

# COMPARAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE MAQUINÁRIO ESPECÍFICO PARA ASSENTAMENTO DE ARTEFATOS CIMENTÍCIOS EM UM CONDOMÍNIO FECHADO NA CIDADE DE ARAQUARI - SC

SLONGO, Elvis Leonardo<sup>1</sup>  
DA SILVA, Eduardo Fellipe Walendorff<sup>2</sup>  
AMERICANO, Wellington<sup>3</sup>  
FARIA, Msc. Michela Steluti Poletti<sup>4</sup>

## RESUMO

Este estudo compara a eficiência do uso de maquinário específico para o assentamento de artefatos cimentícios. Realizado com dados obtidos na obra de um condomínio na cidade de Araquari, Santa Catarina. A pesquisa envolveu a análise de métodos de assentamento manual e automatizado, buscando identificar variáveis cruciais para a viabilidade e produtividade desses processos. Os resultados deste estudo, enfatizam a vantagem do uso de maquinário em termos de retorno do investimento, evidenciando a eficiência financeira e ressaltando a importância de considerar diversos fatores além dos custos iniciais ao decidir por investimentos em equipamentos para atividades de pavimentação em artefatos cimentícios.

**Palavras-chave:** Máquina Pavimentadora; Pavimento Intertravado; Pavimentação.

## 1 INTRODUÇÃO

O pavimento intertravado, também conhecido como pavimento de blocos de concreto, tem se tornado uma escolha popular na construção civil devido à sua durabilidade e versatilidade. Sua aplicação abrange calçadas, praças até estradas e estacionamentos, proporcionando soluções sustentáveis e esteticamente agradáveis. No entanto, a qualidade e eficiência da instalação do pavimento intertravado desempenham um papel crucial em sua durabilidade e desempenho ao

<sup>1</sup>Graduando(a) do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, [elvisleoslongo@gmail.com](mailto:elvisleoslongo@gmail.com); <sup>2</sup>Graduando(a) do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, [Walendorff90@gmail.com](mailto:Walendorff90@gmail.com); <sup>3</sup>Graduando(a) do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, [wellingtonamericano19@gmail.com](mailto:wellingtonamericano19@gmail.com); <sup>4</sup>Professor orientador: titulação, Centro Universitário UNISOCIESC, [michela.steluti@unisociesc.com.br](mailto:michela.steluti@unisociesc.com.br);

longo do tempo. O uso de máquinas na construção civil é fundamental para aumentar a eficiência e produtividade.

Conforme AMARAL (2018, p.2) as evoluções tecnológicas para a área da engenharia civil estão cada vez mais presentes tanto na execução, quanto nos projetos de engenharia. Com esta evolução surgem os questionamentos acerca das inovações tendo em vista que a mão de obra sempre teve uma dificuldade em usar ou se adaptar a estas inovações.

Vários setores da economia arriscaram a utilização de equipamentos que automatizam a produção, e conseguiram perceber a evolução no desenvolvimento dos seus produtos e serviços, como na redução da necessidade de mão de obra, ganho de produtividade e na redução do desperdício de matéria prima. Na engenharia não pode ser diferente, se percebe atualmente na área de infraestrutura uma grande busca por inovações tecnológicas seja em escavadeiras hidráulicas, motoniveladoras, vibro acabadoras, fresadoras entre outros equipamentos utilizados (em obras de infraestrutura) na construção pesada. AMARAL (2018, p.2)

Como citado, ainda existe uma limitação em algumas atividades, principalmente na execução da pavimentação de pavimentos intertravados, como paver e lajota, que em sua grande maioria utiliza para a execução em si o trabalho braçal.

O objetivo deste trabalho é comparar a utilização de maquinário específico para assentamento de artefatos cimentícios, identificando a diferença de produtividade e a possível viabilidade de mudança do modo de execução destes pavimentos em obras de pequeno a grande porte. Usando como referência uma obra de construção de um condomínio fechado na cidade de Araquari, Santa Catarina, Brasil.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O pavimento intertravado é uma técnica de pavimentação que tem ganhado destaque nas últimas décadas devido às suas características únicas e benefícios em comparação com métodos tradicionais de pavimentação. Neste referencial teórico, examinaremos os principais componentes, vantagens, desafios, projeto, instalação, desempenho e sustentabilidade associados ao pavimento intertravado.

## 2.1 O QUE É PAVIMENTO

Segundo FILGUEIRAS (2019) O pavimento é uma estrutura formada por camadas com espessuras finitas definidas em projeto a partir de um determinado dimensionamento. É executado após os serviços de terraplenagem, ficando então, sobre corte ou aterro, de acordo com a variação do terreno natural. Esta estrutura é preparada visando propiciar conforto aos usuários e condições de rodagem segura. Além disso, do ponto de vista estrutural, deve suportar as tensões normais e cisalhantes impostas pelo tráfego, e distribuí-las de modo que chegue ao subleito uma parcela inferior àquela imposta pela carga dos veículos (FILGUEIRAS 2019).

### 2.1.1 Definições do pavimento

O pavimento é a estrutura planejada e construída sobre a superfície nivelada do terreno, com objetivos técnicos e econômicos específicos. Ele é projetado para resistir e distribuir as cargas verticais geradas pelo tráfego, melhorar as condições de rolamento no que diz respeito ao conforto e à segurança, além de suportar as forças horizontais, contribuindo assim para a durabilidade das vias (SENÇO, 2007). De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), um pavimento consiste em um sistema composto por múltiplas camadas de densidades finitas, apoiadas sobre uma base cuja fundação é considerada infinita, sendo referida como o subleito. Nos termos da ABNT NBR 9781:2013, o pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, em seu conjunto, a

resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços horizontais que nela atuando, tornando mais durável a superfície de rolamento, devendo ser também uma estrutura econômica.

### **2.1.2 Camadas do pavimento**

As camadas do pavimento têm a função de minimizar sequencialmente o esforço proveniente dos bulbos de tensão das cargas aplicadas no leito natural, através de suas capacidades resistentes e suas profundidades, além de possibilitar a redução da espessura da camada de rolamento ou revestimento. Conforme explica (BALBO 2007). Para um funcionamento adequado, todas as peças que compõem a estrutura devem deformar-se de maneira compatível com sua natureza e capacidade de suporte, evitando assim processos de ruptura ou danificação prematura nos materiais que constituem as camadas de pavimento (BALBO, 2007).

#### **2.1.2.1 Subleito**

De acordo com o manual do DNIT (2006), o subleito é considerado a fundação do pavimento, posicionando-se logo acima do leito natural do terreno. A principal função do subleito é absorver os esforços aplicados à sua superfície, dissipando-os ao longo de sua profundidade, que normalmente se estende por cerca de um metro. As camadas superiores do subleito, onde os esforços são mais intensos, requerem atenção especial. O subleito pode ser constituído de material natural escarificado e compactado, como em cortes de estradas, ou de material transportado e compactado em aterros. Em algumas situações, pode ser necessário aterrar sobre um corte com características inadequadas (GONDIM, 2008). Conforme (SENÇO 2008), em estradas de terra que se deseja pavimentar, o subleito pode apresentar irregularidades, exigindo regularização. Em alguns casos, pode ser

necessário reforçar o subleito. A regularização do subleito envolve a criação de uma camada de espessura variável, projetada para conformar o subleito de acordo com o projeto, tanto em termos transversais quanto longitudinais (SENÇO, 2008).

De acordo com a (Associação Brasileira de Cimento Portland 2010), é fundamental que o solo empregado não apresente expansão. Com essa finalidade propõe-se o uso do ensaio Índice de Suporte Califórnia (ISC) como um critério para avaliar a capacidade de sustentação de um solo compactado.

O ISC, cujo procedimento é regulamentado pela norma NBR 9895/87 em laboratório, visa determinar a expansão do solo. Esse teste consiste na comparação entre a pressão requerida para fazer penetrar um pistão de diâmetro padronizado em uma amostra de solo e a pressão necessária para a mesma penetração em uma mistura padrão de brita com estabilização granulométrica

A ABCP (2010) salienta que a execução precisa desse ensaio tem como objetivo proporcionar uma base sólida, na qual outras camadas podem ser compactadas, quando esses parâmetros são utilizados na construção. Além disso, desempenha um papel crucial na determinação da capacidade estrutural do pavimento.

#### **2.1.2.2 Sub-base**

A sub-base desempenha uma função complementar em relação à base e é considerada separada devido a sua composição com materiais menos nobres, em função de questões econômicas. Como destaca o SENÇO (2008), a sub-base é uma camada complementar à base quando, por razões técnicas e econômicas, não é aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou o reforço do subleito. Em termos gerais, exceto no caso de pavimentos de estrutura invertida, o material utilizado na sub-base deve apresentar propriedades tecnológicas superiores ao material de reforço, enquanto o material da base deve ser de melhor qualidade em comparação ao material da sub-base (SENÇO 2008).

### **2.1.2.3 Base**

Conforme o manual do DNIT (2006), a base é a camada do pavimento responsável por resistir e distribuir as cargas geradas pelos veículos. É sobre a base que se constrói o revestimento, seja ele rígido ou flexível. O pavimento pode ser visto como uma composição de base e revestimento, e a base pode ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito, dependendo das necessidades específicas do projeto (SENÇO, 2008).

### **2.1.2.4 Revestimento**

BALBO (2007) esclarece que a camada de revestimento é fundamental sobre a base granular, uma vez que ela absorve os esforços que não são adequadamente compatíveis com as camadas da base, contribuindo para retardar a degradação do pavimento.

## **2.2 PAVIMENTO INTERTRAVADO**

De acordo com SILVA (2022). O pavimento intertravado, também conhecido como piso intertravado, é uma técnica de pavimentação amplamente utilizada em projetos de infraestrutura urbana, paisagismo e arquitetura. Este método de pavimentação consiste em assentar peças pré-fabricadas de concreto, cerâmica, pedra ou outros materiais intertravados em uma base de areia ou brita. Essas peças, frequentemente chamadas de blocos ou pavers, são projetadas com encaixes que permitem a interligação entre elas, criando uma superfície contínua e resistente. O pavimento intertravado oferece inúmeras vantagens em relação aos métodos tradicionais de pavimentação, o que explica sua crescente popularidade em áreas urbanas e rurais. O sistema de pavimento executado com uso de pavimento

intertravado, conforme a norma ABNT NBR 159531, consiste em um 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 sobrepostas 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. As guias ou meio-fio, ou ainda as sarjetas ou tiras de borda são os dispositivos utilizados para fornecer apoio lateral e conter as peças de concreto ao longo do perímetro do pavimento. A contenção do pavimento intertravado é considerada essencial para resistir aos esforços de deslocamento das peças, minimizam a perda de material de rejuntamento e da camada de assentamento e impedem a rotação das peças de concreto.

De acordo com a definição fornecida pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2010), o pavimento intertravado é caracterizado pelo uso de blocos de concreto pré-moldados, os quais são encaixados entre si por meio de contenções laterais e assentados sobre uma camada de areia. Nesse sistema, a transmissão de parte da carga ocorre por meio do atrito lateral entre as peças de concreto adjacentes. Segundo AMADEI (2011), diversos fatores durante a fabricação podem impactar a qualidade dos blocos de concreto, incluindo o tipo de maquinário e equipamentos empregados, bem como os materiais utilizados. Conforme observado por FIORITI (2007), pavimentos intertravados, quando são atendidos certos requisitos essenciais na fase de execução, como a construção adequada de uma sub-base, a utilização de blocos de alta qualidade e um assentamento preciso, podem alcançar uma vida útil de até 25 anos.

### 2.3 INÍCIO HISTÓRICO

MADRID (1985) Relata que o pavimento intertravado teve início no Império Romano que já utilizava de um método um tanto semelhante para pavimentar as ruas na época. Utilizava-se de pedras brutas com estrutura irregular que dificultava a

passagem de pedestres ou do tráfego de animais e carroças que utilizavam destas estradas. observando estas dificuldades os próprios romanos começaram a utilizar de pedras talhadas manualmente para que tivesse o melhor ajuste, tornando as vias de Roma mais transitivos, o que atraia também mais viajantes e comerciantes.

Esta forma de pavimentação foi sendo utilizada durante muitos séculos, e somente no final do século XIX antes mesmo da primeira Guerra Mundial o concreto começou a ser utilizado como material na produção de peças pré-moldadas, porém ainda não havia produções em escala, isto só ocorreu após a Segunda Guerra Mundial com incentivo de países como a Alemanha e Holanda que passavam por um momento

de reconstrução após o fim da guerra. A utilização veio a se tornar popular no século XXI onde o pavimento intertravado começou a se mostrar também eficaz na redução das enchentes urbanas, nos tempos atuais já é muito utilizada e procurada mesmo para outras utilizações além da pavimentação de ruas, já que apresenta inúmeras vantagens. Vejamos a figura 1 a seguir como eram os pavimentos intertravados no século XIX,

**Figura 1- Estradas de Roma impulsionam crescimento pelo mundo**



Fonte: Paiva (2022)

## 2.4 BLOCO DE CONCRETO OU PAVERS

Segundo (GREGÓRIO, 2012). A fabricação de pavers se dá a partir de uma mistura, formando um bloco pré-fabricado, com isso segue algumas etapas essenciais para a qualidade do material. A primeira etapa seria a preparação do concreto que se leva de cimento portland, agregados miúdos, água e em alguns casos até a introdução de aditivos especiais que aumentam a resistência do material final. Na segunda etapa é feita a dosagem de cada material, pois precisam ser utilizados para garantir a qualidade do bloco. Para a terceira etapa todos os materiais são despejados em um misturador de concreto, que envolverá uma mistura de todos os materiais formando um concreto homogêneo, sempre cuidando com a dosagem da água para não perder a resistência do material. A quarta etapa, com todos esses materiais misturados, serão colocados em moldes ou formas que darão ao bloco o formato e o tamanho desejado. A quinta etapa é muito importante para a durabilidade do bloco e não deve ser pulada, ainda nos moldes a mistura é compactada com uma espécie de vibração para que não fique nenhuma bolha de ar que possa trazer possíveis rachaduras ao bloco de concreto. Na sexta etapa os moldes já secos são desmoldados e as peças já se encontram prontas. Para última etapa é feita a inspeção e a qualificação das peças de concreto para que sejam comercializados com qualidade.

## 2.5 ASPECTOS DIMENSIONAIS DAS PEÇAS

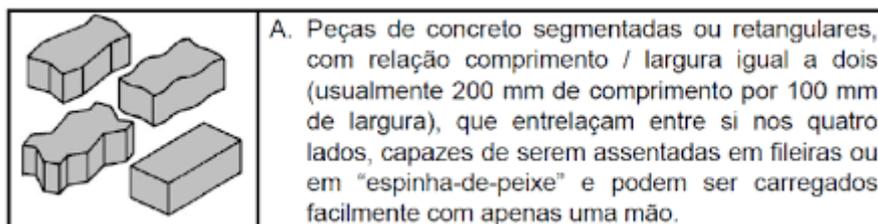
MULLER( 2005),os blocos intertravado de concreto podem variar de modelos e espessuras, nas espessuras temos de 6, 8 e 10 centímetros de altura, os blocos de 6 centímetros utiliza-se em tráfegos mais leves como calçadas de casas, condomínios, praças, parques, tráfego de veículo não intenso entre outros, os blocos de 8 centímetros já se utiliza em lugares para tráfego mais pesado de veículos, ônibus e caminhões, como em alguns pátios de postos de combustíveis e ruas, já os

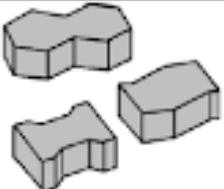
blocos de 10 centímetros utiliza-se em tráfegos especiais, como em pátios de empresas e indústrias, com tráfegos de maquinários e caminhões pesados.

segundo a NBR 9781;2013 que regulamenta sobre a qualidade dos blocos intertravados, os blocos de 8 centímetros de altura oferece uma resistência mínima à compressão de 35MPa,o valor com uma carga aproximada de 35 toneladas sobre uma área de 1 m<sup>2</sup>, já o de 10 centímetros de altura oferece uma resistência mínima à compressão de 50 MPa, carga aproximada de 60 toneladas sobre uma área de 1 m<sup>2</sup>

Segundo (MULLER, 2005), os blocos intertravados de concreto tem diferentes formatos geométrico, diferenciando na estética e o modo construtivo, na figura 2 mostram os modelos mais utilizados,

**figura 2, modelos de blocos**



	<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, triédros etc.), assentadas seguindo-se sempre um mesmo padrão, que nem sempre conforma fileiras facilmente identificáveis.</p>

Fonte: Hallack (1998 apud MÜLLER, 2005)

## 2.6 ESTRUTURAS DO PAVIMENTO

Segundo (TAUIL, 2014) A colocação do pavimento intertravado é simples, porém existe um certo cuidado especial perante o solo de colocação já que há diferentes tipos de solos como: (Arenoso, argiloso, humoso e calcário) além de irregularidades existentes no solo, a preparação do solo é fundamental para evitar possíveis problemas futuros, com isso se deve estudar e analisar o solo que será empregado.

O material da sub-base pode ser granular, solo triturado ou solos tratados com aditivos, isso se define com as especificações do dimensionamento do projeto. (FIORITI, 2007).

A camada base se utiliza agregados miúdos, como areias e pó de brita. Nessa camada fazemos uma compactação e o nivelamento com a inclinação de 2% ou mais, seguindo as especificações do projeto. (CRUZ, 2003).

A camada de revestimento é onde acontece o assentamento do pavimento intertravado, existem diferentes padrões de assentamento e diferentes modelos de blocos, com isso melhora a estética da obra e otimiza o desperdício. (CRUZ, 2003).

## 2.7 ASSENTAMENTO E REJUNTAMENTO

MARCHIONI E SILVA (2011) O assentamento das peças de blocos pré-moldados de concreto é com a utilização de agregados miúdos (exemplo pó de brita ou areia) com dimensão máxima de 9,5 mm. Um grande fator a se observar no assentamento é que o agregado da camada tenha dimensão suficiente para garantir uma superfície uniforme para as peças de concreto e que ocorra também um travamento com a camada de base.

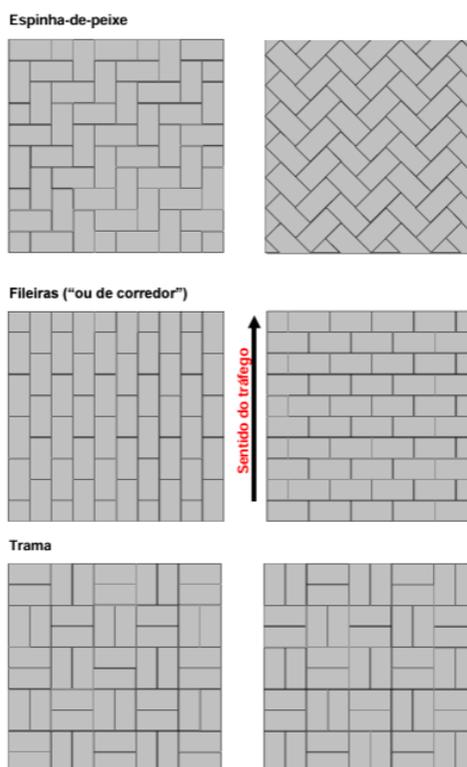
Para o material de rejunte pode se utilizar o mesmo material de base, devemos optar por um material fino para garantir o preenchimento das juntas entre os blocos. A escolha do material irá depender da espessura das juntas, quanto maior as juntas menor será o intertravamento.

## 2.8 MODELOS DE INTERTRAVAMENTO DE BLOCOS

O intertravamento seria a incapacidade da peça, no caso o bloco de concreto não se movimentar independente dos ao seu redor. Também definido como a capacidade das peças se resistirem ao movimento individualmente independente da rotação ou ângulo de movimentação.

Os modelos de assentamento como mostra na figura 3 influenciam tanto na estética quanto no desempenho, no entanto não existe uma interferência do modelo de assentamento e durabilidade pelos pesquisadores. (HALLACK 1998).

**Figura 3 : (Principais tipos de assentamento para pavimentos de blocos de concreto )**



Fonte: Hallack (1998)

O modelo tipo espinha de peixe, segundo (SHACKEL 1990) seria o mais recomendado para áreas de tráfego veicular.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem comparativa, buscando analisar e comparar o processo de assentamento manual e automatizado de pavers. Utilizou-se métodos quantitativos para coletar e analisar dados objetivos.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Por questões de precisão e rigor metodológico, foram selecionadas duas áreas dentro do mesmo condomínio, apresentando características idênticas,

incluindo a estrutura do pavimento, a inclinação do pavimento e o tipo de agregado para assentamento. Além disso, para assegurar maior exatidão e precisão no estudo, optou-se por utilizar artefatos cimentícios do mesmo tipo, com desenhos e espessuras idênticas, provenientes do mesmo fabricante. Adicionalmente, tanto o equipamento auxiliar, uma retroescavadeira, quanto o operador responsável por sua operação, foram os mesmos para ambas as áreas selecionadas. Nesse contexto, uma parte dos artefatos de pavimentação foi instalada manualmente, enquanto a outra parte foi assentada com o auxílio de uma pavimentadora.

Com o intuito de analisar e comparar os métodos de assentamento de pavers, foram identificadas variáveis dependentes cruciais para a pesquisa, tais como tempo de instalação, custo por hora de equipamento e mão de obra, qualidade do assentamento, esforço físico empregado, entre outras variáveis pertinentes.

Para o procedimento de instalação manual, uma equipe treinada estava responsável por realizar o assentamento dos pavers de forma manual. Já no procedimento de instalação automatizada, foi utilizado o auxílio de equipamento automatizado para o assentamento das peças.

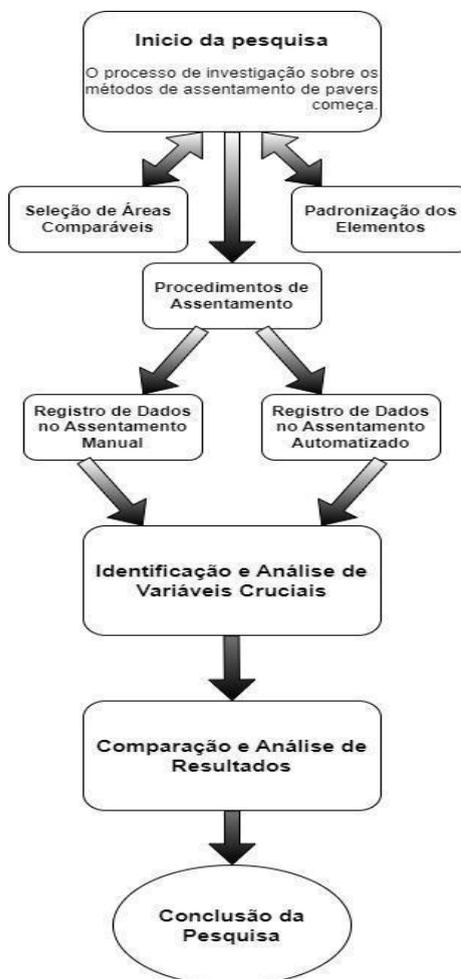
### 3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

O estudo foi realizado no condomínio Skyline, propriedade da AH Empreendimentos e Incorporadora, localizado na cidade de Araquari, Santa Catarina. Este empreendimento encontra-se na fase final de desenvolvimento, com previsão de entrega para 29 de dezembro de 2023. Vale ressaltar que a execução dos serviços no condomínio é realizada pela empresa Pacopedra Obras de Infraestrutura LTDA. Fornecendo um campo de observação e análise ideal para investigar e comparar a eficiência e os resultados para tais atividades.

### 3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Nesta etapa da pesquisa foi retratado através do fluxograma apresentado na figura 4, as etapas que consolidaram o processo do início até sua finalização.

**Figura 4- Fluxograma da pesquisa**



Fonte: Os Autores(2023)

### 3.3.1 Início da pesquisa

Durante o processo de pesquisa sobre pavimentação com pavers, houve uma imersão profunda na vasta gama de informações disponíveis em artigos científicos e

materiais acadêmicos. A busca por conhecimento teve como foco principal a compreensão abrangente dos pilares fundamentais dessa área.

Explorou-se minuciosamente as estruturas de pavimento, estudando as várias camadas que compõem um sistema de pavimentação. Compreender a importância da base, sub-base e revestimento superior foi essencial para avaliar a estabilidade e a durabilidade dos pavimentos intertravados em diferentes condições e cargas.

Os métodos de pavimentação foram investigados detalhadamente, desde as abordagens tradicionais até as técnicas inovadoras que foram o foco deste artigo. Analisou-se a eficiência de métodos como o assentamento convencional de pavers, além das técnicas modernas que incorporam tecnologias avançadas de colocação e compactação.

Além disso, explorou-se a história da pavimentação com pavimento intertravado, desde suas origens até os avanços atuais. Entender a evolução dessa técnica ao longo do tempo foi crucial para contextualizar sua importância na engenharia civil e na infraestrutura urbana.

Dedicou-se uma atenção especial ao método de execução do pavimento intertravado. Investigou-se cada etapa do processo, desde a preparação do subleito até a disposição dos pavers, passando pelas técnicas de compactação e acabamento. Questões como resistência, durabilidade, eficiência de drenagem e considerações estéticas foram minuciosamente analisadas durante esse processo.

Essa compreensão é crucial para contribuir com novas perspectivas e avanços na área, visando aprimorar a eficiência, durabilidade e sustentabilidade dos pavimentos intertravados.

### **3.3.2 Seleção de áreas comparáveis e padronização dos elementos**

Com vistas à precisão e confiabilidade metodológica, foram escolhidas criteriosamente duas áreas no mesmo condomínio, compartilhando características idênticas. A seleção considerou não apenas a similaridade na estrutura do pavimento, mas também aspectos como a inclinação do terreno e o tipo de agregado utilizado. Para garantir uma análise precisa, optou-se por padronizar os artefatos cimentícios empregados, escolhendo peças do mesmo tipo, desenhos e espessuras idênticas de um único fabricante.

A instalação dos artefatos foi dividida em dois métodos: manual e com pavimentadora, permitindo uma comparação direta e detalhada sobre eficiência, durabilidade e qualidade do trabalho realizado. Essa seleção minuciosa e a padronização dos elementos visou obter dados sólidos, assegurando uma análise fundamentada sobre os métodos de instalação de artefatos de pavimentação.

### **3.3.3 Procedimentos de assentamento: Manual e automatizado**

A comparação entre os métodos de assentamento manual e automatizado ofereceu uma visão abrangente das práticas empregadas na instalação desses artefatos de pavimentação.

O método manual de assentamento de pavers envolveu a disposição individual das peças pelo calceteiro. Esse procedimento requer habilidade e precisão, onde os pavers foram posicionados manualmente, alinhados e garantindo uma superfície uniforme. Após essa disposição, realizou-se a compactação utilizando rolos compactadores.

Por outro lado, o método automatizado fez uso da máquina pavimentadora para realizar o assentamento dos pavers. Essa pavimentadora tinha a capacidade de dispor os artefatos em sequência, com alinhamento preciso e em uma velocidade mais rápida do que o método manual. A compactação pode ser feita também por meio de rolos compactadores.

### **3.3.4 Registros de Dados no Assentamento dos artefatos - Manual vs. Automatizado**

Um dos principais conjuntos de dados capturados foi o tempo de execução de cada equipe para realizar o assentamento dos artefatos. Os cronogramas de trabalho foram registrados para comparar a eficiência temporal entre o método manual, executado pela equipe de operadores, e o método automatizado, que envolveu o uso da máquina pavimentadora.

Durante o registro de dados comparativos, priorizou-se a coleta de informações relevantes para uma análise abrangente e criteriosa desses métodos. Além disso, realizou-se um levantamento de produtividade diário.

Além disso, foram coletados dados sobre o custo por hora da mão de obra envolvida em cada método. Isso incluiu o valor dos salários dos operadores que realizaram o assentamento manual e os custos associados ao uso dos equipamentos automatizados. Esses registros de custos foram cruciais para avaliar a viabilidade financeira de cada abordagem.

No contexto da máquina de paver, identificamos fatores cruciais que influenciam o retorno do investimento. Isso incluiu o custo inicial do equipamento e os custos operacionais. A eficiência da máquina durante o trabalho também foi um aspecto central, considerando a produtividade, a velocidade de assentamento e a qualidade do trabalho realizado.

Por outro lado, para a mão de obra manual, avaliamos os custos associados aos salários, encargos trabalhistas e treinamento. Também consideramos a eficiência da mão de obra humana, a produtividade e a qualidade do trabalho em relação à instalação dos pavers.

O objetivo fundamental desses registros detalhados foi capturar uma gama diversificada de dados para facilitar uma análise comparativa completa. Essa análise aprofundada será essencial para informar decisões futuras e estratégias de implementação em projetos de pavimentação.

### 3.3.5 Identificação e análise de variáveis cruciais

No estudo foi conduzida uma análise minuciosa da viabilidade do investimento. A pesquisa não apenas avaliou o potencial de retorno do investimento, mas também investigou o período necessário para alcançar esse retorno em comparação com o método manual de execução. Considerando fatores como os custos iniciais de aquisição da máquina, despesas operacionais, produtividade e custos associados à mão de obra, o estudo buscou determinar o tempo estimado para recuperar o investimento na máquina pavimentadora. Além disso, a análise comparativa incluiu a estimativa do tempo requerido para realizar a mesma área de trabalho por meio do método manual, evidenciando a diferença temporal entre as abordagens. Para esta análise realizou-se o cálculo com a seguinte fórmula:

$$\textit{Tempo para retorno de investimento} = \frac{\textit{custo de equipamento}}{\textit{receita gerada por hora}}$$

Calculou-se a receita gerada pela equipe da seguinte forma:

$$\textit{Receita Gerada por Hora} = \textit{Produção por Hora} \times \textit{Preço por m}^2$$

Com estes dados conseguiu-se obter o tempo para o retorno do investimento como demonstrado no cálculo a seguir:

$$\textit{Tempo para retorno do investimento} = \frac{\textit{R\$598000,00}}{\textit{R\$1986,00}}$$

$$\textit{Tempo para retorno do investimento} \approx 301,11 \textit{ horas}$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da pesquisa foram obtidos a partir de uma análise abrangente entre os métodos executivos. O tempo de execução foi um dos principais conjuntos de dados capturados, com um registro detalhado dos cronogramas de trabalho das equipes em ambos os métodos. Essa comparação direta permitiu uma análise criteriosa da eficiência temporal entre o método manual e o automatizado, corroborando uma média de área por hora conforme evidenciado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Registro diário de produção**

Registro de produção manual no período de 5 dias		
Dia	Horas trabalhadas	Produzido no dia
13/11/2023	8h	180m <sup>2</sup>
14/11/2023	8h	190m <sup>2</sup>
15/11/2023	8h	178m <sup>2</sup>
16/11/2023	8h	160m <sup>2</sup>
17/11/2023	8h	174m <sup>2</sup>
5 dias	40h	882m <sup>2</sup>
Média		<b>22,05 m<sup>2</sup>/h</b>

Registro de produção automatizada no período de 5 dias		
Dia	Horas trabalhadas	Produzido no dia
13/11/2023	8h	620m <sup>2</sup>
14/11/2023	8h	700m <sup>2</sup>
15/11/2023	8h	680m <sup>2</sup>
16/11/2023	8h	730m <sup>2</sup>
17/11/2023	8h	580m <sup>2</sup>
5 dias	40h	3310m <sup>2</sup>
Média		<b>82,75 m<sup>2</sup>/h</b>

Fonte: Os Autores (2023)

Os dados adicionais sobre o valor por hora das equipes e suas respectivas produtividades influenciam diretamente na análise comparativa entre os métodos de assentamento manual e automatizado, como mostrado nas tabelas 2 e 3.

**Tabela 2 - Encargos de equipe manual**

Execução manual			
Minimo para execução viavel	Quantidade	Valor por hora	Custo de maquinário por hora
Mestre	1	R\$ 52,73	
Profissional (Pedreiro calceteiro)	3	R\$ 29,90	
Operador de máquinas.	1	R\$ 41,14	
Servente	4	R\$ 25,03	
Retroescavadeira/carregadeira	1		R\$ 33,08
<b>total de mão de obra execução manual</b>	<b>9</b>	<b>R\$ 283,69</b>	
<b>total com maquinário</b>	<b>1</b>		<b>R\$ 33,08</b>
<b>Custo total da equipe para operação por hora.</b>		<b>R\$ 283,69</b>	

Fonte: Os autores (2023)

**Tabela 3 - Encargos de equipe com maquinário**

Execução com maquinário específico			
Minimo para execução viável	Quantidade	Valor por hora	Custo de maquinário por hora
Mestre	1	R\$ 52,73	
Profissional (pedreiro calceteiro)	1	R\$ 29,90	
Operador de máquinas	2	R\$ 41,14	
Servente	3	R\$ 25,03	
Retroescavadeira/carregadeira	1		R\$ 33,08
Máquina de paver	1		R\$ 10,18
implemento de régua	1		R\$ -
<b>Total com mão de obra</b>	<b>7</b>	<b>R\$ 240,00</b>	
<b>Total com maquinário</b>	<b>2</b>		<b>R\$ 43,26</b>
<b>Custo total da equipe para operação por hora.</b>		<b>R\$ 283,26</b>	

Fonte: Os autores (2023)

A equipe que realiza o assentamento manual apresenta um custo por hora de R\$ 283,69, composta por 9 colaboradores e 1 retroescavadeira, com uma produtividade média de 25,05m<sup>2</sup> por hora. Em contrapartida, a equipe que utiliza a máquina pavimentadora possui um custo por hora equivalente de R\$ 283,69, composta por 7 colaboradores, 1 retroescavadeira e a máquina pavimentadora, alcançando uma produtividade consideravelmente superior, atingindo uma média de 82,75m<sup>2</sup> por hora.

Esses números realçam ainda mais a diferença substancial de produtividade entre os métodos de trabalho, evidenciando a clara vantagem em termos de eficiência do uso da máquina pavimentadora para essa atividade específica, bem como seu acabamento como mostrado na figura 5.

**Figura 5 – Acabamento do pavimento executado com máquina**



Fonte: Os autores (2023)

Ao considerar a comparação das produtividades, é perceptível que a equipe com maquinário específico é capaz de alcançar uma quantidade significativamente maior de trabalho executado em um período de tempo similar, quando comparada à equipe de assentamento manual.

Esses dados fortalecem a compreensão da análise comparativa, oferecendo uma visão mais clara sobre a relação custo-benefício e eficiência entre os métodos manual e automatizado. Essa constatação reforça a importância de considerar cuidadosamente os métodos e recursos empregados na execução de tarefas, visando otimizar não apenas a eficácia, mas também a produtividade no contexto do assentamento de artefatos cimentícios.

Durante a análise, foram identificados fatores essenciais na pavimentação, como o valor de R\$24,00 por metro quadrado executado, descontando o custo por m<sup>2</sup> das peças, e já incluso o custo da equipe neste valor para simplificar a demonstração. Ao avaliar a viabilidade da máquina pavimentadora, cujo custo total foi de R\$598000,00, realizou-se um cálculo específico para determinar o ponto em que se obteria retorno do investimento, sem gerar lucro na atividade, considerando apenas o custo por hora da equipe. Para determinar o tempo necessário para alcançar o retorno do investimento considerando os custos e a receita gerada pelo cliente calculamos desta forma.

$$\text{Receita Gerada por Hora} = 82,75\text{m}^2/\text{h} \times \text{R}\$24/\text{m}^2$$

$$\text{Receita Gerada por Hora} = \text{R}\$1.986,00/\text{h}$$

Com estes dados conseguiu-se obter o tempo para o retorno do investimento como demonstrado no cálculo a seguir:

$$\text{Tempo para retorno do investimento} = \frac{\text{R}\$598000,00}{\text{R}\$1986,00}$$

$$\text{Tempo para retorno do investimento} \approx 301,11 \text{ horas}$$

$$\text{Área executada para retorno do investimento} = 301,11\text{h} \times \frac{82,75\text{m}^2}{\text{h}}$$

$$\text{Área executada para retorno do investimento} = 24916m^2$$

Verificou-se que o retorno do investimento acontece após a execução de 24916m<sup>2</sup>. Vale ressaltar que, na ocasião da obtenção das informações, foi considerado o melhor cenário de execução.

Com base nos dados extraídos e analisados das tabelas 1, 2 e 3, pode-se constatar que, para uma equipe realizando o assentamento manualmente, atingir a mesma quantidade executada por uma equipe que utiliza maquinário específico, seria necessário triplicar a quantidade de mão de obra envolvida no processo. E utilizando dos dados e da mesma fórmula conseguimos obter que esta equipe conseguiria alcançar o valor para investimento após 125 dias trabalhados comparados com 38 dias trabalhados da equipe com o maquinário.

No contexto específico, é pouco comum realizar um trabalho contínuo e ininterrupto ao longo de 38 dias consecutivos, como exemplificado no empreendimento. Geralmente, a cada ciclo de 30 dias, é possível atingir aproximadamente 7 ou 8 dias de trabalho com uma eficiência de 100% em relação à média de execução. Essa dinâmica de trabalho torna ainda mais desafiadora a possibilidade de alcançar a receita necessária para cobrir o valor de investimento de R\$598000,00 somente por meio da mão de obra manual. Utilizando dos dados citados e fazendo um cálculo básico demonstrado a seguir.

$$8h \text{ diária} \times 82,75m^2 = \frac{662m^2}{\text{dia}}$$

$$\left(\frac{662m^2}{\text{dia}}\right) \times \left(\frac{8 \text{ dias}}{\text{mês}}\right) \approx \frac{5296 m^2}{\text{mês}}$$

$24916m^2$  é a produção necessária para retorno do investimento

$$\frac{24916m^2}{5296m^2} \approx 4,7 \text{ meses}$$

Chegamos ao resultado de pelo menos 5 meses para obter o retorno do investimento com a equipe da máquina. Levando a mesma linha de raciocínio para a equipe de trabalho manual.

$$8h \text{ diária} \times 25,05m^2 \approx \frac{200m^2}{\text{dia}}$$

$$\left(\frac{200m^2}{\text{dia}}\right) \times \left(\frac{8 \text{ dias}}{\text{mês}}\right) \approx \frac{1603 m^2}{\text{mês}}$$

$$\frac{24916m^2}{1603m^2} \approx 15,5 \text{ meses}$$

Essa análise evidencia claramente a vantagem em termos de retorno do investimento ao optar pela utilização do maquinário. A diferença considerável nos períodos de retorno entre as duas abordagens ressalta a eficiência e a viabilidade financeira mais expressiva proporcionada pelo maquinário especializado.

Nos dias em que foram obtidos os dados se realizava a pavimentação de ruas com largura de 6 metros. Nessa análise, não se retirou lucro algum da atividade, contemplando apenas os recursos para cobrir os custos da equipe.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa comparou meticulosamente os métodos de assentamento de artefatos cimentícios, priorizando a análise do tempo de execução. A máquina pavimentadora mostrou uma clara superioridade de eficiência sobre a equipe manual, realizando mais trabalho em um tempo similar.

Os resultados destacaram que o investimento na máquina possibilita um retorno mais rápido do que a mão de obra manual. Isso ressalta a vantagem financeira e a eficiência proporcionadas pelo uso de maquinário especializado. Além disso, o estudo observou que trabalhar continuamente por 38 dias seguidos, que é o

tempo mínimo de retorno do investimento, como exemplificado em Araquari, Santa Catarina, é raro no setor, o que torna desafiador levantar capital para investimento apenas com mão de obra manual. Conclui-se que a análise evidencia a clara vantagem de retorno do investimento ao optar pelo maquinário para pavimentação, ressaltando a importância de considerar diversos fatores além dos custos iniciais ao decidir por investimentos em equipamentos para atividades de assentamento de artefatos cimentícios.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram de maneira significativa para a realização deste trabalho. Estes são os resultados de esforços coletivos e apoio valioso ao longo de nossos percursos acadêmicos. Primeiramente, queremos agradecer a nossa orientadora Prof. Msc Michela Steluti Poleti, pelas orientações dedicadas, informações valiosas e paciência demonstrada ao longo de todo o processo de pesquisa e redação deste trabalho. Suas experiências e orientações foram fundamentais para o nosso desenvolvimento. Às nossas famílias, que sempre estiveram ao nosso lado, oferecendo apoio incondicional, incentivo e compreensão durante as longas horas dedicadas a este projeto. Cada membro de nossas famílias desempenhou um papel vital em nossa jornada acadêmica e na conclusão deste TCC.

Agradecemos também a toda equipe da Pacopedra obras de infraestrutura, cuja contribuição foi essencial para o desenvolvimento de nossa pesquisa . Agradecemos pela generosidade em compartilhar suas informações e experiências, enriquecendo assim este estudo. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e contribuição de cada um de vocês. Agradecemos por fazerem parte desta jornada e por tornarem este momento possível.

## **REFERÊNCIAS**

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Pavimento Intertravado: passeio público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010

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

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

CRUZ, Luiz 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.

DNIT. NORMA DNIT 031/2006 – **ES. Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificações de serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2006

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

FILGUEIRAS, Gabriela Chaves. **Comparação entre os projetos de pavimento asfáltico e pavimento intertravado para fins de execução do sistema viário de um condomínio horizontal em Senador Canedo**. 2019. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia

GONDIM, Y. C. **Dimensionamento de pavimentos de concreto utilizando o programa computacional KENSLABS 2004 e comparação com método da PCA 1984**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

GREGORIO, L. T. **Orientações para fabricação de blocos de concreto e Pisos intertravados**. PROJETO SHS Solução Habitacional Simples, Rio de Janeiro/ Cachoeira Paulista, 2012.

HALLACK, ABDO, (1998). “**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, 116 p.

KOHLER, Lucas Guilherme.). **Desempenho técnico de blocos de concreto para pavimento intertravado com resíduo de construção e demolição**. Bagé: Universidade Federal do Pampa, 2018.

MADRID MESA, G.G. (1985). “**Ventajas y aplicaciones de los pavimentos de adoquines de concreto.**” Medellín, Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 1985.

MULLER, R.M. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

MADRID, G. G.; GIRALDO E. A.; GONZÁLES, G.A. (2003). “**Water Infiltration Through Concrete Block Pavements up to 26 Year Old**”. 7th International Conference on Concrete Block Paving. Sun City - África do Sul

PAIVA, Vitor. **Estradas de Roma impulsionam crescimento pelo mundo.** *In:* Estradas de Roma impulsionam crescimento pelo mundo. (2022).

SHACKEL, B. (1979). “**A pilot study of the performance of block paving under traffic using a heavy vehicle simulator**”. *In:* SYMPOSIUM ON PRECAST CONCRETE PAVING BLOCK, Johannesburg. Proceedings. s.l., Concrete Society of Southern Africa Concrete Masonry Association, s.d.(1990). “Design and construction of interlocking concrete block pavements”. London, Elsevier.

PINTO JÚNIOR, Ajalmar Moreno. **Análise da Substituição de Pavimentos Flexíveis em CBUQ por Piso Intertravado em Projetos de Pavimentação de Vias** - Faculdade Ari de Sá, 2022.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** v1. 2ª ed. São Paulo: PINI, 2008

SILVA, Claudio oliveira, **Sistema de piso com peças de concreto pavimento intertravado, 2022.** Manual de desempenho, Associação brasileira de cimento portland

TAUIL, Carlos Alberto. Arquiteto pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP).

## APÊNDICE

### FOTOGRAFIA DO MAQUINÁRIO UTILIZADO PARA O ESTUDO

Figura 6 - Máquina pavimentadora de paver



**Figura 7 - Implemento para regular a base de assentamento**

