laterais para que seja evitado o deslizamento das peças. Existem dois tipos de contenções para os blocos intertravados, os internos (bocas-de-lobo, canaletas) e externos (meios-fios e sarjetas) na qual devem ser executados após a compactação das camadas estruturais e antes do lançamento da areia de assentamento das peças pré-moldadas. Devem atingir a resistência a compressão mínima de 25 Mpa.

Preparo do sub-base: Os componentes da camada de sub-base podem ser com solo-brita ou granular, para atingir sua espessura previamente determinada em projeto para que possa suportar o tráfego previsto. Já que a base é a camada estrutural protetora das cargas externas de forma a evitar deformações (CRUZ, 2003).

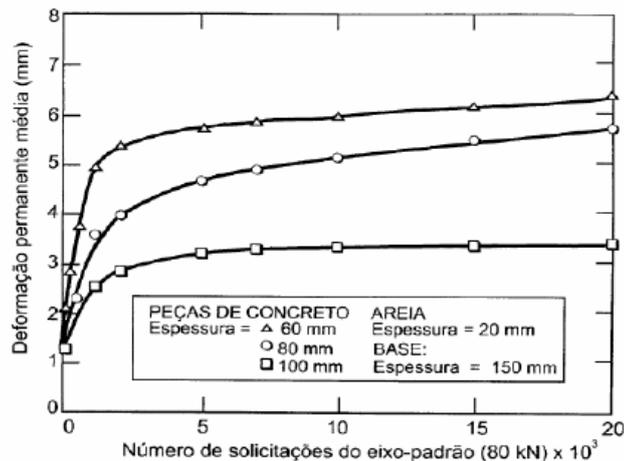
Preparo da base: A camada de base tem como objetivo principal em sua estrutura a distribuição dos esforços de tensões advindas da camada revestida e tem como função de proteger estruturalmente a camada de subleito das cargas externas, evitando deformações indesejáveis que causam deterioração do pavimento (CRUZ, 2003).

Superfície de lançamento das peças: A camada de assento de areia grossa tem como finalidade receber as PPC, mantendo a camada regularizada para as dimensões toleráveis dos blocos (CRUZ, 2003).

Os blocos intertravados de concreto mais utilizados no Brasil possuem resistência individual, na qual pode ser dividido em duas classes, uma com 35Mpa e outra com 50Mpa. A primeira é indicada para trânsito de veículos leve, médio e pesado, enquanto que as peças que possuem resistência de 50Mpa são indicados para pátios industriais e portos, de modo que o revestimento sofre intenso carregamento e desgaste por atrito (ABNT, 1987).

Shackel (1990), apresenta resultados de ensaios que foram realizados na África do Sul, simulando a passagem de veículos pesados, os resultados mostram que ao passar do tempo o pavimento intertratavado sofrem deformações consideravelmente menores com blocos de 80mm de altura do que como blocos de 60mm, para uma mesma solicitação de carga, observa-se também que as deformações iniciais dos três blocos são altas, logo depois diminuem. Como podemos observar na figura 16 a seguir.

Figura 16 – Efeito da espessura das peças de concreto



Fonte: Shackel (1990)

Superfície de revestimento: A camada a ser revestida deverá ser dividida em fiadas, sendo a primeira referência para as demais. Portanto para execução da primeira fiada deve-se

analisar o alinhamento das peças e espaçamento, onde serão aplicadas as juntas de travamento das peças.

Compactação dos blocos: A compactação é feita com a utilização de placas vibratória, com o objetivo de nivelar a camada superficial das peças de concreto, posteriormente será compactado a areia de assentamento, permitindo que preencha a parte das juntas, de baixo para cima.

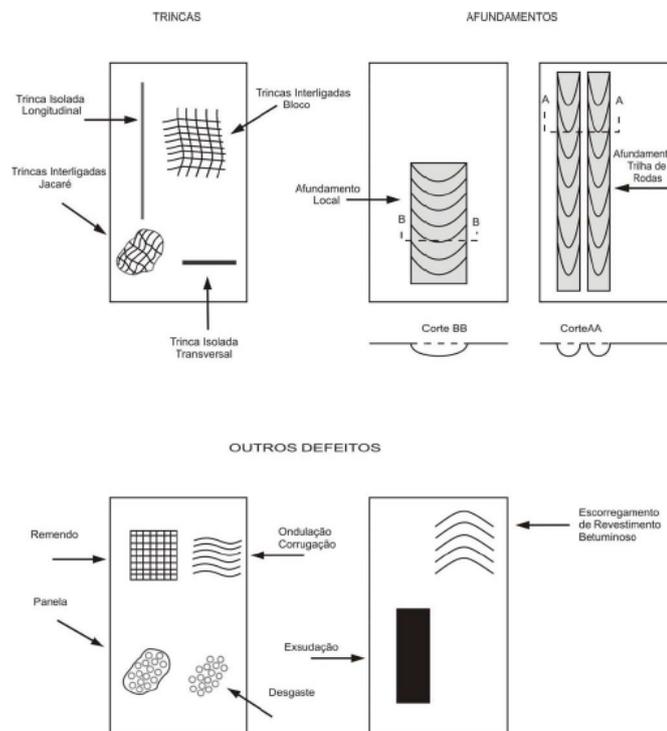
Juntas: A ocupação das juntas com areia proporciona um maior intertravamento entre as peças vizinhas, logo há algumas evidências de que o travamento das PPC possa ocorrer mais ligeiramente em pavimento com juntas mais estreitas entre as peças (MARCIEL (2007)).

2.2.7 Patologias no pavimento

Segundo associação Brasileira de Cimento Portland (2010), o desnível máximo que deve ser considerado é de 0,5cm entre os blocos de concreto para pavimento intertravado.

Segundo a norma 005 do DNIT (2003), as patologias do pavimento flexível são de fácil visualização para análise, são caracterizados diferentes tipos de patologias representada na figura 17 a seguir:

Figura 17 – Representação patológica do pavimento



Fonte: DNIT, 2003.

2.2.8 Resistência

Segundo a NBR 9781:2003, os blocos de concreto utilizados na pavimentação de blocos intertravados devem conter nas peças, resistências à compressão, absorvimento de água, resistência à atrito e inspeção visual pré-definidas, conforme as figuras 18 e 19.

Figura 18 – Resistência a compressão

Solicitação	Resistência características à compressão (<i>f_{pk}</i>) aos 28 dias MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

Fonte: NBR 9781:2013.

Figura 19 – Resistência a abrasão

Solicitação	Cavidade máxima mm
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≤ 23
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≤ 20

Fonte: NBR 9781:2013.

2.2.9 Vantagens

Segundo a ABCP (1999), a pavimentação com blocos intertravados de concreto pode ser considerado uma das alternativas, entre os pavimentos flexível e rígido, quando um desses procedimentos se tornam inviável, seja por motivos técnicos ou econômico, pode ser utilizado peças pré-moldadas de concreto em vias urbanas, pátios, praças e estacionamento.

O Baixo custo, facilidade de manutenção, reaproveitamento das peças (caso seja necessária sua remoção), facilita sua competitividade entre os demais tipos pavimentos existentes, sem contar com a utilização de mão de obra não especializada e de fácil obtenção no local das obras, tornando o processo mais econômico e de rápida liberação de tráfego depois do término da execução do pavimento CRUZ (2003).

2.2.9.1 Vantagens da reciclagem de RCC

Devido as longas distancias de jazidas naturais, com relação aos centros urbanos, a possível solução seria a utilização de agregados reciclados. Essa substituição poderia substituir parcialmente os agregados naturais. A principal vantagem para possa ser feita a reciclagem dos resíduos é a economia no custo final da obra.

Para a produção de 1m³ de concreto, leva em média de material a ser utilizado 300 Kg de cimento, 0,60 m³ de agregado miúdo (areia) e 0,80 m³ de agregado graúdo (brita). Para substituição de agregados reciclado, foi tirado cerca de 20% de agregados naturais LEVY (2007). Levy (2007) ainda diz que na produção de 1m³ de concreto com agregados reciclados se tem uma economia significativa em m³, de acordo com a tabela 2 e 3 a seguir, essa com valores unitários médios.

Tabela 2 – Custo da produção de concreto com agregados naturais

Material	Quantidade	Custo Unidade R\$	Custo total R\$
Cimento	300 kg	0,30	90,00
Areia	0,60 m ³	30,00	18,00
Brita	0,80 m ³	32,00	25,60
TOTAL			133,60/m ³ .

Fonte: LEVY (2007)

Tabela 3 – Custo da produção de concreto com agregados RCC

Material	Quantidade	Custo Unidade R\$	Custo total R\$
Cimento	300 kg	0,30	90,00
Areia	0,48 m ³	30,00	14,40
Areia de RCD	0,12 m ³	15,00	1,80
Brita	0,64 m ³	32,00	20,48
Brita de RCD	0,16 m ³	16,00	2,56
TOTAL			129,24/m ³ .

Fonte: LEVY (2007)

Como visto nos quadros acima ouve uma queda de R\$ 4,36/m³ no custo final. A grande vantagem na utilização de RCC, é a substituição parcial de agregados naturais visando a redução do mesmo, contribuindo diretamente com a redução de agressores ao meio ambiente melhorando assim a qualidade de vida.

2.3 RESÍDUOS

De acordo com NBR 10.004:2004, podemos encontrar resíduos em estado sólido e semi-sólido, e que são resultado de diversos tipos de atividades como, industrial, hospitalar, domésticas, agrícolas, comerciais, serviços e varrição. Esses resíduos podem ser classificados de obedecendo suas características físicas e químicas, onde podem ser encontrados desde materiais tóxicos prejudicial à saúde e também ao meio ambiente, como em materiais inertes.

2.3.1 Classificação de resíduos

2.3.1.1 Classificação NBR 10004:2004

Conforme a NBR 10.004:2004, a classificação é definida como a relação entre a composição do resíduo e relação de resíduo e substâncias em que são conhecidos os impactos causado a saúde e também ao meio ambiente, conforme mostrado a seguir:

- a) resíduos classe I: perigosos;
- b) resíduos classe II: não perigosos,
 - resíduos classe A: não inertes.
 - resíduos classe B: inertes.

2.3.1.2 Classificação CONAMA

De acordo com a Resolução do Conama n. 307 (BRASIL,2002, P. 2), os resíduos oriundos de indústrias da construção civil, devem obedecer aos critérios de classificação da maneira apresentada na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Classificação de RRCs.

Classe	Definição
A	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, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
B	resíduos recicláveis para outras destinações, tais como; plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
C	resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
D	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.

Fonte: BRASIL, 2002.

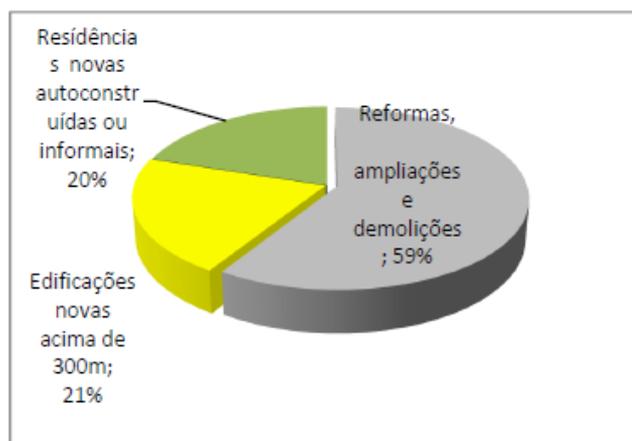
2.3.2 Resíduo de construção civil

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (2011), os RCC são materiais provenientes de construções, reparos, reformas e demolição de edificações. Cerca de 50% a 70% dos resíduos urbanos são resíduos de construção civil, onde a maioria dos materiais são semelhantes aos agregados naturais e solos.

A resolução 307 do CONAMA, alterada pela resolução 348/2004, determina que os RCC devem ser gerenciados pelo seu gerador, dessa maneira facilitando o trabalho municipal, pois antes tinha o dever de descartar o material.

De acordo Pinto (1999), os resíduos representam cerca de 41% a 70% do todo em resíduos de sólidos urbanos. Esses resíduos podem chegar a duas vezes o valor de em quantidade para resíduos domésticos. Os maiores geradores de RCC são as reformas, demolições e ampliações, sendo 59% do total de resíduos gerados conforme a figura 20.

Figura 20 – Origem dos RCC



Fonte: Adaptado de Pinto e Gonzalés (2005, p49)

2.3.3 Normas técnicas específicas de RCC

Os critérios a seguir, as especificações e o modo uso de resíduos de construção estão normatizados pela ABNT NBR 15112 e ABNT NBR 15116:2014, como mostras a tabela 5:

Tabela 5 – Objetivo normativo para RCC

Norma	Objetivo
NBR 15112:2004	fixa requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos de construção civil e de resíduos volumosos.
NBR 15113:2004	fixa requisitos para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos de construção civil classe A e de inertes.
NBR 15114:2004	fixa requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.
NBR 15115:2004	estabelece critérios de execução das camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos e camada de revestimento primário com agregado reciclado de resíduos sólido da construção civil em obras de pavimentação.
NBR 15116:2004	estabelece requisitos para emprego de agregado reciclado em obras de pavimentação viária e preparo de concreto sem função estrutural.

Fonte: ABNT, 2004c; ABNT, 2004d; ABNT, 2004; e ABNT, 2004f; ABNT,2004g.

2.4 CUSTO

Segundo Jungle e Ávila (2006), a orçamentação de uma obra prever o valor futuro da mesma, visando obter organização para que o executor responsável da obra promova seu investimento e possa concorrer ao processo licitatório, analisando a competitividade do produto ou o seu desempenho.

De acordo com Sampaio (1989) e Mattos (2006), as classificações de custo são:

a) Estimativa de custo

É uma maneira de realizar um orçamento tendo como base custos históricos e comparando-o com projetos similares. Um exemplo é são os indicadores genéricos, como o CUB – Custo Unitário Básico – aplicado em construção civil, representando custos de projetos com modelos diferentes por metro quadrado construído, sendo sua confiança de precisão aplicada ao projeto ser muito baixa.

b) Orçamento preliminar

Diferentemente da avaliação de custo anterior o grau de detalhamento do orçamento preliminar é superior é realizado com levantamento de quantidades de materiais e de serviços, acompanhado de pesquisa de preço médio no mercado.

c) Orçamento Analítico

Apresenta a melhor forma de detalhamento e precisão de descrever os custos relacionados do empreendimento realizado após o levantamento de materiais e serviços do projeto apresentado pesquisas de preços médios. Levando em consideração os custos indiretos da obra. De acordo com Tisaka (2006), são custos que não estão diretamente relacionados a obra, porém muito necessário para a execução de empreendimentos.

Após a previsão dos custos necessários da obra, é preciso estimar o preço final da mesma, e isso só estará completo após a aplicação dos custos diretos total da obra a taxa de Benefícios e despesas indiretas (BDI), esta que por sua vez apresenta o lucro da empresa e seus gastos indiretos, sendo um deles a administração centra (TCU, 2013).

Com isso, para orçamentação de obras (nesse caso obras de pavimentação), precisam acompanhar as diretrizes propostas pelo Tribunal de Contas da União (TCU), ao realizar pesquisas de preços médios, composições dos serviços e cálculo de BDI. Deve-se compor serviços com preços médios de referências, já o BDI deve ser calculado conforme com o Acórdão nº 325/2007.

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso, de caráter quali-quantitativo, através de pesquisa de material bibliográfico como referencial teórico, analisando o experimento preexistente do acadêmico Vinicius Correa de Sousa do CEULP/ULBRA, sobre estudo de concreto com utilização de resíduos de construção civil (RCC) para produção de blocos intertravados para pavimentação, no qual os dois tipos de blocos intertravados poderão ser utilizados no revestimento da área de pavimentação do estacionamento do CEULP/ULBRA com a finalidade de comparação entre os custos de blocos intertravado convencionais e blocos confeccionados de RCC, e o quanto será minimizado em RCC nos aterros de resíduos sólidos de Palmas-TO.

3.2 OBJETO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

O estacionamento do CEULP/ULBRA foi utilizado para estimação da quantidade de blocos na sua área a ser pavimentada com os dois tipos de blocos intertravados em estudo e análise comparativa de custo entre os diferentes tipos de composição. Nesse local não há nenhum revestimento de pavimento, sendo sua área estimada em aproximadamente 5.642,00 m² e está localizado na capital do estado do Tocantins, tendo como coordenadas geográficas: latitude 10°16'42.55"S e longitude 48°20'3.95"O.

Figura 21 – Área escolhida para estudo.

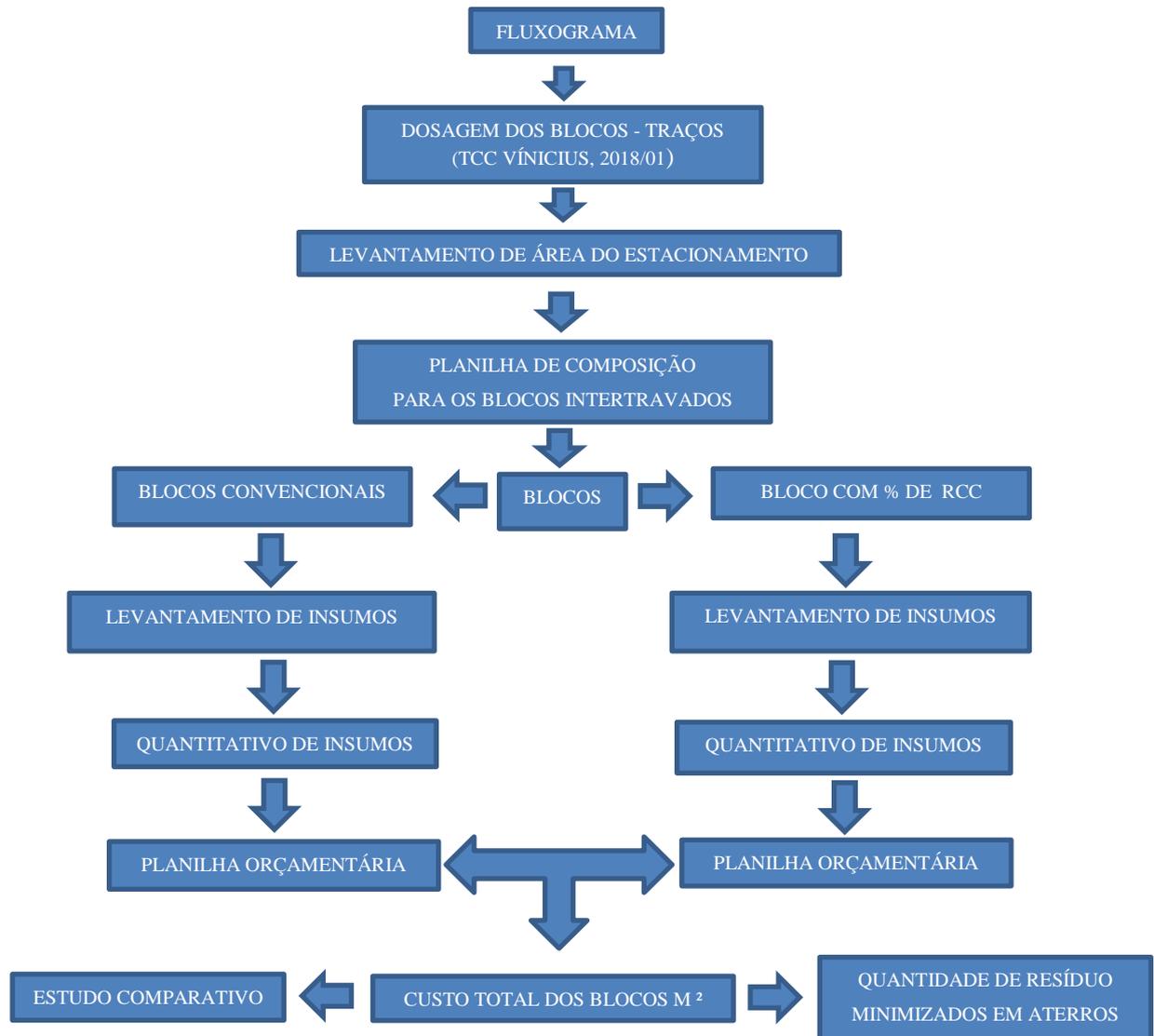


Fonte: Google Earth (2018)

3.3 FLUXOGRAMA DE ESTUDO

O trabalho será realizado nas seguintes etapas, conforme a figura 22, que apresenta o fluxograma com as diferentes etapas do processo metodológico utilizado para realização deste estudo, garantindo o objetivo do trabalho.

Figura 22 – Planejamento da pesquisa



Fonte: Próprio autor (2018)

3.4 ORÇAMENTO

3.4.1 Planilha orçamentária

Foi elaborado por planilha eletrônica (EXCEL, 2016) orçamentos dos materiais a ser comparado, utilizando o SINAPI – índice da construção civil, onde serão definidos os custos para execução de cada material estudado.

Figura 23 - Planilha modelo composição

OBRA:						BDI=	
LOCAL:						L.S=	
DATA:							SINAPI 02/2018
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO(R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1.0			SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	74209/001	SINAPI					
2.0			PAVIMENTAÇÃO				
2.1	74164/004	SINAPI					
2.2	92396	SINAPI					
2.3	92396	SINAPI					
2.4	72948	SINAPI					
2.5	5622	SINAPI					
2.6	74237/001	SINAPI					
						SUB-TOTAL	R\$ -

Fonte: Próprio autor (2018)

Após elaboração da planilha orçamentária, foi gerado gráfico para uma melhor compreensão das diferenças financeiras com os dois tipos de blocos a ser analisado e a quantidade de resíduos de concreto minimizados em aterros de resíduos sólidos de Palmas-TO.

3.4.2 Composições

Para o levantamento dos custos do material fez-se necessário pesquisar o custo unitário de cada insumo, para depois obter o valor total de cada um desses, ou seja, o valor total para a execução de cada serviço.

Para isso, o custo unitário de cada insumo, definidos anteriormente no referencial teórico, foi pesquisado por meio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com preços estipulados para a cidade de Palmas-TO.

Para a pesquisa será considerado serviços com materiais de origem comercial, a figura 24 mostra o valor comercial do m² de um bloco convencional que será o modelo de composição de custo para os blocos em estudo.

Figura 24 - Insumo sinapi data base 03/2019

	10 CM, RESISTENCIA DE 50 MPA (NBR 9781), COR NATURAL			
00036170	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, *22 CM X 11* CM, E = 8 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	C	49,95
00040524	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, 20 CM X 10 CM, E = 10 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	CR	60,74
00036156	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, 20 CM X 10 CM, E = 6 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COLORIDO	M2	CR	52,65
00036155	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, 20 CM X 10 CM, E = 6 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	CR	46,64
00036154	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, 20 CM X 10 CM, E = 8 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COLORIDO	M2	CR	61,96
00000695	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO RAQUETE, *22 CM X 13,5* CM, E = 6 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	CR	45,80
00000679	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO SEXTAVADO, 25 CM X 25 CM, E = 10 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	CR	62,77

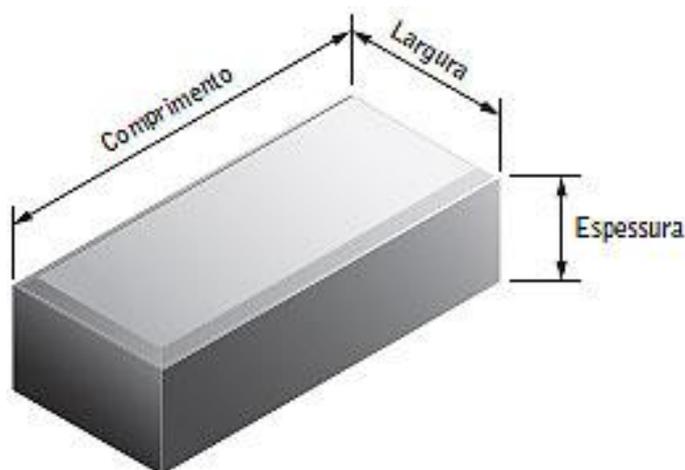
Fonte: SINAPI (2019)

3.5 DIMENSIONAMENTO DOS PPC

3.5.1 Características dos blocos

O dimensionamento dos blocos seguirá os parâmetros da NBR 9781:2013, que determina regras para a geometria da peça. Com a finalidade de se obter a resistência mínima estabelecida de 35MPa, o número “N” adotado será inferior a 5×10^5 , estabelecendo uma espessura mínima de 6cm, com 10cm de largura por 20cm de comprimento conforme disponibilidade das formas.

Figura 25 - Dimensões PPC



Fonte: <http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/40/imagens/i296872.jpg> Acesso: 16/04/18

3.5.2 Dimensionamento do pavimento para PPC

O procedimento de dimensionamento da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) é aconselhado para vias com passagem de veículos muito leve e leve com “N” (número “N” de capacidade por eixo simples padrão) de até 10^5 . Basicamente se estabelece a espessura total através da aplicação da equação 1, sendo que no dimensionamento da espessura deste tipo de pavimento, costuma-se empregar o procedimento do CBR, tomando apenas 50% da carga por roda. A espessura do pavimento é então dada pela expressão:

$$e = \frac{150 + 150\sqrt{P/2}}{I_s + 5}$$

[1]

onde:

e - espessura total do pavimento, em cm

P - carga por roda, em tf

I_s - CBR do subleito, em %

A dimensões e resistência dos blocos de revestimento deverão seguir os valores da Tabela 6, a qual através do volume de tráfego especifica a espessura do revestimento a ser adotado e a resistência à compressão que deverá atender.

Tabela 6 - Espessura e resistência das peças

<i>TRÁFEGO</i>	<i>ESPESSURA REVESTIMENTO</i>	<i>RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES</i>
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

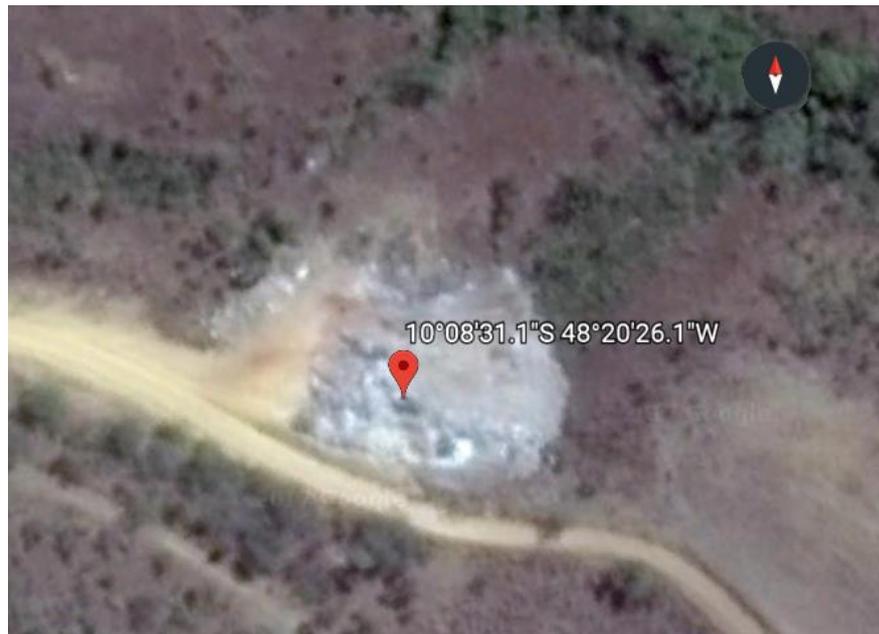
Fonte: Maciel, 2007.

De posse da espessura total, subtrai-se o valor de espessura referente ao bloco intertravado, bem como 4 cm de espessura de assentamento, valor este fixado pelo DNIT, tendo desta forma o valor referente à espessura de base que será utilizada.

3.6 QUANTITATIVO DE RCC MINIMIZADO EM LOCAIS DE DESCARTE

De acordo como descritos no item 2.2.9 e 2.2.9.1, constantes no referencial teórico, pode pressupor que com a utilização de RCC de concreto, esse dosado de acordo com o trabalho de conclusão acima citado, será possível minimizar os resíduos de RCC de concreto descartados no aterro de resíduo sólido, localizado na região norte de Palmas-TO. Coordenadas do aterro: 10°08'31.1"S; 48°20'26.1"W.

Figura 26 - Aterro de Resíduos Sólidos



Fonte: Google Earth, Acesso: 17/04/2018

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DOSAGEM

De acordo com o trabalho de conclusão de Curso do Acadêmico SOUSA, Vinicius Correa (2018), sobre estudo de concreto com utilização de resíduos de construção civil (RCC) para produção de blocos intertravados para pavimentação, foram desenvolvidos 4 traços através do método ACI para a confecção dos blocos, sendo eles o referencial o sem nenhuma adição, já os traços com 5, 10 e 20% de adição de RCC, em substituição parcial do agregado miúdo natural.

4.1.1 Traço referêcia

Traço em massa
1 : 1,3 : 1,62 f a/c= 0,404

4.1.2 Traço 5% RCC

Traço em massa
1 : 1,24 : 0,059 : 1,62 f a/c= 0,404

4.1.3 Traço 10% RCC

Traço em massa
1 : 1,17 : 0,12 : 1,62 f a/c= 0,404

4.1.4 Traço 20% RCC

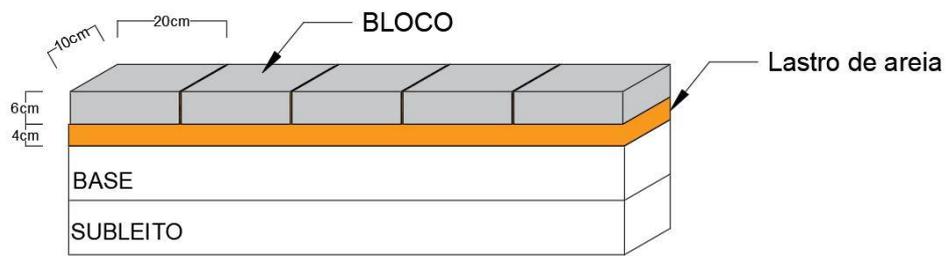
Traço em massa
1 : 1,04 : 0,23 : 1,62 f a/c= 0,404

Tabela 7 – Quantidade de materiais utilizados para dosagem

Descrição	Insumos (kg)				
	Cimento	Ag. Miúdo	Ag. Graúdo	RCC	Água
Traço Referência	8	10,4	12,93	-	3,23
Traço 5% RCC	8	9,91	12,93	0,47	3,23
Traço 10% RCC	8	9,34	12,93	0,93	3,23
Traço 20% RCC	8	8,31	12,93	1,86	3,23

Fonte: SOUSA, Vinicius Correa (2018)

Figura 27 – Seção Tipo

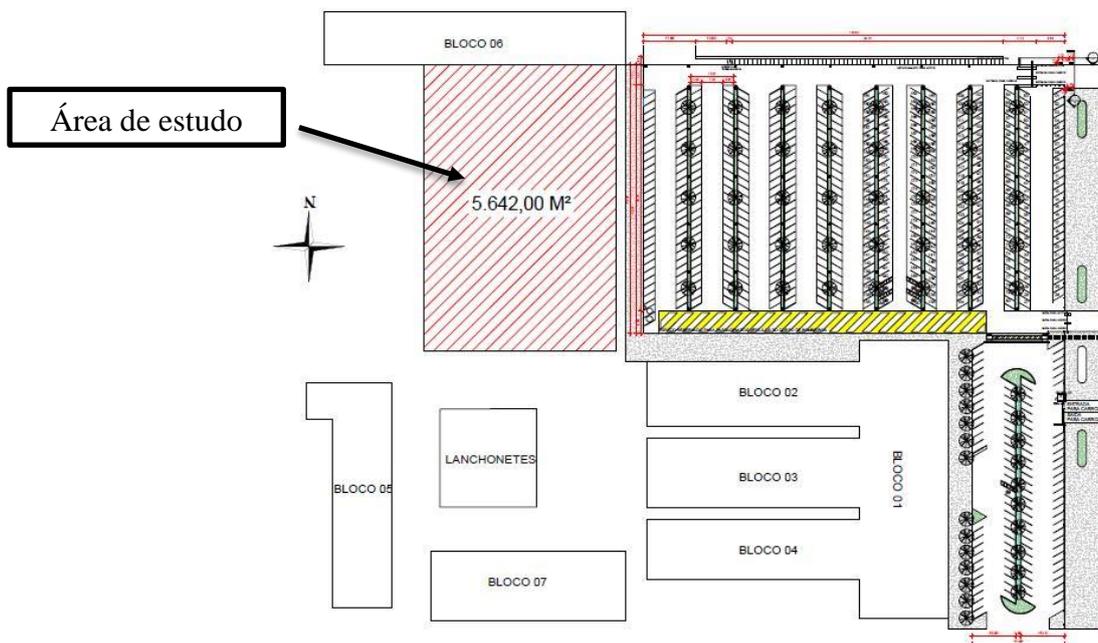


Fonte: Próprio Autor (2019)

4.2 ESTACIONAMENTO

O estacionamento proposto neste estudo tem área estimada em 5.642,00 m², na qual poderá ser empregado os blocos intertravados em estudo como indicado na figura 27.

Figura 28 – Estacionamento em Estudo



Fonte: Adaptado de Ceulp/ulbra (2019)

4.3 ANÁLISE DE CUSTO DOS AGREGADOS MIÚDO UTILIZADOS

Nesta pesquisa, observa-se que a produção de blocos intertravados utilizando RCC apresenta um potencial tecnicamente viável para uso em área submetidas a baixos volumes de

tráfego. No tocante a análise econômica, esta pesquisa se deteve em comparar os preços dos agregados na região metropolitana de Palmas/TO, conforme descrições a seguir:

O preço da areia natural no SINAPI com data base de março de 2019 custa R\$ 72,5 m³, enquanto que a areia reciclada custa em torno de R\$ 4,17 m³, preço que a empresa encarregada de produzir agregados por RCC disponibilizou no mercado. A diferença financeira é significativa, o ganho ambiental torna-se um fator ainda maior. Observa-se uma discrepância nos preços, que pode incentivar a produção dos blocos com agregados de resíduos.

Desse modo, este agregado apresenta um custo de produção inferior aos dos agregados naturais e com sua utilização ainda há um ganho ambiental, por evitar a extração de matéria prima natural e promover um destino final a um tipo de resíduo que tem considerável participação no total dos resíduos sólidos urbanos.

4.4 COMPOSIÇÕES

Os materiais constituintes na produção dos pavers são as britas, areia natural e ou areia de RCC, cimento Portland e água. O levantamento dos custos unitários dos insumos do pavimento de blocos intertravados seguiu utilizando-se as composições do SINAPI. Para a produção, utilizou-se os valores do sistema SINAPI para encontrar os custos unitários de referência para os materiais empregados, sendo que os blocos foram com preço de referência na cidade de Palmas/TO.

4.4.1 Composição bloco convencional

Tabela 8 - Composição Bloco convencional

Composição para 1 m ² de bloco, com dimensões em centímetro de: 20x10x6							
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO(R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
COMPOSIÇÃO PARA TRAÇO: 1 : 1,3 : 1,62 f a/c= 0,404							
1.0			BLOCO INTERTRAVADOS				
1.1	370	SINAPI	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,02	R\$ 72,50	R\$ 1,54
1.2	4721	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	0,03	R\$ 95,39	R\$ 3,13
1.3	1379	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	29,31	R\$ 0,52	R\$ 15,24
						TOTAL	R\$ 19,91

Fonte: Próprio Autor (2019)

A planilha de composição de preço por m² do bloco intertravado convencional com valor de R\$ 19,91 e como referência SINAPI, para produção de 1m² de blocos onde foram detalhados as unidades, quantidades, preço unitário e preço total, com isso o custo total para fabricação das peças.

4.4.2 Composição bloco com adição de 5% de RCC

Tabela 9 – Planilha Composição Bloco 5% RCC

Composição para 1 m ² de bloco, com dimensões em centímetro de: 20x10x6							
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO(R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
COMPOSIÇÃO PARA TRAÇO: 1 : 1,24 : 0,059 : 1,62 f a/c= 0,404							
1.0			BLOCO INTERTRAVADOS				
1.1	370	SINAPI	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,02	R\$ 72,50	R\$ 1,44
1.2		MARCADO	AREIA RCC	M3	0,001	R\$ 4,17	R\$ 0,01
1.3	4720	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	0,03	R\$ 95,39	R\$ 3,13
1.4	1379	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	29,31	R\$ 0,52	R\$ 15,24
						TOTAL	R\$ 19,82

Fonte: Próprio Autor (2019)

A planilha de composição orçamentária dos blocos intertravados com substituição de 5% de RCC com valor de R\$ 19,82 e como referência SINAPI, em sua produção onde foi detalhado todos os materiais, unidade, quantidade, preço unitário e preço total de cada item, com isso o custo total para fabricação das peças.

4.4.3 Composição bloco com adição de 10% de RCC

Tabela 10 - Planilha Composição Bloco 10% RCC

Composição para 1 m ² de bloco, com dimensões em centímetro de: 20x10x6							
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO(R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
COMPOSIÇÃO PARA TRAÇO: 1 : 1,24 : 0,059 : 1,62 f a/c= 0,404							
1.0			BLOCO INTERTRAVADOS				
1.1	370	SINAPI	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,02	R\$ 72,50	R\$ 1,35
1.2		MERCADO	AREIA RCC	M3	0,003	R\$ 4,17	R\$ 0,01
1.3	4720	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	0,03	R\$ 95,39	R\$ 3,13
1.4	1379	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	29,31	R\$ 0,52	R\$ 15,24
						TOTAL	R\$ 19,73

Fonte: Próprio Autor (2019)

A planilha de composição orçamentária dos blocos intertravados com substituição de 10% de RCC com valor de R\$ 19,73 e como referência SINAPI, em sua produção onde foi detalhado todos os materiais, unidade, quantidade, preço unitário e preço total de cada item, com isso o custo total para fabricação das peças.

4.4.4 Composição bloco com adição de 20% de RCC

Tabela 11 - Planilha Composição Bloco 20%

Composição para 1 m ² de bloco, com dimensões em centímetro de: 20x10x6							
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO(R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
COMPOSIÇÃO PARA TRAÇO: 1 : 1,24 : 0,059 : 1,62 f a/c= 0,404							
1.0			BLOCO INTERTRAVADOS				
1.1	370	SINAPI	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,02	R\$ 72,50	R\$ 1,17
1.2		MERCADO	AREIA RCC	M3	0,005	R\$ 4,17	R\$ 0,02
1.3	4720	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	0,03	R\$ 95,39	R\$ 3,13
1.4	1379	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	29,31	R\$ 0,52	R\$ 15,24
						TOTAL	R\$ 19,56

Fonte: Próprio Autor (2019)

A planilha de composição orçamentária dos blocos intertravados com substituição de 20% de RCC com valor de R\$ 19,56 e como referência SINAPI, em sua produção onde foi detalhado todos os materiais, unidade, quantidade, preço unitário e preço total de cada item, com isso o custo total para fabricação das peças.

4.5 PLANILHA ORÇAMENTÁRIA COMPARATIVA DE CUSTO

A planilha orçamentária comparativa dos blocos intertravados com aplicação na área a ser pavimentada com 5.642,00 m² em estudo com quantitativos de insumos e preços dos mesmos e substituição parcial de areia natural por areia de RCC, conforme tabela 12.

Tabela 12 - Planilha Orçamentária Total

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1.0		BLOCO INTERTRAVADOS				
1.1	COMP. 1	BLOCO CONVENCIONAL	M2	5.642,00	R\$ 19,91	R\$ 112.312,79
1.2	COMP. 2	BLOCO COM 5% DE RCC	M2	5.642,00	R\$ 19,82	R\$ 111.823,15
1.3	COMP. 3	BLOCO COM 10% DE RCC	M2	5.642,00	R\$ 19,73	R\$ 111.333,51
1.4	COMP. 4	BLOCO COM 20% DE RCC	M2	5.642,00	R\$ 19,56	R\$ 110.354,23

Fonte: Próprio Autor (2019)

4.5.1. Gráfico comparativo de custo

Conforma planilha verifica-se que o preço dos insumos do bloco convencional para o de maior adição de RCC 20%, nota-se uma variação de preço de R\$ 1.958,57 para uma área de 5642,00 m² estimada para o estacionamento em estudo, sendo assim uma diferença considerada baixa, pois a substituição de RCC no bloco também é baixa.

Figura 29 – Gráfico preço total



Fonte: Próprio Autor (2019)

4.6 PLANILHA COMPARATIVA BLOCO E LASTRO DE AREIA

A planilha orçamentária comparativa dos blocos intertravados utilizado o lastro com agregado miúdo de RCC para a área de pavimentação com 5.642,00 m² em estudo com quantitativos de insumos e preços dos mesmos e substituição parcial de areia natural por areia de RCC.

Tabela 13 – Planilha de preço com lastro de areia

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1.0		BLOCO INTERTRAVADOS				
1.1	COMP. 1	BLOCO CONVENCIONAL	M2	5.642,00	R\$ 22,81	R\$ 128.674,59
1.2	COMP. 2	BLOCO COM 5% DE RCC + LASTRO DE AREIA RCC	M2	5.642,00	R\$ 19,99	R\$ 112.764,24
1.3	COMP. 3	BLOCO COM 10% DE RCC + LASTRO DE AREIA RCC	M2	5.642,00	R\$ 19,90	R\$ 112.274,60
1.4	COMP. 4	BLOCO COM 20% DE RCC + LASTRO DE AREIA RCC	M2	5.642,00	R\$ 19,73	R\$ 111.295,31

Fonte: Próprio Autor (2019)

4.6.1. Gráfico comparativo de custo bloco e lastro

Conforma planilha verifica-se que o preço total utilizando RCC tanto na composição dos blocos como na areia de assentamento ou lastro de areia, o preço diminui significativamente para os que emprega areia natural, a diferença do bloco com maior adição de RCC 20% com lastro de areia com agregado de RCC, é constatada uma variação de preço total da obra de R\$ 17.379,28 para a área de 5.642,00 m², sendo assim uma diferença de preço atrativa ao mercado consumidor.

Figura 30 – Gráfico comparativo total



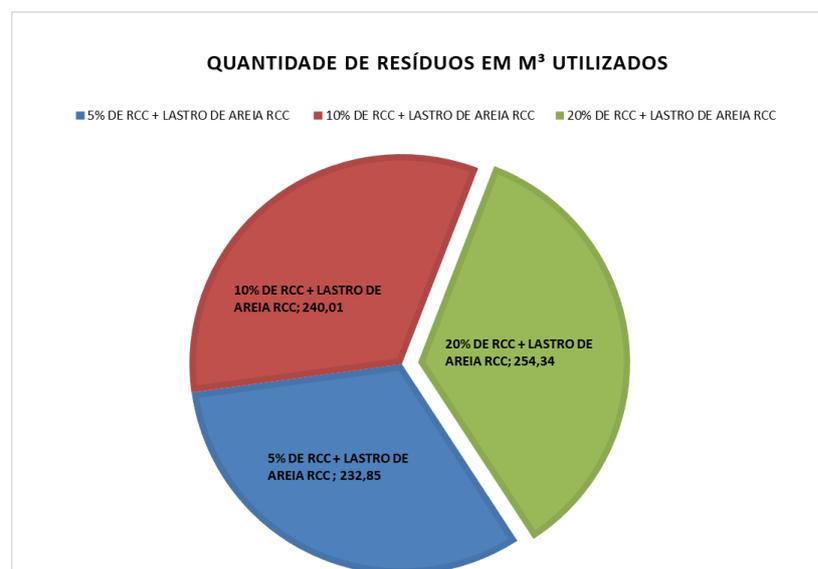
Fonte: Próprio Autor (2019)

4.7 QUANTIDADE DE RCC MINIZADO

4.7.1 Quantidade de resíduo minimizados em aterros

A quantidade de resíduo minimizados em aterros de resíduos sólidos pela adição nos blocos intertravados com 5, 10 e 20% como agregado miúdo com RCC e lastro de RCC é significativamente positiva, pois quando se gera resíduos e ao mesmo tempo se faz sua utilização há um benefício ambiental, social e economicamente sustentável, com a substituição de 20% de RCC no bloco e de toda a areia do lastro de assentamento dos blocos, minimiza-se 254,34 m³ de RCC no aterro.

Figura 31 - Quantidade de resíduo minimizado



Fonte: Próprio Autor (2019)

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo geral comparar o custo de blocos intertravados convencionais com blocos intertravados que em sua composição substitua parcialmente o agregado miúdo natural por agregado miúdo de RCC, para que possa atingir um valor atrativo no mercado e uma melhor forma de minimização desse resíduo no meio ambiente. Entende-se que foram atingidos plenamente todos os objetivos propostos, sendo assim é possível chegar a algumas conclusões sobre os resultados e análises.

Portanto, foi necessário o levantamento da área do estacionamento do Ceulp/Ulbra para encontrar o custo final de aplicação e comparação entre os dois blocos. Dessa forma, comprova-se que a produção de blocos intertravados com agregados de RCC de concreto apresenta ser econômica e ambientalmente viável, pois suas porcentagens utilizadas e os custos de implantação foram satisfatórias de acordo com os valores de custo total elaborados. O estudo comparativo de custo foi desenvolvido nesse trabalho com a finalidade de que tenha uma visão mais clara de custo dos blocos intertravados como adições de RCC, análise essa na qual foi comparado dois insumos distintos, pois um tipo é extraído da natureza e o outro do aterro de resíduos sólidos, no entanto, com a mesma finalidade.

Quando a aplicação de RCC é apenas nos blocos a diferença de custo total é baixa com apenas R\$ 1.958,57, mas quando empregado com lastro de assentamento do mesmo, a diferença no custo total é de R\$ 17.379,28. Assim a utilização do RCC em sua composição minimiza-se 254,34 m³ de RCC no aterro sendo um grande ganho quanto a utilização de agregados proveniente de resíduo de construção civil, onde foram gerados e reutilizados como forma mitigatória para o meio ambiente.

Desta forma, conclui-se que a utilização do RCC com substituição parcial do agregado miúdo natural no bloco e a total no lastro de areia, torna-se uma alternativa financeiramente viável.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Aumentar os teores de substituição acima de 20% para o agregado miúdo até a substituição total;
2. Estudar formas de substituição do agregado graúdo até a substituição total no bloco intertravado;
3. Ampliar os estudos em implantação do RCC no concreto na engenharia e demais áreas.

6 REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. São Paulo: ABCP, 2010. 36 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7207/82: Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 21 p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregado para concreto-especificações**. Rio de Janeiro, ABNT:2005. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **ET-27. Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto**. 4a Edição. São Paulo, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9781/1987: Regularização do Subleito - Procedimento. Especificação**. São Paulo, 1987.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de Construção – Normas, Especificações, Aplicações e Ensaio de Laboratório**. São Paulo: PINI, 2012. 459p

AMADEI, D. I. B. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do Município de Juranda/PR**. 153p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 17.07.2002.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2006. 501p.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção: Novos materiais para construção civil**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 471 p.

DNIT 005 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: Terminologia**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. 2003.

FRANCA F. LUÍS MÁRCIO, notas de aula, julho 2005. MASCARENHAS NETO, J.D. Método para construir as estradas em Portugal. 1790.

FONTES, L. P. T. L. **Contribuição à Investigação Geotécnica de Vias Urbanas não Pavimentadas Através do Emprego do Penetrômetro Dinâmico de Cone**. Florianópolis, Brasil, 2001.

HALLACK, A. B. D. O. Dimensionamento de Pavimentos com Revestimento de Peças Pré-Moldadas de Concreto para Áreas Portuárias e Industriais. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo - Escola Politécnica, São Paulo, Brasil, 1998.

JUNGLES, Antônio Edésio. ÁVILA, Vitorino. **Gerenciamento na Construção Civil**. Florianópolis: Argos, 2006.

LEVY, S. M. Produzindo concretos ecologicamente e politicamente corretos. **Exacta**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 375 –384, jul./dez. 2006.

MACIEL, Anderson Brum, **Dossiê Técnico - Pavimentos Intertravados**. RS: SENAI, 2007. 22 p.

MULLER, R.M. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**. Dissertação de Mestrado, Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil 2005.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: PINI, 1997. 828 p.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13ed. Porto Alegre: Globo, 1975. 307p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação** - Vol. 1. 2ª Ed. ampl. - São Paulo: Pini, 2007. 761p.

SHACKEL, B. **Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavement**. Elsevier, New York and London, 1990.

T & A Blocos e Pisos, **Manual técnico de piso intertravado de concreto**. Fortaleza: T & A Blocos e Pisos, 2004. 46p.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na Construção Civil: consultoria, projeto e execução**. 1. Ed. São Paulo: Editora Pini, 2006.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Obras Públicas – Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras e Edificações Públicas**. Brasília, 2013.

