

# **DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL PARA REMENDO DE FISSURA EM MASSA ASFÁLTICA INDELÉVEL À MUDANÇA CLIMÁTICA**

**Alunos: Luiza Souza Santos, Rafaela de Oliveira Gomes, Thalita Bispo Ribeiro**

**Professor-orientador: Giovanni Miraveti Carriello**

## **Colégio Montesso**

R. Catulo da Paixão Cearense, 97 - Vila Jardini, Sorocaba - SP, 18044-160

6 de Fevereiro de 2024 até 26 de Novembro de 2024

### **Dedicatória**

Dedicamos nossa pesquisa para a cidade de Sorocaba e esperamos que nossa pesquisa possa melhorar a qualidade de vida de sua população.

## **Agradecimento**

Gostaríamos de agradecer nosso orientador Giovanni Miraveti, o qual temos grande admiração, por além de sempre nos incentivar a seguir com nossa pesquisa, teve muita paciência conosco e nos ensinando valiosas lições sobre a ciência, como métodos científicos e como as grandes descobertas aconteceram ao acaso, assim nunca descartamos ideias, antes de testar, por mais absurdas que elas sejam.

Agradecemos também a toda a equipe do Montesso que nos forneceram o laboratório e os materiais necessários, arcando com os custos do projeto.

## Resumo

O asfalto é uma massa própria para pavimentação de vias públicas ao redor do mundo, formado por piche e pedras e, na maioria das vezes, ele não é durável. Por causa disso, surgiu-se a necessidade de criar formas menos custosas de produzir remendos, que tivessem boa ligação com a massa asfáltica já presente nas principais vias da vida de milhares de pessoas. Com as recentes pesquisas, nota-se a necessidade de se testar a resistência do asfalto atual, para fins comerciais; do produzido em laboratório e o substituído pela goma. O asfalto atual não é resistente à ação ambiental, por causa disso, é necessário frequentes reparos ao tecido original, por causa disso, há demanda de buscar-se uma alternativa barata e rentável para municípios com baixo orçamento para as emendas nos pavimentos públicos. Com isso, o projeto tende a ser testado em ambientes próximos à realidade esperada de seu uso primordial.

**Palavras-chave:** mistura asfáltica, tapioca, erosão.

## Introdução

O asfalto é uma massa própria para pavimentação de vias públicas ao redor do mundo, formado por piche e pedras, na maioria das vezes, ele não é durável. Por causa disso, surgiu-se a necessidade de criar formas menos custosas de produzir remendos que tivessem boa ligação com a massa asfáltica já presente nas vias principais da vida de milhares de pessoas. Para isso, é necessário encontrar novas formas de fazer remendos enquanto for possível nos pavimentos públicos, mas de modo que o custo não seja superior ao da troca do asfalto original utilizado desde os anos 50 em todo o país (Aires et al., 2018; Araujo; Ribeiro, 2010; Barbosa et al., 2018; Revista Pesquisa Fapesp, 2023).

A tapioca, que é o amido extraído da mandioca (*Manihot esculenta*), também se encontra o uso desse tipo de substância no preparo de sopas e caldos com o intuito de engrossar a mistura (Silva et al., 2013). Ao deixar a tapioca exposta ao ambiente por muito tempo, a massa seca e solidifica-se, a goma possui uma durabilidade considerável para ser cogitada para o uso como remendo em vias públicas, o que é uma alternativa rentável e vantajosa para o conserto dos pavimentos para municípios de baixa renda e que possuem pouca verba do orçamento voltado aos municípios para este âmbito.

## Objetivos

### Objetivo Geral:

Propor uma solução para diminuição do rompimento de asfalto em ambiente com alta atividade pluvial, se baseando em um estudo de caso de rompimento de asfalto de uma rua de Sorocaba.

### Objetivo Específicos:

- Compreender quais variáveis influenciam o rompimento do asfalto analisado no presente estudo de caso.
- Produzir uma mistura asfáltica que possua propriedades semelhantes ao que se rompeu, quanto a escoamento e permeabilidade, mas seja mais resistente a rompimento.
- Realizar ensaios controlados em laboratórios, comparando a mistura asfáltica produzida com a original e comercial.

## **Justificativa**

Em janeiro de 2024 a cidade de Sorocaba registrou 80% da chuva esperada para o respectivo mês em apenas 72 horas, o que causou calamidades públicas, deslizamento de terra, queda de árvores, destruição do asfalto em uma das principais vias públicas da cidade (Rigué, 2024). Isso também foi visto em outras cidades do interior paulista, tais como São Paulo (G1 SP, 2024) e Bragança Paulista (Oliveira, 2024).

Um dos motivos de tais catástrofes podem ser aferido ao mal escoamento da água proveniente das águas pluviais vias públicas, correlacionado tal como a capacidade de escoamento do sistema de drenagem da cidade, tal como a qualidade do asfalto, o qual pode se romper devido ao grande volume e causar prejuízos aos moradores (Araujo; Ribeiro, 2010; Luiz et al., 2020). Desta forma, é importante a realização de pesquisas envolvendo asfaltos, para produção de melhores materiais para construção civil e auxiliando na mitigação dos danos causados por enchentes.

A goma possui uma durabilidade considerável para ser cogitada para o uso como remendo em ruas, ao deixar a tapioca exposta ao ambiente, por muito tempo, a massa seca e solidifica-se, o que é uma alternativa rentável e vantajosa para o conserto dos pavimentos para municípios de baixa renda. A seguinte alternativa mostra-se viável, principalmente em países localizados na América do Sul, por exemplo, o Brasil, em que os povos originários costumavam consumir os produtos derivados do amido da mandioca. Como traço cultural, a origem alimentícia do país baseou-se no cultivo e produção de amido vindo da planta, o que fez com que sua produção fosse ampliada por todo o país e acessível praticamente em todo o território nacional (Silva et al., 2013), possibilitando a alternativa apresentada como remendo da massa asfáltica original.

## **Problematização**

Na cidade de Sorocaba, no dia 20 de janeiro de 2024, houve o rompimento do asfalto em diversas vias públicas (Rigué, 2024). Em determinada rua, a qual é o objeto de estudo da presente pesquisa, observou-se uma ruptura do asfalto, prejudicando o trânsito no local. Tal situação, já havia ocorrido em outras partes do município, o que

instigou as dúvidas e a ânsia de pesquisar e compreender a razão desse fenômeno, visto que todos ocorreram após as chuvas, entretanto não houveram inundações nos locais.

A alternativa apresentada servirá apenas para remendo temporário dos pavimentos principalmente em cidades de baixa renda e pouco privilegiadas pelos orçamentos da União. Enquanto o asfalto não for aprimorado, melhorando a resistência quando exposto à ação do tempo, ainda serão necessárias alternativas menos custosas e acessíveis a todos os municípios brasileiros. Já que, asfaltos melhores causam menos acidentes, aumentando a qualidade de vida, a segurança no trânsito e principalmente economizando o orçamento municipal pela economia na emenda da pavimentação pública.

### **Hipótese**

A longo prazo, as ruas não são resistentes ao desgaste causado pela ação da água da chuva e se danificam abrindo rachaduras que podem prejudicar a passagem de veículos e até mesmo causar acidentes.

A partir de pesquisas com materiais orgânicos acredita-se adquirir um novo composto que consiga se ligar com o asfalto e seja mais durável, quando comparado a mistura asfáltica atual, podendo ser utilizado para tapar vendas em ruas brasileiras temporariamente.

Pesquisando outros materiais orgânicos, como tintas acrílicas e colas, podem ser uma opção para elevar a durabilidade do asfalto, pois servem como uma barreira de proteção que reduz a absorção de água pelo composto, assim tornando mais lento o processo de erosão.

### **Metodologia**

#### **Ambiente de Pesquisa:**

Toda a pesquisa foi realizada no laboratório oferecido pelo colégio.

#### **Outras ideias sem a tapioca:**

Uma das hipóteses iniciais foi que uma tinta poderia aumentar a resistência do asfalto, então usou-se uma tinta de tecido a base de acrílico, uma tinta guache e um

corante alimentício para fazer o teste. Foi colocado em partes diferentes do asfalto um pouco de tinta, esperamos secar naturalmente por alguns minutos depois como a pepita adicionamos água aos poucos porém nenhuma delas aguentou e se soltaram do asfalto.

Já que os testes com tintas não foram bem sucedidos, realizou-se novos experimentos, só que dessa vez com cola branca e foi possível perceber que, assim como as tintas, a cola se fixa bem no asfalto porém não é resistente à água.

### **Materiais:**

Para dar liga com a tapioca começamos a pesquisar materiais que possam ajudar a alcançar a dureza necessária mas que continuassem sendo baratos e chegamos as seguintes opções:

- O enxofre, que é a base da borracha, pode servir como liga para aumentar a resistência, além de ser de fácil acesso e baixo custo;
- A terra e a areia de construção, são de fácil acesso e já são usualmente utilizados como liga para construções em larga escala.

### **Custos:**

Um dos principais objetivos de estudo é que tenha um baixo custo de produção, então todas os materiais utilizados foram encontrados em nossas casas (areia, terra, tapioca), no laboratório da escola (enxofre, balança semianalítica, pipeta) ou fornecido pelo orientador (durômetro de Shore, balança). Desta forma, o único curso foi com 1 pacote de tapioca da marca Da Terrinha custando em torno de 10 reais.

### **Misturas com a tapioca:**

Todas as misturas foram feitas com a ajuda de um balança e com tubos de ensaio com medidas em ml. Para conseguir simular diferentes situações utilizamos 3 marcas de massa pronta para tapioca, e usamos também uma fora de validade para observarmos como a goma se comportaria com a passagem do tempo.

**1-** Aproximadamente 0,500 g de tapioca da marca Da Terrinha, que nós peneiramos, e 500 ml de água e colocamos para secar, naturalmente, por duas semanas, em cima do pedaço de asfalto.

**2-** Enxofre e tapioca em proporções iguais de 0,5 g e 500 ml de H<sub>2</sub>O. Deixou-se secar por uma semana em temperatura ambiente.

**3-** Mistura com enxofre mas dessa vez em proporções diferentes de 1,0 g de tapioca, 0,5 g de enxofre e 500 ml de H<sub>2</sub>O e também 1,0 g de enxofre, 0,5 g de tapioca e 500 ml de H<sub>2</sub>O. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

**4-** 5 ml de H<sub>2</sub>O, 5 g de terra peneirada, 5 g de areia peneirada e 10 g massa pronta para tapioca da marca Kodilar. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

**5-** 5 ml de água, 10 g de goma pronta para tapioca da marca Da Terrinha, que já estava fora da validade com sua cor, textura e cheiro alterado e 5 g de areia peneirada. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

**6-** 5 ml de água, 10 g de tapioca granulada da marca Hikari e 5 g terra peneirada. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

**7-** 20 g de terra, 7 g de areia, 18 g de tapioca mofada, 15 ml de água. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

**8-** 19 g de tapioca granulada, 20 g de terra, 15 ml de água. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

**9-** 40 g de terra e 15 ml de água. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

**10-** 14 g de areia e 15 ml de água. Deixou-se secar naturalmente durante uma semana.

### **Testes:**

Para testar a resistência da massa asfáltica à água, em condições cotidianas, uma porção do asfalto foi submersa em água, na temperatura ambiente, por 7 dias.

Tanto o asfalto retirado da rua quanto os feitos em laboratório foram submetidos aos testes descritos abaixo, para comparar resultados e definir a melhor opção para alcançar nossos objetivos.

Foi colocado uma gota d' água, como a ajuda de uma pipeta, na exterioridade do pavimento, e cronometramos o tempo que levava para a gota ser absorvida, para investigar sua permeabilidade.

Para simular o calor gerado pelos raios de sol e pela passagem de veículos, aumentamos a temperatura em cima da amostra, utilizando um secador de cabelo convencional, deixando por 10 minutos aquecendo a amostra.

Com a ajuda de um microscópio digital tiramos fotos de alta definição das massas asfálticas em nível microscópico.

Nossos testes mais significativos foram feitos com o durômetro A, C e D. O durômetro de Shore mede a resistência do material de acordo com a penetração da agulha, essa dureza é determinada por números de uma escala 0 a 100, quanto maior o número, maior a dureza.

## **Resultados**

Os testes com o asfalto convencional mostraram que ele é resistente ao calor e tem baixa permeabilidade, os testes com os durômetros constataram que o asfalto habitual tem dureza em D entre 30 e 37,5; em C de 84; e em A de 54.

**1-** A mistura se mostrou resistente ao calor, mas quando foi colocado água ela se desfez com certa facilidade, além disso não conseguimos testar com nenhum dos durômetros por ter ficado com a espessura muito fina.

**2-** A mistura ficou quebradiça e com espessura muito fina impossibilitando o uso do durômetro, mas se mostrou resistente ao calor.

**3-** As duas misturas ficaram quebradiças e com cheiro muito forte, mas resistiram ao teste de calor.

**4-** A mistura ficou quebradiça e fina impossibilitando o uso do durômetro D e A. A mistura chegou entre 51 e 54 no durômetro C. A mistura não é tão resistente à água quanto esperávamos, mas passou no nosso teste do calor.

**5-** A mistura ficou quebradiça e fina impossibilitando o uso do durômetro D e A. A mistura chegou entre 50 e 54 no durômetro C. A mistura resiste bem ao calor, mas se solta fácil do asfalto na presença de água.

**6-** A mistura ficou quebradiça e fina impossibilitando o uso do durômetro D e A. A mistura chegou entre 50 e 52 no durômetro C. Mesmo se desprendendo facilmente do asfalto quando fizemos o teste da água, a mistura parece aguentar bem o calor.

7- 44 no durômetro D. Essa amostra se mostrou muito resistente à água e tem baixa permeabilidade, mas que é maior que a do asfalto.

8- 53 no durômetro D. Essa mistura é resistente à água e tem baixa permeabilidade.

9- Quando foi feito o mínimo de atrito sobre a mistura ele se desfazia, então não foi possível realizar nenhum teste.

10- Quando foi feito o mínimo de atrito sobre a mistura ele se desfazia, então não foi possível realizar nenhum teste.

### **Conclusão Parciais**

Após diversos testes preliminares em laboratório, concluiu-se que a mistura asfáltica atual utilizada nas vias públicas nacionais é mais suscetível à quebra por fatores naturais, por exemplo, chuvas nas regiões urbanas. Percebeu-se também que criar uma película impermeável com acrílico ou cola não resolvia a problemática, já que a tinta não possui boa aderência ao asfalto.

Com base nos resultados expostos, é concluir que a tapioca pura não tinha as propriedades necessárias para substituir a massa asfáltica atual e que é preciso encontrar um material que quando combinado a ela, tenha maior resistência a água e grande dureza. Testamos vários materiais e conseguimos destacar alguns como o enxofre e areia de construção, e descobri outros que tem grande potencial como a terra.

Irá se continuar os testes com misturas à base de goma sendo misturado com terra. Ademais, as etapas futuras consistem também em começar os experimentos com boro, cálcio e pó de borracha, para conseguirmos um material que alcance nossos objetivos quanto ao custo de produção, dureza e durabilidade do produto.

### **Referências bibliográficas**

AIRES, T. R. B. et al. **Degradação do Asfalto Causado por Drenagem Urbana Ineficiente**. Anais... **Anais...** Em: ATIVIDADE INTEGRATIVA/JORNADA INTERDISCIPLINAR. Ceres, Goiás, Brasil: 2018.

ARAUJO, C.; RIBEIRO, N. N. **Asfalto permeável para solução de problemas com enchentes nas cidades**. Trabalho de Conclusão de Curso—Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2010.

BARBOSA, I. V. et al. Análise comparativa entre asfalto ecológico e cimento asfáltico de petróleo. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 1, n. 1, 2018.

G1 SP. Chuva provoca alagamentos, transbordamento de córregos e deixa cidade de SP em atenção. **G1**, 18 fev. 2024.

LUIZ, G. A. et al. Estudo da viabilidade técnica do uso do asfalto permeável como alternativa de prevenção de enchentes urbanas na cidade de três rios. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 12, p. 82–98, 2 dez. 2020.

OLIVEIRA, A. Chuva escancara velhos problemas em Bragança Paulista. **Jornal Bragança Em Pauta**, 10 jan. 2024.

REVISTA PESQUISA FAPESP. As primeiras estradas de rodagem do Brasil. **As primeiras estradas de rodagem do Brasil**, 2023.

RIGUÉ, A. Com maior volume de alagamentos desde 1981, Sorocaba decreta estado de calamidade. **CNN Brasil**, 2024.

SILVA, P. A. et al. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, v. 43, p. 185–191, jan. 2013.

# APÊNDICE































