



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANNYLO SOARES PAIVA

**CARACTERIZAÇÃO DO BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO PRODUZIDO
POR UMA EMPRESA LOCALIZADA EM RIACHO DA CRUZ/RN**

PAU DOS FERROS - RN

2019

DANNYLO SOARES PAIVA

**CARACTERIZAÇÃO DO BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO PRODUZIDO
POR UMA EMPRESA LOCALIZADA EM RIACHO DA CRUZ/RN.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Pau dos Ferros - RN para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª Renata Jully Nunes Xavier - UFERSA.

PAU DOS FERROS - RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1996. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S188c Soares Paiva, Dannylo.
CARACTERIZAÇÃO DO BLOCO INTERTRAVADO DE
CONCRETO PRODUZIDO POR UMA EMPRESA LOCALIZADA EM
RIACHO DA CRUZ/RN / Dannylo Soares Paiva. - 2019.
46 f. : il.

Orientador: Renata Jully Nunes Xavier.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, Curso de , 2019.

1. Bloco intertravado. 2. Pavimento. 3.
Resistência à compressão. 4. Absorção de água. I.
Jully Nunes Xavier, Renata , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

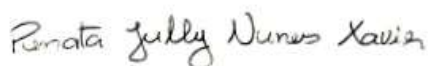
DANNYLO SOARES PAIVA

**CARACTERIZAÇÃO DO BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO PRODUZIDO
POR UMA EMPRESA LOCALIZADA EM RIACHO DA CRUZ/RN.**

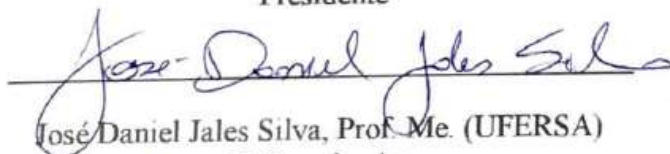
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 14 /08 / 2019

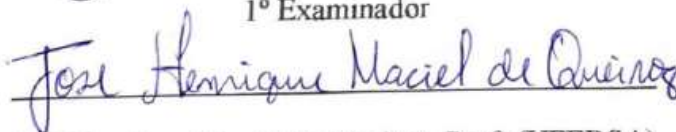
BANCA EXAMINADORA



Renata Jully Nunes Xavier, Profª. Bel. (UFERSA)
Presidente



José Daniel Jales Silva, Prof. Me. (UFERSA)
1º Examinador



José Henrique Maciel de Queiroz, Prof. (UFERSA)
2º Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida, por estar presente em todos os momentos e que, em meio às adversidades, me fez acreditar que tudo é possível.

Agradeço aos meus pais, Deomar Gomes de Paiva e Veralúcia Soares Paiva, pelo amor, suporte e valores a mim ensinados. Por sempre me apoiarem e me incentivarem e que, apesar de todas as dificuldades enfrentadas, nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

Agradeço aos meus irmãos, Artur Paiva e Damácio Paiva, pelo apoio que me dão sempre que preciso, pela palavra que acalenta, pelos conselhos oportunos, pela confiança e por todos os incentivos para a realização dos meus sonhos. Pela nossa irmandade e amizade.

Às minhas primas-tias Antônia Lúcia (Talúça) e Lígia Maria (Liginha) e a tia Vilani por sempre torcer, me incentivar e me ajudar de todas as formas possíveis.

Agradeço aos meus amigos Maria Aparecida (Cida), Geraldo Júnior, Bruno Henrique, Victor Mateus e Larissa, pessoas fundamentais no meu amadurecimento pessoal, com quais dividi minhas emoções nesses últimos anos.

Agradeço ao meu amigo Geraldo Júnior, que sempre trazia uma palavra de conforto e motivação nas horas mais decisivas. Obrigado por tudo amigo, você mais do que fundamental, é essencial na minha vida.

Agradeço a minha amiga e comadre Luanna Paiva, por sempre me fazer acreditar que os meus sonhos são possíveis, a sua força encorajadora tem sido fundamental. Minha professora sobre a escola da vida. Que nossa amizade e cumplicidade sempre prevaleça.

Agradeço a minha amiga Rayanna, que nos momentos finais apareceu como uma pessoa fundamental para conclusão desse curso. Sempre me acolhendo em sua residência e sem medir esforços para me ajudar. Obrigado por tudo até aqui!

Agradeço a minha orientadora Renata Jully, por toda dedicação, comprometimento e paciência e que, gentilmente, aceitou ser minha orientadora. Obrigado pela confiança em mim depositada e pelo conhecimento compartilhado.

RESUMO

De acordo com a ABCP (2019) a utilização dos blocos intertravados antes apenas em grandes centros, começa a surgir nas cidades de pequeno e médio porte como uma solução acessível de pavimentação de ruas e calçadas. Os pisos intertravados são peças de concreto pré-moldados maciços e permitem o revestimento de uma superfície. Essas peças são justapostas em uma camada de assentamento e as juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento é assegurado pela contenção. Com a crescente demanda pela busca por materiais mais práticos na construção civil e que exijam menos mão de obra e menor tempo despendido no processo de execução, é notável o surgimento de novas fábricas de blocos intertravados. Percebendo o uso crescente deste tipo de pavimento aliada a necessidade de disponibilizar produtos de melhor qualidade e que cumpram os requisitos estabelecidos pelas Normas Brasileiras, surgiu a possibilidade de se estudar as características dos blocos intertravados fabricados por uma empresa em Riacho da Cruz - RN. O presente trabalho objetivou caracterizar os blocos intertravados fabricados por uma empresa localizada na cidade de Riacho da Cruz-RN, com base em alguns parâmetros estabelecidos pela NBR 9781 de 2013. Para o desenvolvimento do estudo, foram executadas as seguintes atividades: visita técnica à fábrica de produção dos blocos e coleta de amostras para ensaios laboratoriais com a finalidade de caracterizar os blocos quanto à sua resistência à compressão, permeabilidade ou absorção de água e avaliação dimensional, seguindo os parâmetros normativos e identificar se os blocos fabricados pela empresa em questão são ideais para tráfego de pessoas ou veículos. Durante a pesquisa verificou-se que com aos resultados de resistência a compressão, foi observado que nenhuma peça atingiu o valor mínimo exigido pela norma. Em uma análise da resistência característica à compressão, este valor foi 17,44 MPa o qual também não satisfaz a prescrição da NBR 9781 (2013), entretanto viu-se que os blocos analisados estariam adequados para uso restrito para tráfego de pessoas. Quanto à absorção de água, o maior índice de absorção foi na peça que apresentou menor massa após o processo de secagem na estufa. Como nenhuma peça ensaiada atingiu ao limite máximo estabelecido pela NBR 9781:2013, o valor médio entre elas também não foi satisfeito, este valor está intimamente ligado a quantidade de vazios presente na amostra.

Palavras-chave: Blocos intertravado; Pavimento; Resistência à compressão; Absorção de água.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Seção Transversal Típica da Estrutura Final do Pavimento Intertravado.	10
Figura 2 - Deslocamento das peças de concreto.	12
Figura 3 - Paginações de blocos de concreto mais usuais.	13
Figura 4 - Seção tipo pavimento intertravado.	14
Figura 5 -Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo I.	20
Figura 6 - Assentamento em fileira de blocos intertravado de concreto tipo I.	20
Figura 7 - Assentamento em espinha de peixe de blocos intertravado de concreto tipo I	21
Figura 8 - Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo II.	21
Figura 9 - Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo III.	21
Figura 10 - Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo IV.	22
Figura 11 - Formas usada no processo de fabricação.	24
Figura 12 - Cimento usado na fabricação dos blocos intertravados.	24
Figura 13 - Agregado miúdo usado na fabricação dos blocos intertravados.	25
Figura 14 - Agregado graúdo usado na fabricação dos blocos intertravados.	26
Figura 15 - Lubrificação das formas com óleo diesel.	27
Figura 16 - Argamassa na base da forma.	27
Figura 17 - Mesa vibratória.	28
Figura 18 - Preenchimento das formas com concreto.	29
Figura 19 - Retirada do excesso de concreto.	29
Figura 20 - Processo de secagem.	30
Figura 21 - Desmoldagem dos blocos.	30
Figura 22 - Colaborado lançando água sobre os blocos.	31
Figura 23 - Ensaio de compressão do bloco.	32
Figura 24 - Saturação dos blocos intertravado.	34
Figura 25 - Aferição para avaliação dimensional.	35
Figura 26 - Bloco intertravado ensaiado.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistência característica a compressão.	19
Tabela 2 - Valores de resistência à compressão de cada amostra.....	37
Tabela 3 - Valores do ensaio de absorção de água.	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 PROBLEMATIZAÇÃO	8
3 JUSTIFICATIVA	9
4 OBJETIVOS	9
5 REVISÃO DE LITERATURA	10
5.1 PAVIMENTO INTERTRAVADO	10
5.2 VANTAGENS DO USO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO	13
5.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO	15
5.3.1 Materiais utilizados na fabricação dos blocos intertravados	15
5.3.2 Processo de fabricação dos blocos intertravados e equipamentos utilizados	17
5.4 PROPRIEDADES E DURABILIDADE DO CONCRETO	18
5.5 ENSAIOS CARACTERÍSTICOS	19
5.5.1. Resistência característica à compressão	19
5.5.2. Absorção de água	20
5.5.3. Avaliação dimensional	20
6 METODOLOGIA	23
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
6.2 MATERIAIS	23
6.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	26
6.4 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS BLOCOS	31
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
7.1 AVALIAÇÃO DIMENSIONAL	35
7.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	36
7.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA	38
8 CONCLUSÃO	39
9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

O pavimento intertravado de concreto foi originado na Europa, no final do século XIX, entretanto, o crescimento no uso deste material para pavimento ocorreu no período do pós-guerra e somente na década de 70 foi introduzido no Brasil. Além de possuir consideráveis vantagens técnicas, apresenta um custo muito competitivo e muitas vezes inferior ao ser comparado com outras alternativas de pavimentos, como o flexível e rígido (HALLACK, 1998 apud MARCHIONI, 2012).

De acordo com a ABCP (2019) a utilização dos blocos intertravados antes apenas em grandes centros, começa a surgir nas cidades de pequeno e médio porte como uma solução acessível de pavimentação de ruas e calçadas. Segundo o mesmo autor, esta alternativa de pavimentação está associada a relação custo x benefício, levando-se em consideração o princípio da produtividade e da qualidade. Entre as características desse tipo de pavimento, por exemplo, está o método de sua aplicação que pode ser particionada, assegurando a execução por etapas, e por isso, parcelando também o seu custo e contribuindo para a viabilidade da obra (ABCP 2019).

De acordo com Piorotti (1985), a vida útil do pavimento intertravado pode ser de até 25 anos, desde que os blocos de concreto sejam de excelente qualidade, sigam os critérios de padrão exigidos pela NBR 9781 para aceitação de peças de concreto para este tipo de pavimentação e tenham projetos apropriados para a sub-base que garantam um bom assentamento.

Os pisos intertravados são peças de concreto pré-moldados maciços e permitem o revestimento de uma superfície. Segundo a NBR 9781 (2013), essas peças são justapostas em uma camada de assentamento e as juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento é assegurado pela contenção. Dessa forma, o intertravamento pode ser entendido como sendo a capacidade que os blocos adquirem para resistir aos movimentos de deslocamento individual, seja ele vertical, horizontal, de rotação ou de giração em relação a suas peças vizinhas (FIORITI, INO e AKASAKI, 2007).

A diversidade de opções de formato, cores e dimensões disponíveis permitem infinitas possibilidades estéticas, proporcionando ao pavimento intertravado versatilidade do ponto de vista arquitetônico e aplicabilidade em diferentes espaços como: calçadas, praças, estacionamento, parques, ciclovias, vias urbanas, pátios, estradas, acostamentos, entre outros.

2 PROBLEMATIZAÇÃO

Com a crescente demanda pela busca por materiais mais práticos na construção civil e que exijam menos mão de obra e menor tempo despendido no processo de execução, é notável o surgimento de novas fábricas de blocos intertravados. Por ser um processo de simples execução, possibilitou para que os pequenos empresários abrissem suas próprias fábricas.

No entanto, em alguns casos, os fabricantes não possuem o conhecimento adequado sobre o produto. Sendo assim, de forma habitual, estes produtores adotam traços indicados por pessoas que não detém nenhum conhecimento especializado ou apenas buscam na internet por algum dado dessa natureza, produzindo dessa forma, blocos intertravados que não obedecem às normas técnicas e de qualidade imprópria para uso. A falta de um profissional na etapa de produção e a inexistência de um padrão de qualidade, pode levar também a problemas de super dosagens, gerando assim gasto desnecessário de insumos.

Alguns fabricantes ignoram o uso dos ensaios que caracterizam e avaliam a qualidade e desempenho de seus produtos, sendo que esse controle tecnológico exercido de maneira adequada diminui a ocorrência de problemas patológicos e põe no mercado produtos de melhor qualidade.

Godinho (2009) relata que o funcionamento do pavimento pode ser influenciado falta de um controle dimensional das peças, por exemplo. Afetando o perfeito alinhamento horizontal das peças prejudicando o assentamento e a manutenção e as juntas não mais se encontram o que impede a execução do modelo escolhido para o assentamento. Outro fator importante é a absorção de água, que segundo Amadei (2011), as baixas taxas de absorção de água implicam no menor risco de eflorescências e no aumento da durabilidade.

Dessa forma, fazem-se necessárias pesquisas que caracterizem e avaliem a qualidade dos blocos intertravados de concreto, como os produzidos por uma fábrica na cidade de Riacho da Cruz - RN, para a averiguação dos parâmetros conforme estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis a este tipo de produto.

3 JUSTIFICATIVA

Percebendo o uso crescente deste tipo de pavimento aliada a necessidade de disponibilizar produtos de melhor qualidade e que cumpram os requisitos estabelecidos pelas Normas Brasileiras, surgiu a possibilidade de se estudar as características dos blocos intertravados fabricados por uma empresa em Riacho da Cruz - RN, tendo em vista que são desconhecidos alguns parâmetros básicos, como por exemplo, a resistência mínima à compressão e absorção de água.

A fabricação desse tipo de pavimento deve respeitar os parâmetros básicos necessários para garantir que os blocos intertravados atendam adequadamente ao uso durante o período para o qual foi projetado. Uma fabricação em que se desconheça as características do produto e, que não condiz com o estabelecido pelas Normas Brasileiras pode resultar em pavimentos que necessite periódicas atividades de manutenção e até mesmo restauração em pequenos intervalos de tempo (WIEBBELLING, 2015).

Em função disso, pretendendo que a fabricação dos blocos intertravados lhes forneça um adequado comportamento dos materiais após a execução do pavimento, é necessária a sua caracterização, em que garantam a resistência característica mínima à compressão, passem por uma avaliação dimensional e seja determinado o índice de absorção de água de acordo com a NBR 9781 de 2013, justificando assim a pesquisa objeto desse estudo.

4 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos esperados com a realização da pesquisa.

- **OBJETIVO GERAL**

Caracterizar os blocos intertravados fabricados por uma empresa localizada na cidade de Riacho da Cruz-RN, com base em alguns parâmetros estabelecidos pela NBR 9781 de 2013.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

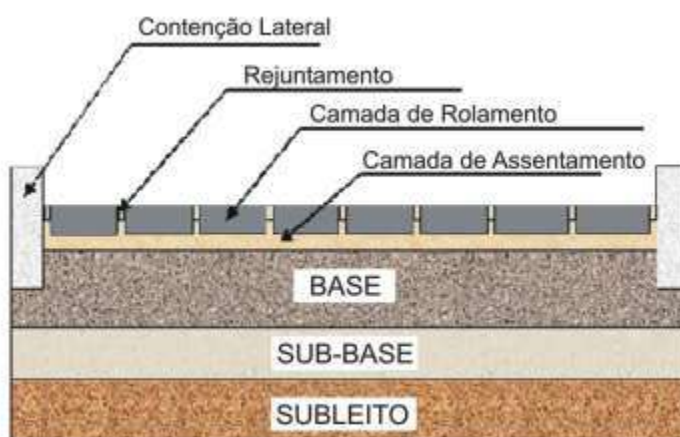
- Caracterizar os blocos quanto à sua resistência à compressão, permeabilidade ou absorção de água e avaliação dimensional, seguindo os parâmetros normativos;
- Identificar se os blocos fabricados pela empresa em questão são ideais para tráfego de pessoas ou veículos;
- Sugerir melhorias na fabricação dos blocos pela empresa estudada.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 PAVIMENTO INTERTRAVADO

De acordo com a ABNT NBR 9781:2013, pavimento intertravado é definido como pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base) seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção. A Figura 1 ilustra a seção transversal típica de um pavimento intertravado.

Figura 1- Seção Transversal Típica da Estrutura Final do Pavimento Intertravado.



Fonte: T & A Blocos e Pisos, 2004.

Como visto na Figura 1, o pavimento intertravado é composto por uma série de camadas que são determinadas com base no dimensionamento de acordo com a necessidade de utilização da via. A seguir são descritas cada uma dessas camadas.

- **Subleito:**

De acordo com Hallack (1998), o subleito funciona como a fundação do pavimento, é a camada do terreno após a terraplenagem. Objetiva suportar as cargas resultantes do tráfego, devendo-se então dimensionar as camadas posteriores de forma a proteger o subleito contra carregamentos excessivos. A NBR 15953:2011, diz que o subleito pode ser constituído do solo natural do local ou proveniente de empréstimo, devendo cumprir os requisitos mínimos estabelecidos pela norma.

- **Sub-base e Base:**

Segundo Hallack (1998), são camadas as camadas situadas entre a camada de rolamento e o subleito e contribuem para a capacidade estrutural do pavimento. De acordo com a ABNT NBR 15953:2011, é geralmente constituída de material granular ou misturas estabilizadas com cimento devendo cumprir as recomendações das normas aplicáveis.

- **Camada de assentamento:**

Hallack (1998) descreve que esta camada também conhecida como colchão de areia, é a superfície de apoio dos blocos intertravados e tem a função de conferir uma superfície regular ao pavimento, pois acomoda suas tolerâncias dimensionais de fabricação. Esta camada, segundo o autor, funciona também como uma barreira que impede possíveis fissuras se propague até a base. O autor recomenda que o colchão de areia tenha de 3 cm a 4 cm de espessura após a compactação das peças.

- **Camada de rolamento:**

A camada de rolamento é composta pelos blocos intertravados e material de rejuntamento, que juntas conferem um pavimento durável e resistente, assentados sobre a camada de assentamento. Esta camada é responsável por suportar as tensões e a abrasão causada pelo tráfego protegendo as camadas inferiores. A camada de rolamento deve obedecer os requisitos de dimensões uniforme das peças, compactação adequada e juntas pequenas seladas com areia (HALLACK, 1998).

- **Rejuntamento:**

O rejuntamento é obtido com uma camada de areia responsável pelo preenchimento das juntas, podendo variar de 3 mm a 10 mm. Esse rejuntamento garante o funcionamento mecânico do pavimento e promove a diminuição de deflexões e aumento da capacidade de suporte do pavimento, além de diminuir a percolação de água entre as peças (HALLACK, 1998).

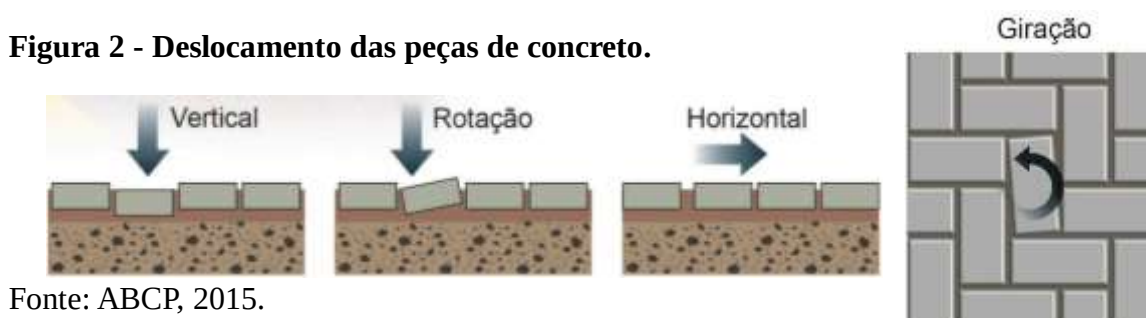
- **Contenção lateral:**

Segundo a NBR 15953:2011, o pavimento intertravado deve obrigatoriamente ter contenções que garantam a estabilidade do sistema e que sejam constituídas de estrutura rígida e apoiado na base de modo a impedir o seu deslocamento, serem executadas antes da camada de revestimento e que obedeça cotas de níveis e alinhamentos definidos no projeto. A contenção lateral é composta por elemento de contenção como meios-fios, e são indispensáveis pois evita que o tráfego mova e separe os blocos, garantindo assim o confinamento das peças.

Segundo Hallack (1998, apud GODINHO, 2009), o assentamento dos blocos intertravados pode ser de forma manual ou mecânica sobre um colchão de areia; em seguida é colocada e espalhada uma camada de areia afim de preencher os espaços entre os blocos, também chamado de juntas, e posteriormente compacta-se as peças. Esta operação é repetida até que as juntas fiquem totalmente preenchidas com areia para que se atinja o estado desejável para o bom desempenho do pavimento.

A ABCP (2015) define o intertravamento como sendo “Capacidade das peças resistirem aos movimentos de deslocamento individual, seja vertical, horizontal, de rotação ou de giração em relação às peças vizinhas”. Segundo Serafim (2010) o que garante o intertravamento a esse tipo de pavimentação é o processo de assentamento das peças, sendo assim todo esse processo deve estar integrado de maneira eficiente. Na Figura 2 é possível observar o deslocamento dos blocos de concreto ocasionado em função da falta do intertravamento.

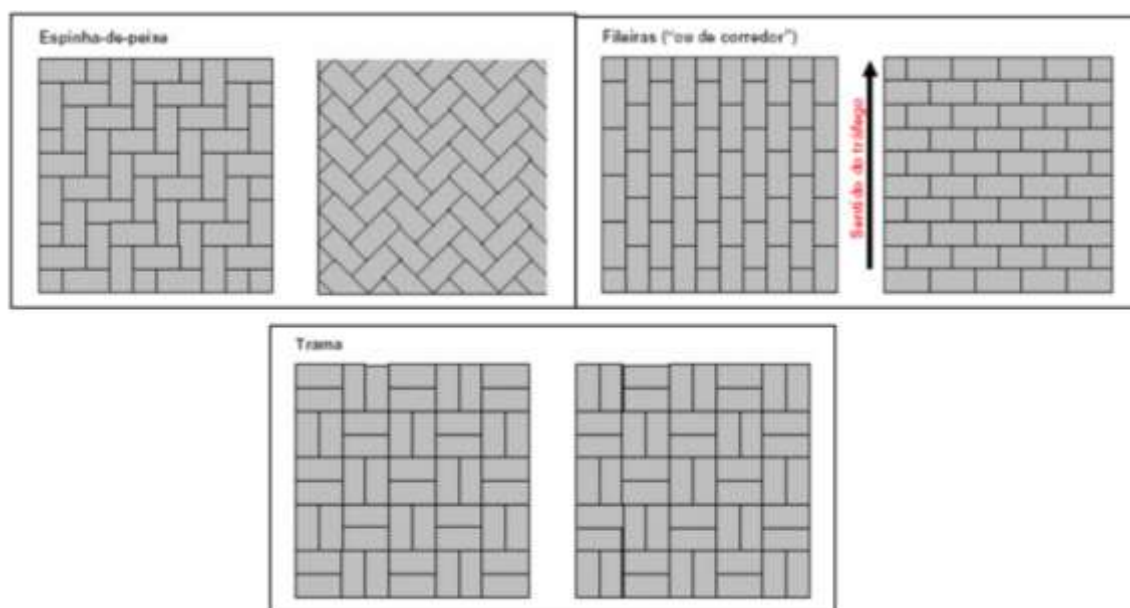
Figura 2 - Deslocamento das peças de concreto.



Fonte: ABCP, 2015.

De acordo Hallack (1998 apud MÜLLER, 2005), os blocos de concreto para pavimentação podem ter diferentes tipos de paginações no assentamento e, esses diversos tipos de arranjos influenciam não só na estética, mas também no desempenho do pavimento. Na Figura 3 são apresentadas as paginações mais usuais.

Figura 3 - Paginações de blocos de concreto mais usuais.



Fonte: Hallack, 1998 (apud MÜLLER, 2005).

Medeiros (2008 apud SERAFIM, 2010) afirma que em vias onde o tráfego é de automóveis, carretas ou caminhões, é recomendado que os blocos sejam assentados no formato da paginação “espinha de peixe” a 90° ou a 45° em relação ao sentido do tráfego pois, segundo Shackel (1990 apud MÜLLER, 2005) possuem melhores níveis de desempenho.

5.2 VANTAGENS DO USO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO

Santos (2014) apresenta algumas vantagens relacionadas ao uso dos blocos intertravados de concreto na pavimentação, entre elas, a autora cita a fácil execução e simples manutenção, dispensando mão de obra especializada, eventuais consertos são realizados com a fácil remoção e reaproveitamento chegando a cerca de 100% das peças, liberação ao tráfego de forma imediata, melhor durabilidade quando comparado a outros tipos de pavimento, diversidade de cores e formatos, entre outras.

Marchioni e Silva (2011) relatam ainda que outra vantagem do uso dos blocos intertravados para pavimentação é a sua alta capacidade de gerar economia de iluminação pública, uma vez que pode aumentar a reflexão da luminosidade em até 30%, quando comparado a outros pavimentos (apud MARTINS, 2014).

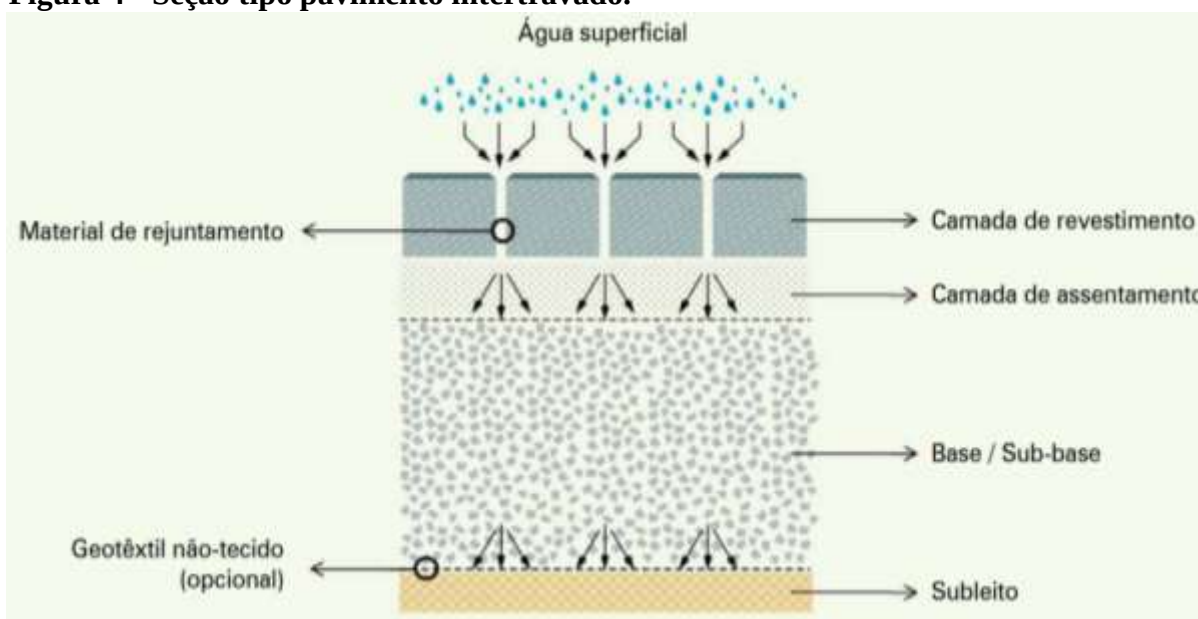
Os pavimentos intertravados de concreto também possuem propriedade de serem permeáveis. Áreas de possíveis alagamentos em decorrência de mudanças climáticas ou de uma

urbanização sem planejamento podem ser beneficiadas pela capacidade drenante desse tipo de pavimento, uma vez que permite a infiltração da água contribuindo com a diminuição das superfícies impermeabilizadas nas cidades, e reduzindo o escoamento superficial (ABCP, 2019c).

De acordo com Marchioni e Silva (2011), em uma área com cobertura florestal 95% da água da chuva se infiltra no solo, já para as áreas urbanas este percentual cai para 5%, reduzindo o retorno dessa água para o lençol freático, ocasionando alterações nos leitos dos rios e constantes enchentes, por exemplo. Dessa forma, ainda segundo autor, uma das alternativas para reduzir os impactos causados é a utilização de pavimentos impermeáveis, pois contribui para execução de obras mais limpas e racionais, permitindo a drenagem de águas pluviais. De acordo com o autor, estes pavimentos reduzem o escoamento superficial em até 100%, dependendo da intensidade da chuva, e retardam a chegada da água ao subleito reduzindo a erosão.

Além desse tipo de pavimento apresentar uma certa porosidade, a sua execução posicionando cada uma das peças lado a lado, faz com que fique pequenos espaços livres entre as peças, e isso facilita a infiltração e absorção de água pelo solo (MARCHIONI E SILVA, 2011). A Figura 4 ilustra a seção para esse tipo de pavimento de como água infiltra no solo.

Figura 4 - Seção tipo pavimento intertravado.



Fonte: Marchioni e Silva, 2011.

5.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Para Hood (2006), alguns fatores podem interferir na qualidade final dos blocos de concreto durante o processo de fabricação, como o maquinário e equipamentos, materiais utilizados até a quantidade de água. Sendo assim, segundo o autor, conhecer o processo de produção, os materiais constituintes são condições fundamentais para obter-se êxito no trabalho.

A NBR 9781:2013: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio estabelece os requisitos dimensionais e de resistência à compressão que a fabricação dos blocos de concreto para pavimentação devem atender.

Durante a fabricação dos blocos intertravados de concreto, alguns fatores como tipo de máquina, materiais utilizados, dosagens, entre outros, podem influenciar diretamente na sua qualidade (AMADEI, 2011). Segundo Hood (2006), para que se obtenha êxito é essencial que se conheça as propriedades requeridas, os materiais constituintes, a dosagem e o processo de fabricação.

5.3.1 Materiais utilizados na fabricação dos blocos intertravados

Para a produção dos blocos intertravados para pavimentação, os materiais empregados são os mesmos do concreto convencional, basicamente composto de aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo, água e, ocasionalmente, algum aditivo (SOUZA, 2001).

De acordo com a ABNT NBR 9781:2013, o concreto utilizado nas peças deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos, no entanto a norma descreve que os seguintes requisitos devem ser satisfeitos:

- cimento Portland pode ser de qualquer tipo e classe, devendo obedecer às ABNT NBR 16697:2018;
- Com relação aos agregados podem ser naturais, industriais ou reciclados, desde de que obedçam a ABNT NBR 7211:2009 ou outras Normas Brasileiras pertinentes;
- Os aditivos devem estar dentro das exigências da ABNT NBR 11768:2011;
- No que diz respeito aos pigmentos, a norma estabelece que estes devem ser de base inorgânica e atender à ASTM C 979/C 979M.
- A água deve atender à ABNT NBR 15900-1:2009 que diz respeito aos requisitos para a água de amassamento do concreto.

A NBR 15900-1 classifica, de acordo com a sua origem, se a água é adequada ou não para o preparo do concreto. De acordo com a Norma, a água potável que atenda à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, pode ser utilizada sem nenhuma restrição. Para os demais casos, a Norma distingue:

Água de abastecimento público - Esta água é considerada adequada para uso em concreto e não necessita ser ensaiada.

Água recuperada de processos de preparação do concreto - Este tipo de água está definido no Anexo A da NBR 15900-1 e deve estar em conformidade com as exigências nele estabelecidas para ser considerado adequado para uso em concreto.

Água de fontes subterrâneas - Esta água pode ser adequada para uso em concreto, mas deve ser ensaiada.

Água natural de superfície, água de captação pluvial e água residual industrial - Esta água pode ser adequada para uso em concreto, mas deve ser ensaiada. São exemplos de águas residuais industriais aquelas recuperadas de processos de resfriamentos, jateamento, corte, fresagem e polimento de concretos.

Água salobra - Esta água somente pode ser usada para concreto não armado, mas deve ser ensaiada. Não é adequada à preparação de concreto protendido ou armado.

Água de esgoto e água proveniente de esgoto tratado - Esta água não é adequada para uso em concreto.

Água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto - Água de reuso é a água tratada por diversos processos, como filtração e flotação, em estações de tratamento de esgotos, a partir do afluente já tratado para usos não potáveis. Até o momento da publicação da Norma não havia antecedentes suficientes para garantir viabilidade de uso generalizado deste tipo de água.

A água utilizada para o amassamento dos aglomerantes deve ser livre de impurezas, pois a presença delas podem vir a prejudicar a preparação do concreto, deve-se evitar também o excesso ou falta de sais minerais. De maneira geral, uma água imprópria ao consumo humano não quer dizer que ela seja imprópria à produção de concreto, entretanto, devem ser realizados ensaios comparativos para se checar a viabilidade na utilização das mesmas. Águas próprias para consumo humano podem ser utilizadas diretamente na produção e amassamento do concreto. A água do mar, as águas pluviais procedentes de terrenos não calcários, águas que contenham matérias orgânicas e etc, são prejudiciais ao concreto pois desagregam ou decompõe

os aglomerantes, fazendo com que estas devam ser excluídas da preparação dos concretos (AMBROZEWICH, 2012).

5.3.2 Processo de fabricação dos blocos intertravados e equipamentos utilizados

Bittencourt (2012) classifica o processo de fabricação dos blocos de pavimento intertravado em três tipos distintos, são eles:

- Peças viradas – Produção manual: As peças podem ser produzidas em formas conjuntas ou individuais. É utilizado o concreto plástico e o adensamento é feito em mesa vibratória e desmoldada logo após a moldagem, sob uma base plana e impermeável.
- Peças dormidas – Produção manual: Para sua fabricação é usado o concreto, mas não o concreto plástico. Os moldes podem ser em conjuntos ou individuais com o seu preenchimento iguais através do auxílio de uma mesa vibratória. Espera-se o concreto endurecer para posterior desmoldagem no dia seguinte da moldagem.
- Peças vibro-prensadas - Produção mecânica: Para a sua fabricação, é utilizado o concreto seco e máquinas denominadas vibro-prensas hidráulica ou mecânicas.

Fioriti (2007) denomina estes equipamentos e máquinas como vibro-prensas multifuncionais, ou seja, máquinas que produzem produtos de cimento Portland e, recebem essa definição pois a técnica emprega faz com que o material adentre e preencha todo o espaço da fôrma de forma mais homogênea possível.

Uma classificação inicial, segundo Cruz (2003) para estes tipos de equipamentos de acordo com o seu processo de desforma é apresentado na sequência:

I. Vibro-prensa tipo poedeira

São equipamentos providos de pneus ou trilhos para movimentarem-se livremente. Este tipo de equipamento utiliza o próprio piso para fazer a desforma dos blocos. É pouco utilizado no Brasil pois necessitam de grande mão de obra para transporte e estocagem dos blocos, além de necessitar de grandes espaços horizontais para atender a sua capacidade produtiva (CRUZ, 2003).

II. Vibro-prensa com desforma sobre paletes

Neste tipo de equipamento, a mesa da máquina é utilizada para efetuar as operações de desmoldagem. A desforma é efetuada sobre paletes, que são alimentados manualmente ou

automaticamente o equipamento a cada ciclo de fabricação. Em seguida, os paletes são recolhidos e dispostos em prateleiras especiais ou em áreas pré-estabelecidas para que se inicie a etapa de cura (CRUZ, 2003).

III. Vibro-prensa com desforma de multi-camadas

No processo de fabricação em que se utiliza este equipamento, os blocos saem das máquinas previamente arrumados em camadas sobre o próprio palete, sendo transportado diretamente à obra. Segundo Cruz (2003), a etapa de cura fica muito facilidade quando usado este equipamento, “pois desde a desmoldagem as peças protegem umas as outras evitando perder a água de amassamento”.

5.4 PROPRIEDADES E DURABILIDADE DO CONCRETO

De acordo com Ambrozewicz (2012), o concreto é um material de construção resultante da mistura de aglomerante (cimento), agregados e água e, algumas vezes, algum tipo aditivo. O cimento mais usual para fazer concreto é o cimento Portland. As proporções das misturas são determinantes para a seguinte classificação: Pasta de cimento (cimento e água), argamassa (cimento, água e agregado miúdo) e concreto (cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo).

De acordo com Metha e Monteiro (2008), o concreto é um dos materiais mais usado na construção civil e isto deve-se ao fato deste material apresentar considerável resistência à água, possibilidade de obtenção de diversas formas e tamanhos dos elementos estruturais, custo relativamente baixo e boa disponibilidade de material e pouca manutenção.

Para Neville (1982), para que se faça uma escolha mais adequada do tipo de concreto a ser usado, é fundamental que se conheça as suas propriedades. De acordo com Ambrozewicz (2012), o concreto deve atender características como facilidade de manuseio quando fresco e boa resistência mecânica, durabilidade e impermeabilidade quando endurecido.

Neville (1982) diz que um dos requisitos mais importante do concreto depois de endurecido é uma resistência mecânica à compressão satisfatória. Ambrozewich (2012) diz que para o concreto fresco a “consistência é fundamental para garantir a trabalhabilidade do concreto, ou seja, a facilidade que o concreto pode ser colocado num certo tipo de fôrma, sem segregação”. Ainda de acordo com o mesmo autor, a consistência e a trabalhabilidade dependem de fatores como a composição do concreto, bem como dos seus componentes como a quantidade de água, da granulometria dos agregados e da presença de aditivos.

De acordo com os autores Mehta e Monteiro (2008), o concreto pode ser dividido em categorias com relação à resistência à compressão são elas: concreto de baixa resistência – menor que 20 MPa, concreto de resistência moderada de 20 MPa a 40 MPa e concreto de alta resistência maior que 40 MPa.

Para Ambrozewich (2012), uma maior durabilidade do concreto está associada a redução do volume de vazios no interior da massa, diminuindo assim a permeabilidade e dificultando a penetração de substâncias agressivas.

5.5 ENSAIOS CARACTERÍSTICOS

5.5.1. Resistência característica à compressão

A ABNT NBR 9781:2003 estabelece que a resistência característica à compressão (f_{pk}) aos 28 dias das peças deve ser maior ou igual a 35 MPa para pisos sujeito ao tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, como carros, ônibus, caminhões e etc. Para tráfego de veículo especiais que provoquem acentuados esforços de abrasão, deve ser maior ou igual a 50 MPa, como exemplo para pavimentos com esse valor de resistência têm-se as empilhadeiras e guindastes especiais. A determinação da resistência à compressão deve atender os critérios conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resistência característica a compressão.

Solicitação	Resistência característica à compressão (f_{pk}) 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: ABNT NBR 9781, 2013.

Para Godinho (2009 apud SANTOS, 2014) as peças devem satisfazer a uma resistência característica mínima para garantir seu manuseio durante a fabricação e execução do pavimento, além de ter capacidade estrutural suficiente para resistir às ações do tráfego e outras formas de utilização.

5.5.2. Absorção de água

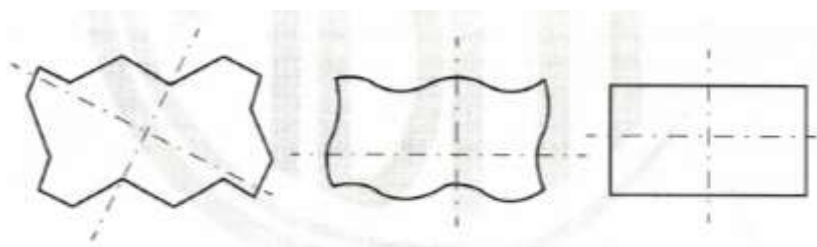
No que diz respeito a absorção de água, a ABNT NBR 9781:2013 sugere que “a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6%, não sendo admitido nenhum valor individual maior que 7%”.

5.5.3. Avaliação dimensional

Os blocos fabricados podem ser dos mais variados formatos, são agrupados por tipos, que segundo a ABNT NBR 9781:2013, podem ser:

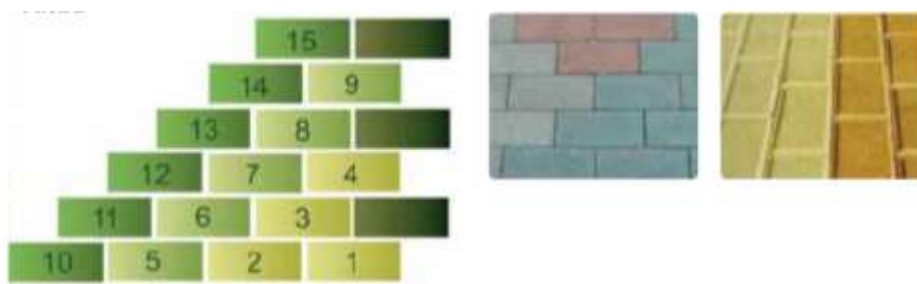
- Tipo I: Blocos de concreto com formato próximo ao retangular, conforme ilustra a Figura 5, apresenta facilidade de fabricação e colocação em obra. Esses tipos de peças, usualmente, têm dimensão de 20 cm de comprimento por 10 cm de largura, por ter faces laterais retas, curvilíneas ou poliédricas, arranjam-se entre si nos quatro lados e sua forma de assentamento pode ser em fileiras ou em espinha de peixe, como mostrado na Figura 6 e 7.

Figura 5 -Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo I.



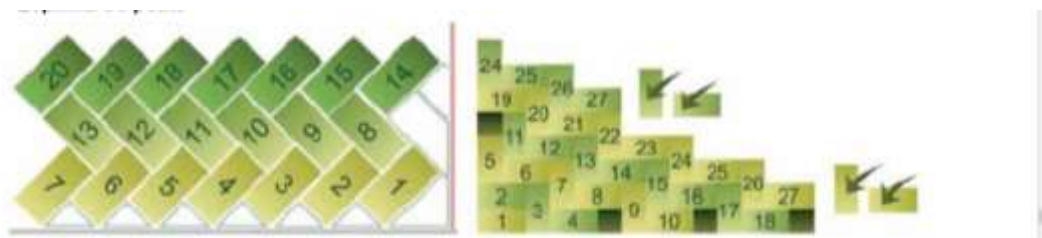
Fonte: ABNT NBR 9781, 2013.

Figura 6 - Assentamento em fileira de blocos intertravado de concreto tipo I.



Fonte: ABCP, 2010.

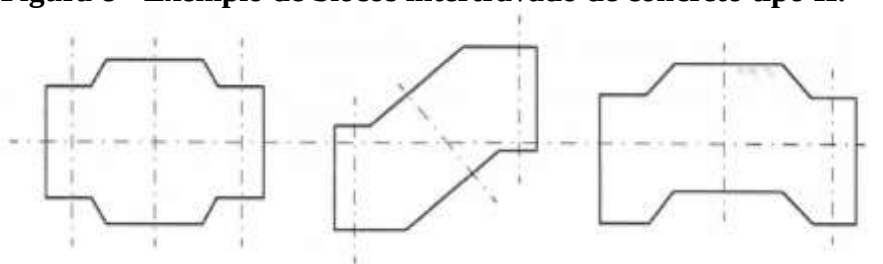
Figura 7 - Assentamento em espinha de peixe de blocos intertravado de concreto tipo I



Fonte: ABCP, 2010.

- Tipo II: Blocos de concreto com formato único, ilustrado na Figura 8. Neste tipo de formato as peças só podem ser assentadas em fileiras.

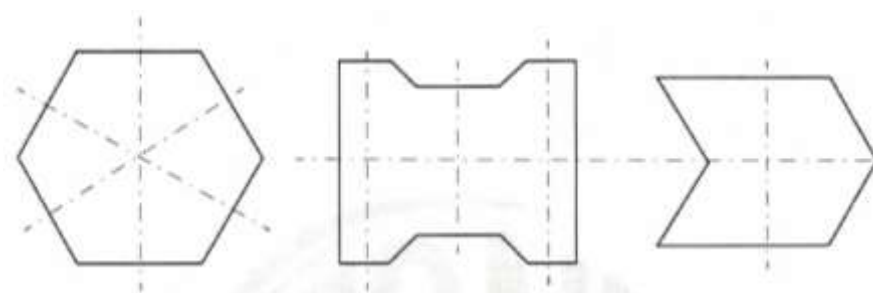
Figura 8 - Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo II.



Fonte: ABNT NBR 9781, 2013.

- Tipo III: Blocos intertravados dos mais diversos formatos geométricos, como trapézios, hexágonos, triedros etc., como mostrado na Figura 9. Estas peças possuem peso superior a 4 kg.

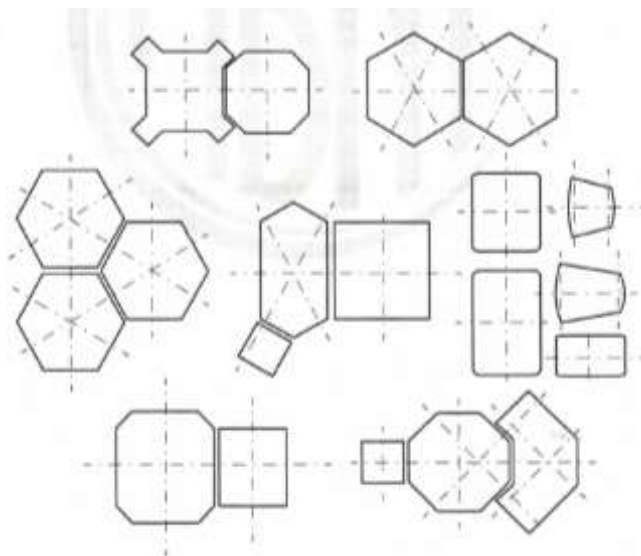
Figura 9 - Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo III



Fonte: ABNT NBR 9781, 2013.

- Tipo IV: Conjunto de blocos de concreto de diferentes tamanhos, ou uma única peça com juntas falsas, que podem ser utilizadas com um ou mais padrões de assentamento. Exemplo desse tipo de peças são mostrados na Figura 10.

Figura 10 - Exemplo de blocos intertravado de concreto tipo IV.



Fonte: ABNT NBR 9781, 2013.

Ainda de acordo com a norma técnica, devem ser atendidos os seguintes requisitos quanto a dimensões e tolerâncias:

- Dimensões: comprimento nominal de no máximo 250 mm, largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de carga no ensaio de resistência à compressão e medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm, especificada em múltiplos de 20 mm.
- Tolerâncias dimensionais: os blocos de concreto podem admitir uma tolerância dimensional de ± 3 mm, tanto o comprimento, quanto para a largura e espessura.

Godinho (2009) analisa que a “falta de um controle dimensional nos blocos de concreto influencia o funcionamento do pavimento intertravado”. O autor relata que “não havendo precisão dimensional entre os blocos, as juntas não mais se encontram, o que impede a execução do modelo escolhido” e, outro fator importante tendo em vista a análise dimensional dos blocos é a espessura, pois afeta diretamente o nivelamento do pavimento após determinado período de tráfego (GODINHO 2009).

6 METODOLOGIA

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O bloco intertravado para pavimento objeto desse estudo foi adquirido em uma empresa fabricante de pré-moldados de concreto, entre eles: blocos intertravados, caixas de inspeção, cobogós, vigotas, meio-fio entre outros, entretanto, este não é o ramo principal. A empresa está situada no município de Riacho da Cruz no Estado do Rio Grande do Norte. O município faz parte da mesorregião do alto oeste potiguar, da microrregião de Pau dos Ferros e dista de 357 km da capital do Estado (IDEMA, 2008).

A empresa foi fundada há 4 anos e tem como atividade econômica principal a construção de edifícios e, como atividades secundárias, a construção de instalações esportivas e recreativas, obras de terraplenagem, fabricação de pré-moldados, obras de urbanização de ruas, praças e calçadas, entre outras. A empresa é caracterizada como sendo de pequeno porte e possui atualmente em seu quadro fixo de colaboradores dois pedreiros e quatro serventes.

6.2 MATERIAIS

Para o objeto de estudo desta pesquisa, foi avaliado apenas o bloco intertravado de dimensões 20 x 10 x 6 cm (comprimento, largura e altura respectivamente), formato retangular do tipo I conforme prescrição da NBR 9781 (ABNT, 2013), tendo em vista que é a peça mais vendida. A produção desses blocos é feita sob demanda, dessa forma, como não há uma rotina diária de fabricação, a mão de obra empregada ocorre com colaboradores diarista em que três ajudantes fazem todo o processo.

O método de produção é através do processo de peças dormidas – produção manual, em que para sua fabricação é usado o concreto. Os moldes consistem em formas plásticas, como ilustrado na Figura 11. As formas são preenchidas de forma manual e em seguida colocadas em uma mesa vibratória. Espera-se o concreto endurecer para posterior desmoldagem no dia seguinte da moldagem.

Figura 11 - Formas usada no processo de fabricação.



Fonte: Autoria própria (2019).

O processo inicia-se com a escolha dos materiais para fabricação do concreto. O cimento Portland utilizado para a produção dos blocos intertravados, foi o CP V – ARI –RS, ilustrado da Figura 12. Este produto é normatizado pela ABNT NBR 16697:2018, que diz que os limites de composições desse tipo de cimento são formados com (90 - 100%) de clínquer + sulfatos de cálcio e (0 – 10%) de material carbonático.

Figura 12 - Cimento usado na fabricação dos blocos intertravados.



Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com Bittencourt (2012), este tipo de cimento é o mais empregado na fabricação de pisos de concreto. Este material recebe uma moagem mais fina que os demais da sua categoria, fazendo com que se alcance altas resistências rapidamente. A NBR 7215 (2019) diz que a resistência no terceiro dia deve ser maior ou igual a 24 MPa e no sétimo dia deve ser maior ou igual a 34 MPa.

A escolha de se utilizar o CP V- ARI, com característica de alta resistência inicial para moldagem dos blocos intertravados, foi feita levando-se em consideração a produção sob demanda. Pois como quase não existe estoque, a fabricação só ocorre mediante solicitação de pedido e, como esse tipo de cimento chega à sua resistência desejada ao sétimo dia, é possível acelerar o processo de entrega.

A areia utilizada no processo de fabricação dos blocos intertravados é a areia lavada grossa como apresentado na Figura 13, de origem natural, proveniente do município de Riacho da Cruz – RN, tida como areia do tipo quartzosa e classificada como agregado miúdo, estando dentro dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 7211:2009.

Figura 13 - Agregado miúdo usado na fabricação dos blocos intertravados.



Fonte: Autoria própria (2019).

A brita conforme ilustra a Figura 14, o agregado graúdo, utilizado no traço para a fabricação das peças é a brita número 1, de 19 mm, com granulometria dentro dos limites especificados pela ABNT NBR 7211:2009. O material é adquirido em pedreiras da própria região do alto oeste potiguar.

Figura 14 - Agregado graúdo usado na fabricação dos blocos intertravados.



Fonte: Autoria própria (2019).

A água de amassamento utilizada na produção dos blocos foi obtida da rede pública de abastecimento de distribuição de água potável de Riacho da Cruz – RN, sob concessão da Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN).

6.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A fabricação dos blocos intertravados é feita manualmente como já mencionado anteriormente, sendo utilizado neste processo, formas de plástico, betoneira e mesa vibratória. O enchimento das formas dar-se em duas etapas: primeiro coloca-se aproximadamente 1 cm de argamassa e só depois o concreto.

No que diz respeito ao traço, foram utilizados um traço para a argamassa de base e outro para o concreto e suas dosagens são feitas em latas de 18 litros. Para a argamassa, o traço usado é de 1:2 e o fator água/cimento de 0,83 L/kg, já para o concreto o traço utilizado foi de 1:5:6 com um fato água/cimento de 0,5 L/kg.

O processo inicia-se com a produção da argamassa, a mistura dos materiais foi realizada na betoneira e colocados na seguinte ordem: areia, metade da água, cimento e em seguida o restante da água. Logo após, as formas recebem uma camada de óleo diesel afim de tornar mais fácil a desforma, Figura 15, em seguida foram preenchidas com aproximadamente de 1 cm de altura dessa argamassa, como mostrado na Figura 16.

Figura 15 - Lubrificação das formas com óleo diesel.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 16 - Argamassa na base da forma.



Fonte: Autoria própria (2019).

Todo esse processo de enchimento ocorre em cima da mesa vibratória, Figura 17. Após o processo de enchimento das formas com argamassa, a mesa vibratória é acionada por aproximadamente 10 s afim de que os vazios sejam preenchidos e para que se tenha um melhor acabamento na face superior da peça. Vale salientar que a mesa vibratória foi confeccionada pelo próprio fabricante dos blocos intertravados. A mesa é composta em sua parte superior por uma chapa de ferro lisa e a vibração é acionada através de um motor de CV acoplada a sua parte inferior.

Figura 17 - Mesa vibratória.



Fonte: Autoria própria (2019).

Em seguida, inicia-se o processo de enchimento das formas com o concreto. O concreto também foi preparado na betoneira obedecendo a seguinte ordem: agregado graúdo, metade da água, cimento, agregado miúdo e por fim, o restante da água.

Com as formas ainda em cima da mesa vibratória, ocorre o processo de preenchimento delas, Figura 18. Em seguida aciona-se a mesa vibratória para que ocorra o adensamento do concreto e por fim, com o auxílio de uma colher de pedreiro é retirado o excesso do concreto, como ilustrado na Figura 19.

Figura 18 - Preenchimento das formas com concreto.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 19 - Retirada do excesso de concreto.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após as etapas descritas acima, as formas são retiradas da cima vibratória e levadas para o local de secagem, geralmente ao ar livre expostas ao sol, conforme mostrado na Figura 20.

Figura 20 - Processo de secagem.



Fonte: Autoria própria (2019).

O processo de desmoldagem dos blocos intertravados de concreto, como pode ser verificado na Figura 21, é realizado no dia seguinte e ocorre de forma simples, apenas virando as formas, em algumas situações utilizou-se do cabo da colhe de pedreiro para bater no fundo da forma até o bloco se soltar.

Figura 21 - Desmoldagem dos blocos.



Fonte: Autoria própria (2019).

Ao passo em que um dos colaboradores vai fazendo a retirada dos blocos das formas, outro já começa o empilhamento desses blocos organizando-os em lotes pela data de fabricação para que se tenha um melhor controle da cura.

Após estes processos, os blocos são submetidos ao procedimento de cura pelo lançamento de água sobre as peças com auxílio de um balde, como mostra a Figura 22. Este procedimento é repetido por três vezes durante o dia.

Figura 22 - Colaborado lançando água sobre os blocos



Fonte: Autoria própria (2019).

Os blocos nunca passaram por análises que possam caracterizá-los com relação a sua resistência, entretanto, o proprietário os vende como se tivesse uma resistência a compressão de 22 MPa. Para um traço do concreto são fabricados aproximadamente 140 blocos e estes apresentam um rendimento de 50 peças por metro quadrado.

6.4 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS BLOCOS

Para a realização dos ensaios, a amostragem representativa foi retirada do lote de fabricação do dia 05 de julho de 2019 e, a realização dos ensaios de compressão e avaliação dimensional ocorreram no dia 02 de agosto de 2019 e o de absorção de água nos dias 06, 07 e 08 de agosto de 2019.

A escolha da quantidade de peças para cada ensaio aconteceu de acordo com o recomendado pela NBR 9781:2013 que diz que para os ensaios de avaliação dimensional e resistência à compressão, a amostra deve ter no mínimo seis peças, já para o ensaio de absorção de água a amostra deve conter no mínimo três peças.

a) Resistência a compressão

A resistência à compressão dos blocos intertravados de concreto foi avaliada de acordo com as prescrições da ABNT NBR 9781:2013. O processo para avaliação dessa propriedade iniciou-se colocando as seis peças da amostra em saturação de água, por aproximadamente 24 horas antes do ensaio.

Os blocos foram dispostos sobre as placas da máquina de ensaio de modo que a carga foi sendo aplicada na direção do esforço em que ele será solicitado, quando fizer parte de um pavimento intertravado, conforme ilustra a Figura 23. Para este ensaio tentou-se alinhar o bloco intertravado, de maneira que o seu centro de gravidade coincidisse com o alinhamento do centro de carga das placas de aço da prensa. Este ensaio foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Pau dos Ferros – RN. O equipamento utilizado foi uma prensa elétrica digital de teste de compressão, com carga máxima de 2000 KN.

Figura 23 - Ensaio de compressão do bloco.



Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com a NBR 9781:2013, a resistência à compressão em MPA, é obtida, dividindo-se o carregamento da ruptura, em Newtons (N), pela área de carregamento em mm, e multiplicando-se o resultado pelo fator “p”, função da altura, este valor está disponível no Anexo A, Tabela A.1, da Norma referenciada. No caso de peças com espessura de 60 mm, o p vale 0,95. E a resistência à compressão característica estimada, é dada pela seguinte equação:

$$f_{pk,est} = f_p - t \times s$$

Em que,

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n - 1}}$$

Onde: f_p é a resistência média das peças, expressa em MPa; f_{pi} é a resistência individual das peças, expressa em MPa; $f_{pk,est}$ é a resistência característica estimada à compressão, expressa em MPa; n é o número de peças da amostra; s é o desvio padrão, expresso em MPa; t é o coeficiente de Student, fornecido pela Norma no Anexo A Tabela A.2, em função do tamanho da amostra, no caso deste estudo trabalhou-se com 6 peças de amostra, logo $t = 0,920$.

b) Absorção de água

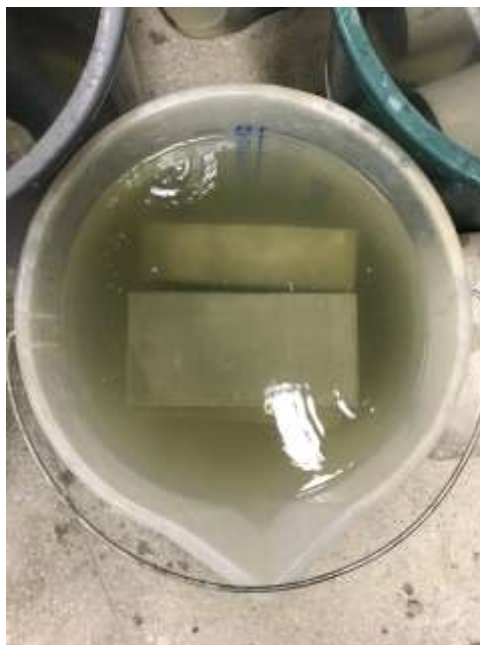
Em linhas gerais, a absorção de água indica o nível de porosidade de uma peça. Pela NBR 9781:2013, esta propriedade é expressa em porcentagem e representa o incremento da massa de um corpo sólido poroso devido a penetração de água em seus poros permeáveis, em relação a sua massa em estado seco. Para Fioriti (2007), as características técnicas estão intimamente ligadas a esta propriedade pois, quanto menor a porosidade de uma peça, menor a quantidade de água que ela absorve e, conseqüentemente maiores poderão ser suas resistências mecânicas.

O ensaio foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil – UFERSA campus Pau dos Ferros e os equipamentos utilizados no ensaio para a determinação da absorção de água foram uma balança calibrada com resolução de 0,1 g e uma estufa com temperatura de 110 ± 5 °C.

Este ensaio foi realizado conforme descrito pela NBR 9781 (2013), com a diferença de ao invés de colocar os blocos em saturação em um tanque de água, como a norma especifica, eles foram submersos em baldes com água potável, como mostrado na Figura 24.

Após os blocos intertravados ficarem submetidos ao processo de imersão em água por um período de 24 horas, retirou-se as peças da imersão aguardou até que a água da superfície fosse drenada, afim de obter a condição de saturada com superfície seca, e só assim teve sua massa medida na balança. Em seguida, foram colocados na estufa a 110 ± 5 °C, ficando nesta condição por um período de 24 horas. Após este período, os pisos foram retirados da estufa e pesados, individualmente, na condição seco.

Figura 24 - Saturação dos blocos intertravado.



Fonte: Autoria própria (2019).

A porcentagem de absorção de água de cada bloco intertravado foi determinada pela seguinte equação:

$$A\% = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

Onde A é a absorção de cada corpo de prova, expressa em %; m_1 é a massa do corpo de prova seco, expressa em g e m_2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em g.

c) Avaliação dimensional

A avaliação dos blocos intertravados de concreto foi verificada de acordo com as prescrições da ABNT NBR 9781:2013. Esta Norma diz que essa avaliação deve ser realizada sempre em planos paralelos ou perpendiculares as arestas das peças, conforme sua tipologia.

Nas Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10 estão apresentados esquematicamente exemplos de pontos de medidas de alguns formatos de peças. Para esta avaliação foram utilizados seis blocos intertravados, conforme o mínimo exigido pela Norma e, verificação dos comprimentos, foi utilizada uma trena manual.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para fins de caracterização dos blocos intertravados fabricados por uma empresa localizada na cidade de Riacho da Cruz-RN, são apresentados na seguinte sequência: avaliação dimensional, resistência à compressão e absorção de água. Dessa forma, serão apresentados os resultados de cada ensaio realizado, bem como a discussão destes.

7.1 AVALIAÇÃO DIMENSIONAL

A avaliação dimensional dos blocos intertravados de concreto foi verificada de acordo com as prescrições da ABNT NBR 9781:2013. A avaliação foi realizada sempre em planos paralelos ou perpendiculares as arestas das peças, conforme sua tipologia, como prescreve a norma.

A verificação das dimensões foi feita utilizando-se uma trena manual. O método da aferição é ilustrado na Figura 25.

Figura 25 - Aferição para avaliação dimensional.



Fonte: Autoria própria (2019).

Como os blocos intertravados são fabricados em formas plásticas, a variação entre eles é desconsiderada por ser nula ou variar pouco. O formato do bloco apresentou dimensões de 20 x

10 cm e é caracterizado como tipo I, apresentando formato retangular, como previsto na NBR 9781 (2013).

7.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os testes de resistência à compressão foram realizados conforme descrito na Metodologia, seguindo as especificações da NBR 9781:2013 e, os resultados obtidos foram analisados com a finalidade de verificar como o traço utilizado na fabricação dos blocos intertravados comportam-se com a aplicação deste parâmetro.

A Figura 26 ilustra o bloco intertravado de concreto após a ruptura. Durante o ensaio foi possível observar que a amostra, mesmo após o surgimento fissuras e descolamento da parte mais externa da peça, continuava a resistir aos esforços aplicados sem apresentar uma ruptura considerável, caracterizando um escoamento plástico. Este fenômeno está associado a influência do agregado miúdo na composição do concreto.

Figura 26 - Bloco intertravado ensaiado.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na Tabela 2 são apresentados os valores de resistência à compressão para cada amostra ensaiada. Observa-se que houve uma variação de 15,17 MPa a 31,13 MPa, o que era de se esperar, tendo em vista que não há controle tecnológico com relação a nenhum material utilizado.

Tabela 2 - Valores de resistência à compressão de cada amostra.

AMOSTRA	FORÇA (N)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)
1	386,48	18,36
2	594,12	28,22
3	655,29	31,13
4	421,79	20,04
5	459,68	21,83
6	319,27	15,17

Durante o ensaio observou-se a presença de rochas, diferente do agregado graúdo utilizado no traço, em algumas amostras. Como o agregado miúdo não passa por nenhuma peneira, todo o material que vem junto é utilizado na betonada para fabricação do concreto.

Souza et al (2017) estima que 90% dos agregados consumidos no Brasil para a produção de concreto são de origem minerais naturais. Porém, ainda de acordo com os autores, o expressivo índice de utilização desses materiais, muitas vezes, não apoia-se no controle tecnológico do agregado, sem a devida avaliação de suas propriedades, pondo em risco a qualidade do produto final ao cliente.

O valor da resistência média entre os blocos foi de 22,46 MPa, valor próximo da referência estipulada pelo fabricante, entretanto, na análise da resistência característica, em que é levado em consideração o desvio padrão da amostragem, o valor passa a ser de 17,44 MPa. Essa redução deu-se devido ao considerável valor do desvio padrão que foi de 5,46 MPa.

Para ter-se um resultado mais significativo e obter uma melhor avaliação, afim de reduzir o desvio padrão, seria necessário aumentar o número de amostras ensaiadas.

De acordo com a NBR 9781:2013, o valor mínimo da resistência característica à compressão para a solicitação de tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha deve ser de 35 MPa para blocos intertravados, sendo assim o bloco intertravado analisado não atinge o mínimo estabelecido pela Norma. Entretanto, em pesquisa desenvolvida por Fioriti (2007), verificou-se que as solicitações de passeio público são inferiores a 15 MPa. Dessa forma, os blocos analisados seriam mais eficazes para locais de uso exclusivo para trânsito de pedestres.

7.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água para os blocos intertravados de concreto para pavimentação, foram realizados conforme as prescrições da NBR 9781:2013 e apresentaram os resultados expostos na Tabela 3, em que também são apresentados a massa desses blocos após a saturação em água, representado por M_2 , bem como a massa após a retirada das peças da estufa, nesse caso representado por M_1 .

Tabela 3 - Valores do ensaio de absorção de água.

AMOSTRA	M_1 (g)	M_2 (g)	ABSORÇÃO (%)
1	2471,1	2661,2	7,69
2	2427,9	2640,0	8,74
3	2444,0	2650,2	8,44
ABSORÇÃO MÉDIA (%)			8,29

Analisando os resultados, observou-se a amostra que apresentou o maior índice de absorção foi a amostra 2, com 8,74%, essa mesma amostra também foi a que apresentou a menor massa após o seu processo de secagem na estufa, equivalente a 2427,9 g. Dessa forma, verificou-se uma relação entre a massa dos blocos intertravados e a absorção de água, pois quanto menor a massa das peças, maior o índice de absorção. Esta propriedade está associada ao volume de poros do concreto, segundo relata BRITO (2013), quanto maior a absorção de água dos blocos intertravados, maior a quantidade de poros presentes nele.

Além disso, como exposto na Tabela 2, verifica-se que a absorção média dos blocos intertravados foi de 8,29%, o que não se enquadra dentro do limite estabelecido pela NBR 9781:2013, a qual prescreve que todas as peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6% e, que não é admitido nenhum valor individual maior que 7%.

8 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como proposição caracterizar os blocos intertravados fabricados por uma empresa localizada na cidade de Riacho da Cruz – RN. Com os resultados observados dos ensaios, acrescido das informações amparadas na revisão de literatura, as quais deram suporte para esta pesquisa, foi possível obter as conclusões que serão expostas a seguir.

Na análise dimensional, como os blocos intertravados são fabricados em formas plásticas, a variação entre eles é baixa, chegando a ser irrelevante. Dessa forma tem-se uma produção uniforme com os blocos apresentando as mesmas dimensões, facilitando a execução do pavimento. O formato do bloco é caracterizado como tipo I, apresentando formato retangular, como previsto na NBR 9781 (2013).

Com relação aos resultados de resistência a compressão, foi observado que nenhuma peça atingiu o valor mínimo exigido pela norma. Em uma análise da resistência característica à compressão, este valor foi 17,44 MPa o qual também não satisfaz a prescrição da NBR 9781 (2013), entretanto em pesquisa desenvolvida por Fioritti (2007) em que estudou as solicitações de tráfego de pedestre, viu-se que os blocos analisados estariam adequados para uso exclusivo dessa finalidade, em que a resistência à compressão necessária é de 15 Mpa. Com relação a resistência à compressão, como melhoria, é proposto um controle tecnológico dos materiais, bem como repensar o traço utilizado na fabricação.

Por fim, quanto à absorção de água, o maior índice de absorção foi na peça que apresentou menor massa após o processo de secagem na estufa. Como nenhuma peça ensaiada atingiu ao limite máximo estabelecido pela NBR 9781:2013, o valor médio entre elas também não foi satisfeito. Como este fator está associado ao volume de vazio presente no concreto, é necessário repensar o método de vibração do concreto, já que a mesa vibratória foi um equipamento improvisado pelo fabricante dos blocos, ou até mesmo aumentar o tempo de vibração. Como possível melhoria para fazer com que este parâmetro alcance o exigido pela norma, é necessário que haja uma vibração mais precisa afim de que seja eliminado o máximo de vazios possíveis.

9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Produzir blocos intertravados com as mesmas características deste trabalho, porém vibrar as peças em máquina de melhor qualidade e com um melhor controle tecnológico.
- b) Produzir corpo de provas cilíndrico e avaliar o traço estudado nesta pesquisa.
- c) Propor novos traços com substituições e inclusão de possíveis aditivos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADEI, D. I. B. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do município de Juranda/PR**. 2011, 153f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2011.

AMBROZEWICH, P. H. L. **Materiais de construção**: Normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratórios. 1. Ed. São Paulo: Pini, 2012. 457p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de pavimento intertravado**: passeio público. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010, 36p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Pavimento intertravado**: como executar bem. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/01Como_executar_pav_intertr_Alex_Maschio_ABCP.pdf>. Acesso em: 13de Maio de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Pavimento intertravado alia durabilidade e estética**. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/pavimento-intertravado-alia-durabilidade-e-estetica/>>. Acesso em: 16 de Maio de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Pavimento Intertravado é alternativa sustentável para economia de recursos**. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/pavimento-intertravado-e-alternativa-sustentavel-para-economia-de-recursos/>>. Acesso em 12 jul. 2019c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregado para concreto - especificações. Rio de Janeiro, p. 11. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação- Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, p. 21. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - requisitos. Rio de Janeiro, p. 12. 2018.

BITTENCOURT, Sarah F. **Avaliação da resistência à compressão de pavers produzidos com agregados de resíduos de construção e demolição e areia de fundição**. 2012, 125f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2012.

BRITO, Gabriela do Padro Sá. **ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DE PAVER COM RESÍDUO DE PNEU EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DOS AGREGADOS**. 2013. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

CRUZ, Luiz O. M. **Pavimento intertravado de concreto**: estudo dos elementos e métodos

de dimensionamento. 2003, 281 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

FIORITI, César F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 2007, 194 f. Tese (Doutorado) – Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FIORITI C. F.; INO, A.; AKASAKI, J. L. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus**. Ambiente Construído, Porto Alegre - RS, v. 7, n. 4, p. 43-54, out./dez. 2007.

GODINHO, D. P. **Pavimento Intertravado: uma reflexão sob a ótica da Durabilidade e sustentabilidade**. Belo Horizonte, 2009. Dissertação. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

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

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DESENVOLVIMENTO (IDEMA). **Perfil do seu município (2008)**: Riacho da Cruz. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013897.PDF>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

MARCHIONI, Mariana Lobo. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco para peças de concreto para pavimentação intertravada**. 2012, 112 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. Associação Brasileira de Cimento Portland, 24p. 2011. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/Cartilha_Pav_Intertravado_Permeavel_v1.pdf>. Acesso em 12 jul. 2019.

MARTINS, Ronaldo Mito. **Análise da capacidade de infiltração do pavimento intertravado de concreto**. 2014. 45 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P.J.M., **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 2008. IBRACON, 2008.

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

NEVILLE, A. M., **Propriedades do concreto**. Tradução Salvador E. Giammusso. 1. Ed. São

Paulo: PINI, 1982.

PIOROTTI, J. L. **Pavimentação intertravada**. Rio de Janeiro: Montana, 1985. 64 p.

SANTOS, Vânia Regina Ferreira dos. **Análise do desempenho de pisos táteis, intertravados, produzidos com agregados de resíduos de construção civil – RCC e fibras de aço**. 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, São Paulo, 2014.

SERAFIM, M. A., **Estudo e proposição de formas de Pavers Intertravados para áreas e passeios público**. Unesp – Júlio de Mesquita Filho. 2010. 86 f. Dissertação de Mestrado, Bauru – SP, 2010.

SOUSA, J. G. G. **Contribuição ao estudo da relação entre propriedades e proporcionamento de blocos de concreto** – Aplicação ao uso de entulho como agregado reciclado. 2001. 124p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SOUZA. M. M., SILVA. A. L. O., PINA, L. V. G. **Caracterização de agregado miúdo fornecido na microrregião do agreste potiguar, popularmente denominado "Areia barrada"**. Natal: Holos, v. 04, 04 ago. 2017. Ano. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5954>>. Acesso em: 01 ago. 2019.

T & A Blocos e Pisos. **Manual técnico de piso intertravado de concreto/T & A Blocos e Pisos**. Fortaleza, 2004. 46 p. Disponível em: <http://www.tea.com.br/wp-content/uploads/2011/05/Manual_Tecnico_Pisos_2010.pdf>. Acesso em: 12 de Maio de 2019.

WIEBBELLING, Paula Orvana Guimarães. **Pavimento com blocos intertravados de concreto**: Estudo de caso na UNIVATES. 2015. 72 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.