



**UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ**  
CAMPUS DE CRATEÚS

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FRANCISCO DAS CHAGAS RODRIGUES SOUZA**

**VARIABILIDADE GRANULOMÉTRICA DE MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA RODOVIA CEARENSE**

**CRATEÚS  
2023**

FRANCISCO DAS CHAGAS RODRIGUES SOUZA

VARIABILIDADE GRANULOMÉTRICA DE MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA RODOVIA CEARENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, campus de Crateús, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me Jorge Luis Santos Ferreira

CRATEÚS

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S238 Souza, Francisco das Chagas Rodrigues.  
variabilidade granulométrica de misturas asfálticas densas: estudo de caso em uma rodovia cearense / Francisco das Chagas Rodrigues Souza. – 2023.  
51 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2023.  
Orientação: Prof. Me. Jorge Luis Santos Ferreira.
1. variabilidade. 2. granulometria. 3. pavimento flexível. 4. mistura asfáltica. I. Título.

CDD 620

---

FRANCISCO DAS CHAGAS RODRIGUES SOUZA

VARIABILIDADE GRANULOMÉTRICA DE MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA RODOVIA CEARENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, campus de Crateús, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me Jorge Luis Santos Ferreira

Aprovada em: 07/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Me. Jorge Luis Santos Ferreira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Heloína Nogueira da Costa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Me. Tatiane Lima Batista  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Ao meu orientador, pela orientação, apoio e confiança.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Agradeço à todos, minha família, parentes e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar à conclusão do meu curso e começo de uma nova carreira.

Ainda que seja pouca coisa: não acredito saber  
aquilo que não sei.

(Platão, Apologia de Sócrates)

## RESUMO

O Brasil é um país de grande extensão territorial e necessita de uma infraestrutura de transportes adequada para o transporte de pessoas e mercadorias. Desafortunadamente, as rodovias brasileiras têm uma qualidade preocupante devido à falta de controle de qualidade e negligência. Nesse contexto, este estudo objetiva-se em descrever a variabilidade da distribuição granulométrica da Camada de CBUQ em uma obra rodoviária real. Para isso, foram analisados o percentual passante das peneiras granulométricas. Utilizando estatística descritiva, foram identificados os níveis de variabilidade e dispersão desses parâmetros na obra como um todo e em diferentes janelas temporais. Os resultados indicaram que as médias das peneiras analisadas estão todas dentro dos limites permitidos para a camada de rolamento, de acordo com a norma DNIT 031/2006 – ES, mostraram também que analisando a obra por diferentes etapas inicial, intermediária e final pode sim ter resultados com divergências consideráveis, onde a etapa intermediária a qual obteve os menores valores de coeficiente de variação e variância amostral, e que para a obra como um todo as peneiras de menor abertura as de número 40, 80 e 200. Os maiores indicadores de variabilidade. Conclui-se, portanto, que não se tem um padrão pré-definido para o controle do percentual passante nas peneiras, pois as menores aberturas foram as de maior dificuldade de controle.

**Palavras-chave:** variabilidade; granulometria; pavimento flexível; mistura asfáltica.

## **ABSTRACT**

Brazil is a country of vast territorial extension and requires an adequate transportation infrastructure for the transportation of people and goods. Unfortunately, Brazilian highways have a concerning quality due to a lack of quality control and negligence. In this context, this study aims to describe the variability of the particle size distribution of the Hot Mix Asphalt Layer in a real road construction project. To achieve this, the passing percentage of granulometric sieves was analyzed. Using descriptive statistics, the levels of variability and dispersion of these parameters were identified in the entire project and in different temporal windows. The results indicated that the averages of the analyzed sieves are all within the permitted limits for the wearing course, according to the DNIT 031/2006 - ES standard. Additionally, it was observed that analyzing the project in different stages - initial, intermediate, and final - can lead to considerable divergences in the results. Particularly, the intermediate stage obtained the lowest values of coefficient of variation and sample variance. Furthermore, for the project as a whole, the sieves with smaller apertures, numbers 40, 80, and 200, showed the highest variability indicators. Therefore, it is concluded that there is no pre-defined standard for controlling the passing percentage through the sieves, as the smaller apertures posed the greatest difficulty in control.

**Keywords:** variability; gradation; flexible pavement; asphalt mixture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Três tipos de distribuição granulométrica das misturas asfálticas.....	16
Figura 2. Tolerâncias em relação à granulometria.....	20

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação entre as médias do percentual passante das peneiras e a tolerância.....	20
Gráfico 2 – Comparação entre os coeficientes de variação e variância das amostras.....	21
Gráfico 3 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 19,1mm.....	21
Gráfico 4 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 12,7mm.....	22
Gráfico 5 – Análise estatística do percentual passante da peneira de 9,52mm.....	22
Gráfico 6 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 4,76 mm.....	23
Gráfico 7 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 2 mm.....	23
Gráfico 8 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 0,42 mm.....	24
Gráfico 9 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 0,177mm.....	24
Gráfico 10 Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 0,075mm.....	25
Gráfico 11 – comparativo entre o número de inconformidade das peneiras.....	26
Gráfico 12 – comparativo entre os coeficientes de variação das peneiras início da obra.....	29
Gráfico 13 – comparativo entre os coeficientes de variação das peneiras etapa intermediária da obra.....	30
Gráfico 14 – comparativo entre os coeficientes de variação das peneiras etapa final da obra.....	31

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1	Períodos de Execução da Obra.....	19
Tabela 2	Medidas de Tendência e dispersão.....	20
Tabela 3	Descrição Total de Granulometria da Obra.....	28
Tabela 4	Etapa Preliminar de Granulometria da Obra.....	29
Tabela 5	Etapa Intermediária de Granulometria da Obra.....	29
Tabela 6	Etapa Final de Granulometria da Obra.....	30

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (atual DNIT)
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
CV	Coeficiente de Variação
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1. Contextualização e justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2. Objetivos</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.1. Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2.2. Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3. Delimitação</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. Misturas Asfálticas Densas</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2. Granulometria</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3. Variabilidade Granulométrica de Misturas Asfálticas</b> .....	<b>18</b>
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1. Base de dados</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2. Análise Estatística</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3. Percentual de inconformidades</b> .....	<b>22</b>
<b>3.4. Análise das Propriedades em Diferentes Períodos da Obra</b> .....	<b>24</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1. Caracterização Estatística</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2. Inconformidades</b> .....	<b>33</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>39</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>41</b>
<b>APÊNDICE A – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS</b> .....	<b>44</b>
<b>APÊNDICE B – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>APÊNDICE C – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS</b> .....	<b>47</b>
<b>APÊNDICE D – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS</b> .....	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização e justificativa

Desde as antigas civilizações, as estradas têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento da humanidade. Com o avanço da tecnologia, essas vias passaram por modificações significativas e se tornaram de extrema importância para uma sociedade evoluída. A ligação entre diferentes localidades, que antes era estabelecida manualmente através de estradas de chão batido, adquiriu agora embasamento técnico-científico visando maior durabilidade e qualidade em sua utilização. O Brasil, como país de vasta extensão territorial, requer uma infraestrutura de transportes adequada para o transporte eficiente de pessoas e mercadorias.

"Neste país, o sistema rodoviário é o principal meio de transporte, tanto para pessoas quanto para mercadorias" (PEREIRA *et al.*, 2013, p. 44). A ampla flexibilidade e acessibilidade das rodovias proporcionam comodidade aos usuários, permitindo que se desloquem de forma ágil e conveniente para seus destinos.

Apesar da enorme importância das estradas para o Brasil, é preocupante constatar que aproximadamente 61,8% delas apresentam problemas no pavimento, sendo classificadas como regulares, ruins ou péssimas (Confederação Nacional do Transporte, 2021). A falta de recursos destinados à melhoria das vias tem acarretado sérios impactos. Além de comprometer a qualidade do transporte de cargas e passageiros, as condições precárias das rodovias resultam em custos operacionais mais elevados para as empresas, maior consumo de combustível, desgaste prematuro dos veículos e aumento do número de acidentes de trânsito.

A carência de investimentos adequados na infraestrutura rodoviária pode ser atribuída a diversos fatores, como a escassez de recursos financeiros, a priorização de outras áreas e questões burocráticas. Ao longo do tempo, essa negligência, bem como a falta de um controle de qualidade satisfatório, culminou no deterioramento das estradas, afetando negativamente a eficiência do transporte e a segurança viária.

De acordo com Balbo (1997, p. 23), sem vias apropriadas, o Brasil continuará sendo uma região excluída do conjunto das nações desenvolvidas e persistirá como uma nação que não provê a sua população com os meios necessários para acessar recursos essenciais. Um dos problemas mais desafiadores na execução

de um pavimento é a variabilidade do material, pois, segundo Shewhart (1986, p.146), qualidade e variabilidade são conceitos antagônicos. Santos (2020, p.1156) afirma que imprevistos durante o processo de pavimentação são comuns, o que pode afetar o resultado. Segundo ele, uma dessas dificuldades refere-se às disparidades entre as dosagens determinadas em laboratório e as quantidades reais de material utilizadas na usinagem. Bernucci *et al.*, (2008, p. 136) apontam que o material asfáltico, por si só, já apresenta elevada variabilidade. Portanto, é de suma importância analisar adequadamente o comportamento dessas variações durante a execução do serviço, a fim de prever a qualidade futura de uma rodovia e verificar se essa variabilidade afeta a conformidade dos parâmetros em relação ao projeto.

Diante do exposto, este estudo se propõe a realizar análises estatísticas do percentual passante da camada de CBUQ, a fim de avaliar como essa variabilidade pode afetar a qualidade de um pavimento.

## **Objetivos**

### **1.1.1. Geral**

O objetivo geral deste estudo é descrever a variabilidade da distribuição granulométrica da Camada de CBUQ em uma obra rodoviária real.

### **1.1.2. Específicos**

Tratamos o processo de pesquisa como um objetivo específico, o que nos permite atender aos objetivos gerais das seguintes questões:

- Caracterizar estatisticamente o nível de variabilidade dos percentuais passantes em cada tamanho de peneira;
- Determinar as peneiras com maior potencial de inconformidade;
- Comparar a variabilidade granulométrica em diferentes janelas temporais ao longo da obra.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Misturas Asfálticas Densas

Consoante com Barra (2005, p. 27) nos Estados Unidos, as misturas asfálticas utilizadas na construção de estradas são conhecidas como "dense graded mix" ou "Concreto Asfáltico Betuminoso Usinado a quente" (CBUQ). Essas misturas são projetadas para obter resistência por meio da interação entre os agregados e a aderência proporcionada pelo cimento asfáltico de petróleo que os envolve. No caso da "dense graded mix", essa terminologia se refere a uma mistura asfáltica composta por agregados minerais de diferentes tamanhos, que são selecionados e combinados de forma precisa para garantir um espaçamento mínimo entre as partículas. Essa densidade e distribuição uniforme dos agregados é fundamental para alcançar uma alta resistência e estabilidade da mistura. Além disso, o uso de agregados bem graduados ajuda a maximizar o intertravamento entre as partículas, contribuindo para a resistência mecânica da mistura asfáltica.

Já o termo "Concreto Asfáltico Betuminoso Usinado a quente" (CBUQ) refere-se a uma mistura asfáltica produzida em usinas de asfalto, onde os materiais são aquecidos a temperaturas elevadas antes da aplicação. O processo de aquecimento facilita a mistura homogênea dos agregados com o cimento asfáltico de petróleo, também conhecido como CAP, que atua como o agente ligante responsável por proporcionar coesão e aderência aos agregados.

A resistência dessas misturas asfálticas é alcançada principalmente por meio do intertravamento dos agregados, que são mantidos juntos pela viscosidade do cimento asfáltico de petróleo. Quando a mistura é compactada e resfriada, ocorre a solidificação do CAP, formando uma matriz coesa e resistente que suporta as cargas de tráfego e fornece uma superfície durável e resistente ao desgaste.

Em resumo, tanto a "dense graded mix" quanto o "Concreto Asfáltico Betuminoso Usinado a quente" são termos utilizados na engenharia de pavimentos para descrever misturas asfálticas que desenvolvem resistência por meio da interação entre os agregados e a viscosidade do cimento asfáltico de petróleo. Essas características garantem a durabilidade e estabilidade das camadas asfálticas em projetos rodoviários. "Caracterizadas por possuírem elevada estabilidade e volume de vazios situados tipicamente entre 4% e 8%, além de serem projetadas de faixas

granulométricas (como as da ASTM D 3515) com diâmetros máximos de até 50 mm.” (BUTTON 1990 *et al.*, p.142 *apud* BARRA, 2005, p. 27). “No Brasil, a seleção da distribuição granulométrica é guiada, principalmente, pelas faixas do DNIT (DNIT 031, 2006), as quais definem limites para o percentual passante em cada uma das peneiras.” (FERREIRA, 2017, p.3).

De acordo com Barra (2005, p. 27) no Brasil, são consideradas misturas asfálticas aquelas executadas a quente em usina apropriada, possuindo características específicas. Essas misturas são compostas por materiais com granulometria bem graduada e contínua, garantindo a presença de material fino para preencher os vazios entre as partículas maiores. Além disso, a mistura é envolvida por uma película de ligante betuminoso, conferindo coesão e aderência ao conjunto.

No papel de revestimento das camadas subjacentes dos pavimentos, destinam-se a resistir diretamente às ações do tráfego, a impermeabilizar os substratos, a melhorar as condições de rolamento no que se refere ao conforto e à segurança, e a transmitir, de forma atenuada, as ações do tráfego às camadas inferiores (DNER, 1996).

No momento presente, os concretos asfálticos têm várias categorias, que são determinadas pela composição da graduação, os tipos de ligantes empregados e os métodos de formulação, entre outros fatores. Segundo Pérez (2013, p.11), “São materiais importantes na caracterização dos desempenhos funcionais e estruturais das estruturas dos pavimentos, no suporte dos esforços mecânicos provenientes das solicitações dinâmicas de carregamento do tráfego”.

Podemos perceber a importância dos concretos asfálticos na caracterização dos desempenhos funcionais e estruturais das estruturas dos pavimentos. Esses materiais desempenham um papel fundamental ao suportar os esforços mecânicos resultantes das solicitações dinâmicas de carregamento do tráfego.

Os concretos asfálticos, por meio de suas propriedades e características, desempenham um papel crucial na garantia da durabilidade e segurança dos pavimentos. Eles atuam como uma camada resistente que suporta a ação dos veículos, distribuindo as cargas de maneira adequada e minimizando os danos causados pelo tráfego. A composição granulométrica, os tipos de ligantes utilizados e os processos de formulação são fatores determinantes na classificação dos concretos asfálticos.

Dessa forma, conforme Pérez (2013, p.11) na agregação, os ligantes asfálticos formam uma camada de revestimento ao redor dos grãos, proporcionando coesão e aderência à mistura. O aquecimento dos materiais é uma prática tradicionalmente empregada para reduzir a viscosidade dos ligantes, facilitando sua distribuição e aderência aos grãos, o que contribui para a formação de uma mistura coesa e resistente. Por meio desse processo, a adesão entre os agregados e o ligante asfáltico é favorecida, resultando em uma mistura com propriedades mecânicas adequadas para a pavimentação de rodovias e outras aplicações.

## **2.2. Granulometria**

Conforme asseverado por Cunha (2004, p.4), a granulometria refere-se à distribuição das partículas em termos de tamanho, expressa como porcentagem em peso ou volume total da mistura. Embora a graduação por volume seja mais conveniente, a graduação por peso é mais comumente utilizada devido à sua praticidade. Quando as massas específicas dos agregados utilizados são aproximadamente iguais, pode-se considerar que a graduação por volume é aproximadamente igual à graduação por peso.

De acordo com Ferreira (2015, p. 86), "misturas asfálticas com uma granulometria deficiente têm um grande potencial de desenvolver deformação permanente precocemente, reduzindo a vida útil do pavimento e gerando gastos antes do previsto com reabilitação."

Com efeito, Cunha (2004, p. 4), a performance de uma mistura asfáltica em diferentes prazos - curto, médio e longo prazo - está intrinsecamente ligada à sua graduação. Tal parâmetro exerce influência sobre praticamente todas as propriedades essenciais da mistura, tais como estabilidade, durabilidade, permeabilidade, trabalhabilidade, resistência à fadiga, resistência à deformação permanente e capacidade de resistir aos danos ocasionados pela umidade. Em vista disso, a graduação, assim como as especificações correlatas, assume um papel fundamental no processo inicial de elaboração de uma mistura asfáltica.

Nesse contexto, a graduação emerge como um fator primordial e essencial a ser levado em consideração no processo de elaboração de uma mistura asfáltica. As especificações relacionadas à graduação desempenham papel crucial ao

estabelecerem parâmetros que guiam o desenvolvimento adequado da mistura, visando otimizar seu desempenho e durabilidade ao longo do tempo.

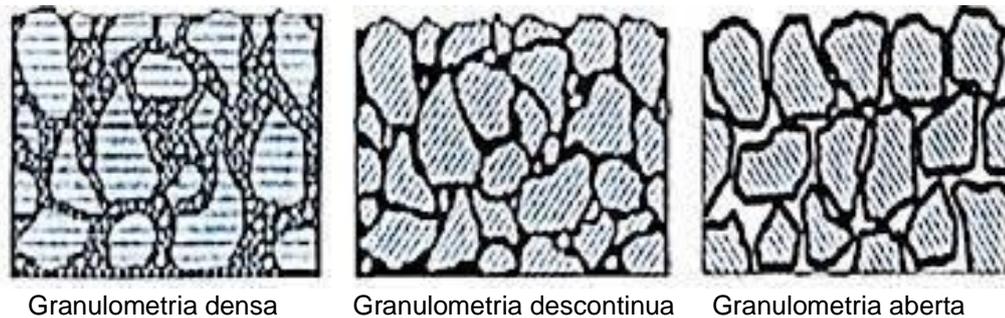
Dessa forma, é inegável que a seleção cuidadosa da graduação da mistura asfáltica é o ponto de partida para assegurar a qualidade e a funcionalidade desse material tão fundamental na engenharia de pavimentos. Uma graduação adequada possibilita não apenas maior resistência a diversas condições ambientais e de tráfego, mas também a redução de problemas potenciais, tais como trincas e deformações indesejadas, que poderiam comprometer a integridade estrutural e operacional das vias pavimentadas.

Portanto, a análise minuciosa da graduação e suas especificações associadas não deve ser negligenciada, pois representa uma etapa crucial para a elaboração de misturas asfálticas que atendam aos requisitos técnicos e de desempenho, visando garantir a segurança e a durabilidade das infraestruturas rodoviárias e viárias como um todo.

Nessa perspectiva, existem duas formas comuns de realizar o processo de peneiramento: a seco e por lavagem. O método a seco, segundo o ASTM C136 e DNER-ME 83/98, é mais rápido e amplamente utilizado para determinar a granulometria dos agregados. Por outro lado, o método por lavagem, conforme definido pela ASTM C117, é mais preciso. De acordo com o DNIT (2019), ao utilizar o método a seco, é comum obter uma quantidade menor de material passante na peneira número 200 em comparação com o método por lavagem.

Entre as diversas categorias de graduação para misturas asfálticas, merecem destaque aquelas classificadas como graduação contínua, cuja resistência é obtida por meio da busca da máxima densidade possível. Por outro lado, encontramos as graduações descontínuas, em que o agregado graúdo assume a função de estrutura resistente, formando um esqueleto, conforme ilustrado na figura 1 (CUNHA, 2004, p. 5).

**Figura 1. Três tipos de distribuição granulométrica das misturas asfálticas**



Granulometria densa

Granulometria descontinua

Granulometria aberta

Fonte : CERATTI, *et al.* (2015, p.19).

### 2.3. Variabilidade Granulométrica de Misturas Asfálticas

Nogueira (2011, p.30) assegura que a aptidão para criar misturas asfálticas que se enquadrem nos padrões de qualidade requeridos depende grandemente da variabilidade dos materiais, do processo de produção, da amostragem e do método de teste empregado. A variabilidade é uma preocupação primordial no controle de qualidade, uma vez que é utilizada para determinar a proporção de materiais que estão dentro ou fora dos limites especificados.

Segundo Andrade *et al.* (2020, p. 1226), os principais parâmetros que implicam diretamente na qualidade e vida útil das misturas asfálticas estão relacionados à composição da matriz granular e à natureza do ligante betuminoso. Assim, o conhecimento dos materiais envolvidos faz-se necessário para especificar adequadamente os insumos e técnicas de concepção a serem utilizados (SOUZA *et al.*, 2020, p. 2).

Entretanto, quando se trata da elaboração da distribuição granulométrica, o principal desafio para os projetistas é a seleção do método mais apropriado dentre as opções existentes ou sugeridas, a fim de alcançar proporções que assegurem os melhores resultados nas aplicações práticas (ANDRADE, 2018, p.149).

O excerto abordado ressalta a importância crucial da formulação granulométrica no âmbito dos projetos de misturas asfálticas. Os autores destacam como principal desafio para os projetistas a seleção do método mais adequado dentre as diversas opções disponíveis ou sugeridas para distribuição dos agregados. A

finalidade dessa escolha criteriosa é assegurar que as dosagens utilizadas proporcionem resultados superiores nas aplicações práticas do asfalto.

A formulação granulométrica, compreendendo a distribuição e proporção dos diferentes tamanhos de agregados presentes na mistura, desempenha um papel primordial na qualidade e durabilidade do asfalto. Por conseguinte, os projetistas devem realizar análises detalhadas, levando em consideração as considerações já existentes ou as possíveis propostas.

De acordo com Gao *et al.* (2021, p. 3), o controle da construção do pavimento enfrenta uma questão recorrente relacionada à variabilidade da granulometria da mistura asfáltica, a qual impacta significativamente o desempenho geral das vias. A granulometria da mistura asfáltica se refere à distribuição dos diferentes tamanhos de partículas presentes no asfalto utilizado para pavimentação. Quando essa distribuição apresenta variações significativas, podem surgir problemas na qualidade do pavimento, afetando sua durabilidade, resistência e segurança.

A adequada gestão da granulometria torna-se crucial para assegurar a capacidade do asfalto em suportar o tráfego, as condições climáticas e a carga impostam sobre a via. A ausência de um controle apropriado pode ocasionar desgaste prematuro, surgimento de trincas, formação de buracos e outras falhas que comprometem a qualidade e vida útil do pavimento. Consequentemente, torna-se imperativo adotar medidas cautelosas na manipulação da granulometria da mistura asfáltica durante todas as etapas da construção e manutenção das estradas. Em resumo, a variabilidade granulométrica é um fator crítico na qualidade das misturas asfálticas densas e deve ser cuidadosamente controlada durante o projeto e execução.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho baseia-se em um estudo de caso de origem exploratória e descritiva envolvendo uma obra rodoviária já executada em uma rodovia cearense na qual foi utilizado revestimento asfáltico (concreto asfáltico)

#### 3.1. Base de dados

Os dados analisados são oriundos de uma obra em uma rodovia estadual localizada no Estado do Ceará e fornecidos pela empresa que a executou. Inicialmente foi realizado o tratamento dos dados, colocando-os em tabelas os percentuais passantes das peneiras 3/4" (19,4 mm), 3/8" (9,5 mm), n.º 4 (4,76 mm), n.º 10 (2, mm), n.º 40 (0,42 mm), n.º 80 (0,18 mm) e n.º 200 (0,075 mm).

Cada peneira conta com 74 valores amostrais em apêndice ao final deste trabalho, que correspondem ao valor encontrado através de ensaios de peneiramento para a camada de rolamento realizados durante os 3 anos e 11 meses de execução da obra, correspondendo ao período que vai de julho de 2014 a novembro de 2017.

#### 3.2. Análise Estatística

Para a realização desta etapa, utilizou-se a Estatística Descritiva, objetivando-se quantificar o nível de variabilidade e medidas de dispersão e tendência central dos percentuais passantes das peneiras, observando seu comportamento ao longo da execução da obra. Estas análises permitiram a verificação do nível de conformidade executivo.

As medidas de tendência central utilizadas foram:

- Média;

Média ( $\bar{X}$ ):

A média foi calculada somando todos os valores do conjunto de dados (n) e dividindo pela quantidade total de elementos (N).

$$\bar{X} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / N$$

- Mediana;

A mediana foi encontrada ordenando o conjunto de dados em ordem crescente e selecionando o valor central.

$$\text{Mediana} = (x(n/2) + x(n/2 + 1)) / 2$$

As medidas de dispersão foram:

- Desvio Padrão;

O desvio padrão é a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre cada valor do conjunto de dados ( $x_i$ ) e a média do conjunto ( $\bar{X}$ ), dividido pelo número total de amostras (N):

$$s = \sqrt{[(\sum(x_i - \bar{X})^2) / (N - 1)]}$$

- Variância;

A variância para uma amostra é dada pelo desvio padrão ao quadrado, mas dividido por (N-1) para corrigir o viés da estimativa.

$$s^2 = [(\sum(x_i - \bar{X})^2) / (N - 1)]$$

- Coeficiente de Variação;

O coeficiente de variação é uma medida adimensional (em porcentagem) que é encontrada dividindo o desvio padrão pela média e multiplicando por 100.

$$CV = (s / \bar{X}) * 100$$

- Mínimo;
- Máximo

Após a realização dos cálculos e do tratamento dos valores de cada medida estatística descritiva mencionada previamente, para cada percentual passante em cada peneira, utilizaram-se gráficos e tabelas com o intuito de propiciar uma visualização mais clara dos resultados apresentados.

Com o propósito de caracterizar estatisticamente o grau de variabilidade dos percentuais passantes em cada tamanho de peneira, os gráficos elaborados nessa etapa foram desenvolvidos com base nos percentuais passantes obtidos nas peneiras de tamanhos 3/4" (19,4 mm), 3/8" (9,5 mm), n.º 4 (4,88 mm), n.º 10 (2, mm), n.º 40 (0,42 mm), n.º 80 (0,18 mm) e n.º 200 (0,075 mm), e adicionalmente, foi criado um gráfico comparativo dos Coeficientes de Variação das Peneiras.

Essa abordagem possibilita uma melhor compreensão das variações nos percentuais passantes e contribui para caracterizar a distribuição dos dados em cada peneira, viabilizando uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos.

### **3.3. Percentual de inconformidades**

O percentual de inconformidades refere-se à proporção ou porcentagem de eventos, processos ou produtos que não estão em conformidade com padrões ou requisitos específicos estabelecidos por normas.

A medição do percentual de inconformidades é uma abordagem utilizada para avaliar a eficácia de um sistema ou processo, identificar problemas e tomar medidas corretivas. Esse cálculo envolve a comparação do número de ocorrências não conformes com o total de ocorrências analisadas, expressando-o em forma de porcentagem.

Nesse contexto, para identificar as peneiras com maior número de inconformidades, foi elaborada uma tabela contendo os coeficientes de variação, o total de inconformidades por peneira e o respectivo percentual de inconformidade onde foi-se usando a ferramenta de formatação condicional do Excel para identificar e conseqüentemente contabilizar as amostras fora dos limites requeridos por norma.

A Norma DNIT 031/2006 – ES, que trata sobre Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de Serviços, estabelece que os parâmetros de composição do concreto asfáltico devem estar em conformidade com os requisitos apresentados na figura subsequente, levando em consideração as respectivas tolerâncias em relação à granulometria (DNER-ME 083) e aos percentuais do ligante asfáltico estabelecidos pelo projeto da mistura.

**Figura 2. Tolerâncias em relação à granulometria.**

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando			
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias
2"	50,8	100	-	-	-
1 ½"	38,1	95 - 100	100	-	± 7%
1"	25,4	75 - 100	95 - 100	-	± 7%
¾"	19,1	60 - 90	80 - 100	100	± 7%
½"	12,7	-	-	80 - 100	± 7%
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	70 - 90	± 7%
N° 4	4,8	25 - 50	28 - 60	44 - 72	± 5%
N° 10	2,0	20 - 40	20 - 45	22 - 50	± 5%
N° 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26	± 5%
N° 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16	± 3%
N° 200	0,075	1 - 8	3 - 8	2 - 10	± 2%
Asfalto solúvel no CS2(+) (%)		4,0 - 7,0 Camada de ligação (Binder)	4,5 - 7,5 Camada de ligação e rolamento	4,5 - 9,0 Camada de rolamento	± 0,3%

Fonte : DNIT 031(2006, p.5).

Ao fazer referência aos parâmetros que devem "satisfazer" ou "obedecer" aos limites, a norma indica que há critérios precisos que devem ser seguidos durante o processo de composição do concreto asfáltico. Esses critérios são fundamentais para garantir a qualidade e o desempenho adequado dos pavimentos flexíveis, bem como para atender às exigências técnicas e de segurança.

Em suma, a norma DNIT 031/2006 - ES desempenha um papel crucial na padronização e regulamentação dos procedimentos e especificações relacionados aos pavimentos flexíveis, garantindo que os parâmetros de composição do concreto asfáltico estejam dentro dos limites estabelecidos, promovendo assim a durabilidade, a resistência e a eficiência dos pavimentos.

### 3.4. Análise das Propriedades em Diferentes Períodos da Obra

Agora em diferentes períodos da obra, a caracterização estatística foi realizada em três situações, com 10 amostras em cada uma, e que correspondem a:

Tabela 01- Períodos de Execução da Obra

<b>Etapa</b>	<b>Período</b>
Inicial	julho/2014 a fevereiro/2015
Intermediária	outubro/2015
Final	setembro/2016 a fevereiro/2017

Fonte: Elaboração própria (2023).

Assim como análise da obra como um todo, foram utilizados dados para comparar as medidas de tendência e de dispersão das amostras em cada etapa. Foi construída uma tabela contendo os dados referentes à análise estatística para cada etapa, permitindo identificar os pontos críticos e com maiores dispersões ao longo das etapas em que as amostras foram separadas.

Para proporcionar uma melhor compreensão, foram criados gráficos de coeficientes de variação para cada uma das três etapas, dispostos lado a lado, facilitando a comparação entre elas. Isso possibilitou identificar as diferenças de comportamento em cada período da obra.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO ESTATÍSTICA

Feita a análise estatística dos dados, têm-se a seguir os valores encontrados no que se compete a medidas de tendência central e de dispersão, sendo estes de extrema importância para todas as análises propostas nesse trabalho. Segue abaixo na tabela 2 a estatística descritiva do percentual passante para cada peneira durante todo o tempo de execução da obra.

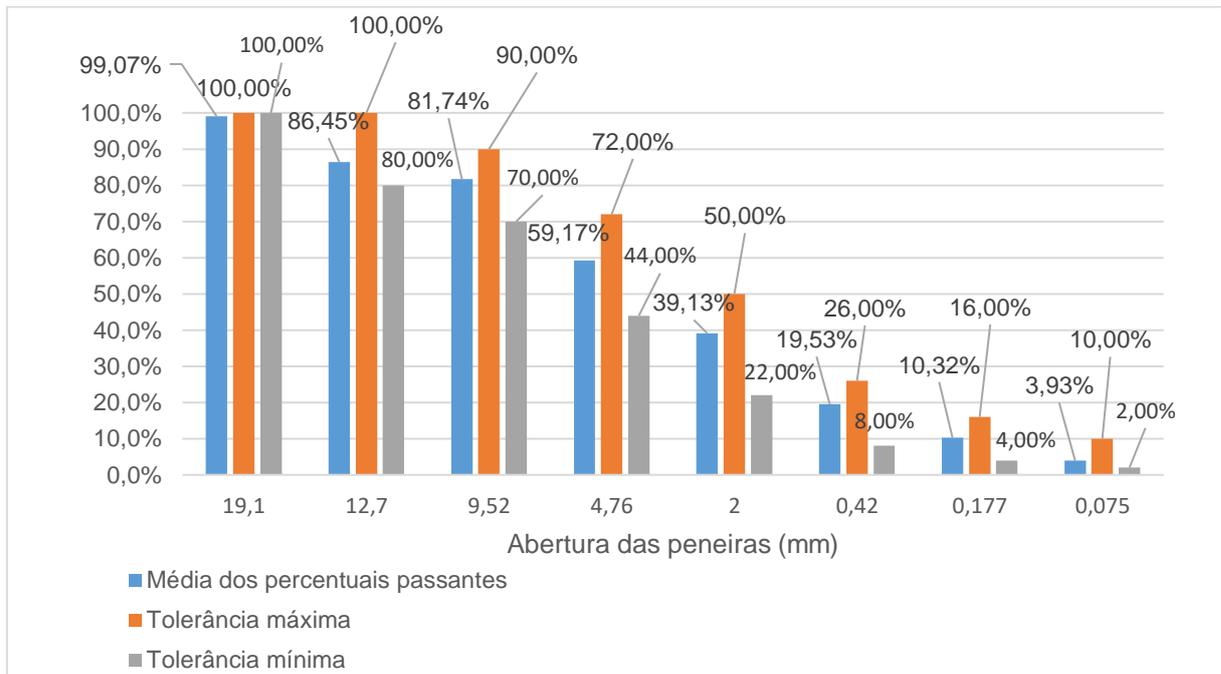
Tabela 2 – Medidas de tendência e dispersão

<b>PERÍODO TOTAL DA OBRA</b>								
<b>ABERTURA DAS PENEIRAS (MM)</b>	19	12,7	9,52	4,76	2	0,42	0,177	0,074
<b>MÉDIA</b>	99,07	86,45	81,74	59,17	39,13	19,53	10,32	3,93
<b>MEDIANA</b>	100	86,4	82	58,3	38,9	19,55	10,2	3,9
<b>DESVIO PADRÃO</b>	1,42	3,38	3,60	3,44	2,70	1,78	1,20	0,65
<b>VARIÂNCIA DA AMOSTRA</b>	2,03	11,43	12,99	11,84	7,31	3,18	1,43	0,42
<b>MÍNIMO</b>	94,4	78,6	72,1	51,9	29,1	16,2	8	2,1
<b>MÁXIMO</b>	100	97,2	91	69,3	45,2	23,1	13	5,1
<b>COEFICIENTE DE VARIAÇÃO</b>	1,44%	3,91%	4,41%	5,81%	6,91%	9,13%	11,58%	16,53%

Fonte: Elaboração própria (2023).

Todas as médias dos percentuais de material passante nas peneiras analisadas estão dentro dos limites de tolerância estabelecidos para a camada de rolamento, conforme especificado na norma DNIT 031/2006 – ES. Para facilitar a compreensão, foi criado um gráfico que representa as médias das peneiras e os limites de tolerância definidos pela referida norma. O gráfico 1, apresentado abaixo, permite visualizar claramente essa conformidade.

Gráfico 1 – Comparação entre as médias do percentual passante das peneiras e a tolerância

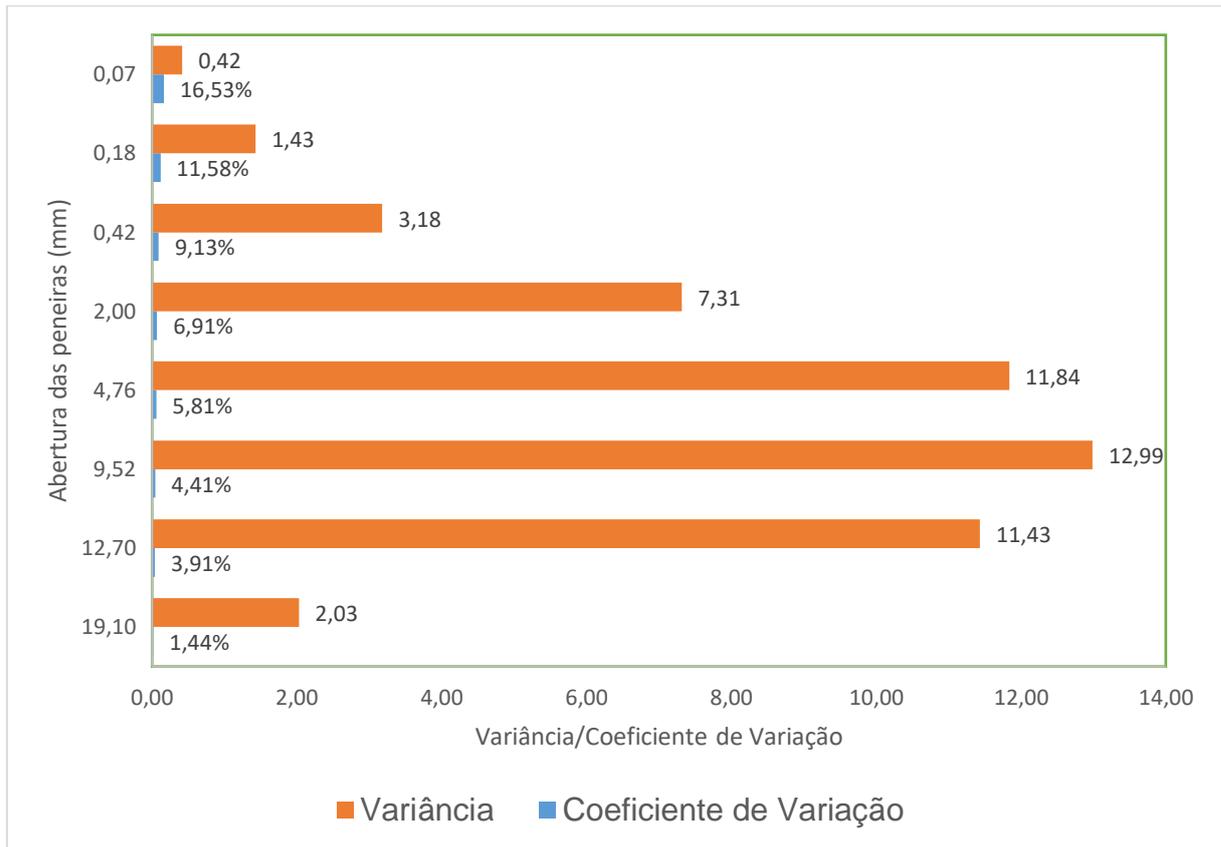


Fonte: Elaboração própria (2023).

No gráfico apresentado, é possível observar que todas as médias estão dentro dos limites de tolerância estabelecidos pela norma DNIT 031/2006 - ES para a camada de rolamento. Nota-se, também, que a peneira de abertura de 19,1 mm foi aquela que mais se aproximou da tolerância estabelecida.

No Gráfico 2 abaixo, é realizada uma comparação entre a variância e o coeficiente de variação, a fim de verificar a variabilidade dos dados em relação à média. Em outras palavras, ele indica o quão distantes os valores estão em relação ao valor médio. Uma variância alta sugere que os dados estão mais dispersos em torno da média, enquanto uma variância baixa indica que os dados são mais concentrados, próximos à média. O coeficiente de variação (CV) possibilita comparar a dispersão de diferentes conjuntos de dados de maneira mais padronizada e formal.

Gráfico 2 – comparação entre variância e coeficiente de variação



Fonte: Elaboração própria (2023).

Observando o gráfico acima apresentado, é possível notar um padrão em que o coeficiente de variação aumenta à medida que o tamanho das aberturas das peneiras diminui. Um aspecto interessante a ser destacado é o relacionado à peneira de Nº 200, com abertura de 0,075 mm, que apresenta a menor variação nas amostras, mas o maior coeficiente de variação.

O coeficiente de variação (CV) é uma medida estatística que indica a variação relativa em relação à média de uma determinada amostra. Quanto maior o valor do CV, maior é a variação em relação à média.

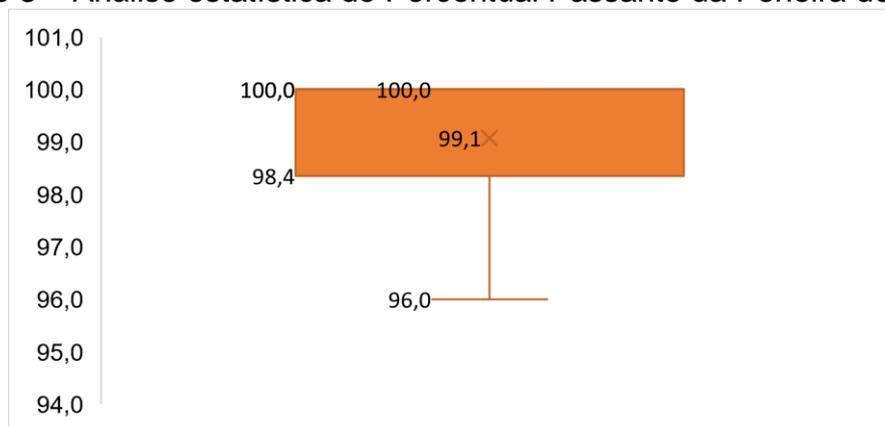
No contexto do peneiramento, as peneiras de menor abertura são aquelas que retêm partículas menores, enquanto as de maior abertura retêm partículas maiores.

O fato das peneiras de menor abertura apresentarem um CV maior do que as de maior abertura sugere que a variação no tamanho das partículas retidas pelas peneiras de menor abertura é maior do que nas retidas pelas peneiras de maior abertura. Essa maior variação pode ser atribuída a fatores como a variabilidade na distribuição das partículas nas amostras, a aderência das partículas às peneiras menores ou até mesmo irregularidades nas aberturas das peneiras menores.

Entretanto, é importante ressaltar que o CV não é uma medida que indica a qualidade ou precisão da análise de tamanho de partículas por peneiramento. Portanto, é recomendável avaliar outros parâmetros estatísticos e utilizar técnicas complementares de análise de tamanho de partículas para obter uma avaliação mais completa e precisa.

Os gráficos boxplot abaixo que estão em análise e discussão referem-se à variabilidade dos percentuais passantes em cada tamanho de peneira, o gráfico 3 faz a análise estatística do percentual passante da peneira de abertura de 19 mm.

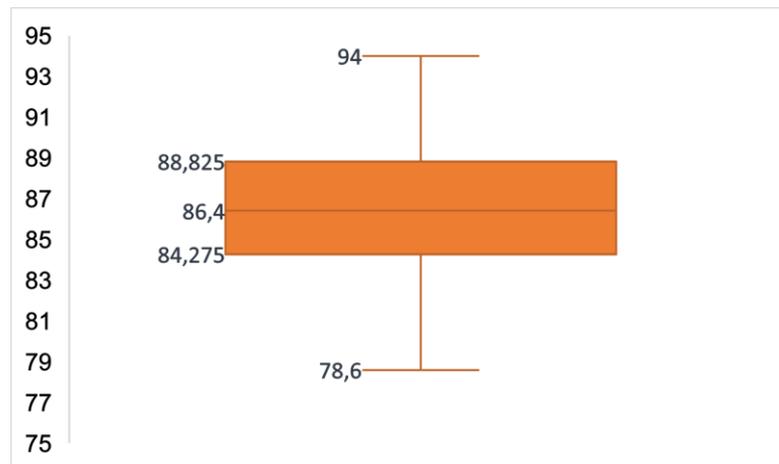
Gráfico 3 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 19 mm



Fonte: Elaboração própria (2023).

É notório que na peneira de 19mm pelo gráfico e acima da média é muito mais próxima do valor máximo do que o valor mínimo. No gráfico 4 abaixo mostra a análise estatística do percentual passante da peneira de abertura de 12,7 mm.

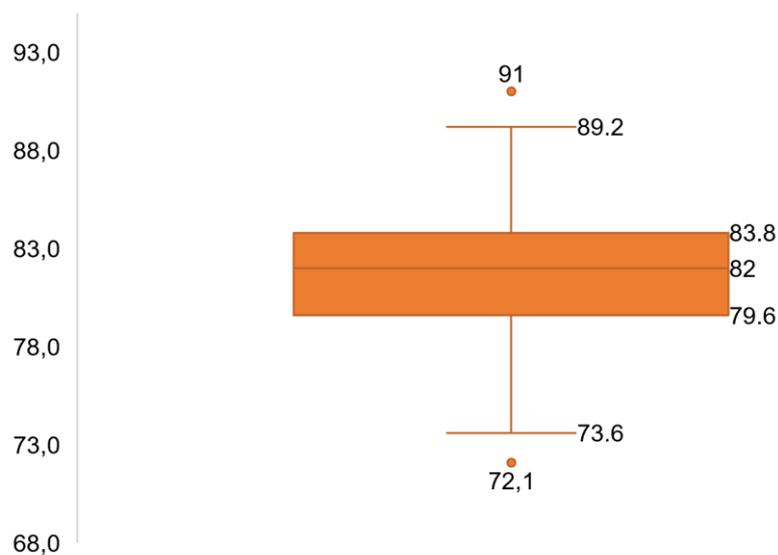
Gráfico 4 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 12,7 mm



Fonte: Elaboração própria (2023).

A análise estatística realizada no boxplot acima revelou um maior distanciamento em relação à média, notando-se que o valor mínimo está mais afastado. No gráfico 5 abaixo, apresenta-se a análise estatística do percentual passante da peneira com abertura de 9,52 mm.

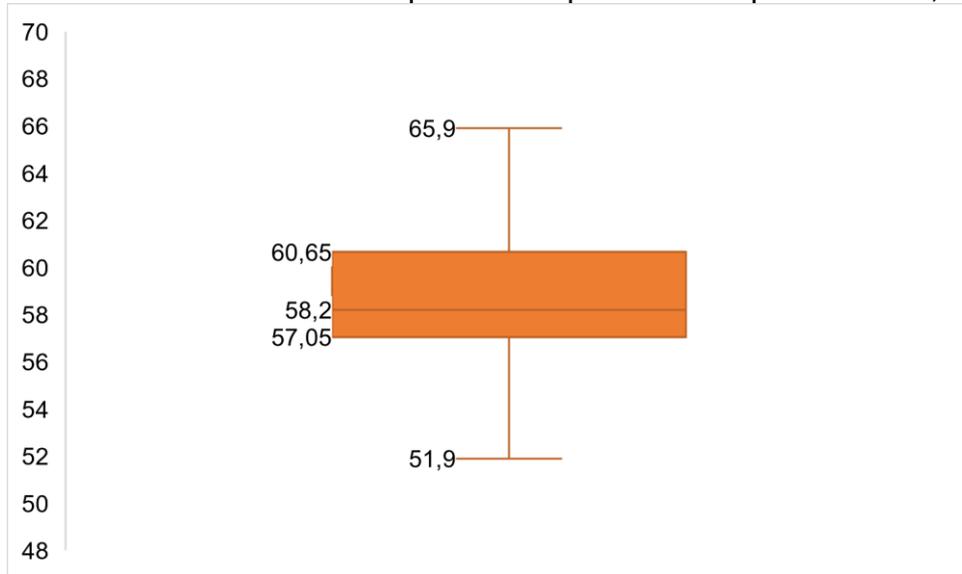
Gráfico 6 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 9,52 mm



Fonte: Elaboração própria (2023).

Como observado no boxplot acima ocorre o comportamento igual o da peneira de abertura de 12,7mm, ou seja, uma maior aproximação da média com o valor de máximo.

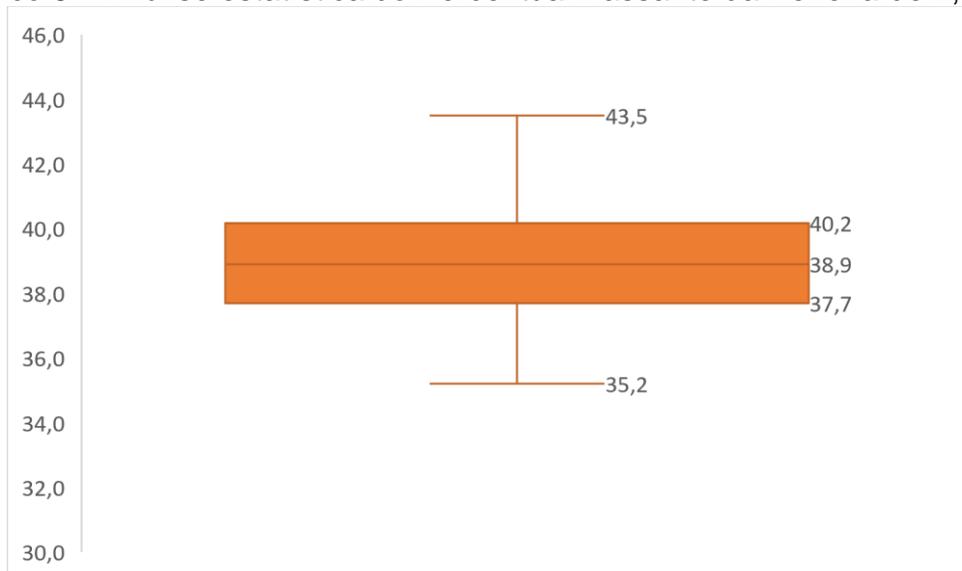
Gráfico 7 – análise estatística do percentual passante da peneira de 4,76 mm.



Fonte: Elaboração própria (2023).

A peneira de Nº 4 para esse estudo tem uma menor distância dos valores de máximo e mínimo para com a média do que a peneira 3/8" (12,7 mm), mas um distanciamento maior do que a 3/4" (19,1 mm), no entanto um comportamento comum entre as peneiras já mencionadas suas médias ficaram mais próximas do valor de máximo.

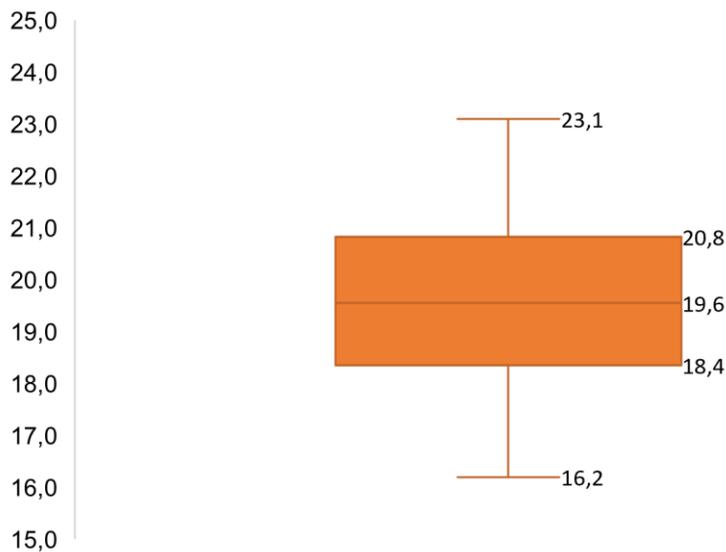
Gráfico 8 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 2,0 mm



Fonte: Elaboração própria (2023).

Já na análise para a peneira de Nº 10 (2,00 mm), segue o padrão de um menor distanciamento, no entanto o valor médio se aproxima mais do valor de mínimo o que difere das peneiras anteriores onde se tem o valor média mais próximo do valor máximo.

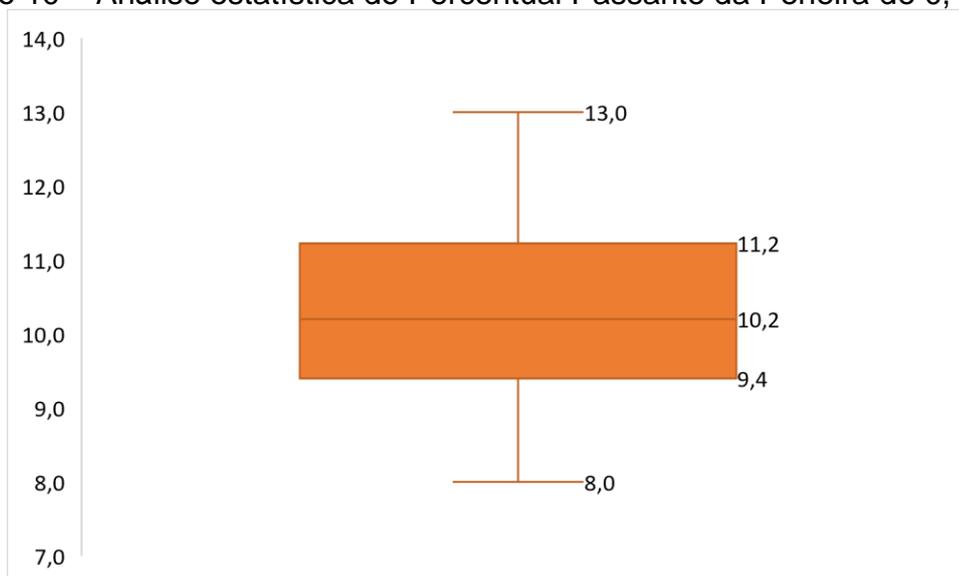
Gráfico 9 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 0,425 mm



Fonte: Elaboração própria (2023).

Na peneira de Nº 40 (0,425 mm), para esse estudo seguiu basicamente o que foi apresentado na peneira de Nº 10 (2,00 mm) onde o valor médio se aproxima mais do valor de mínimo.

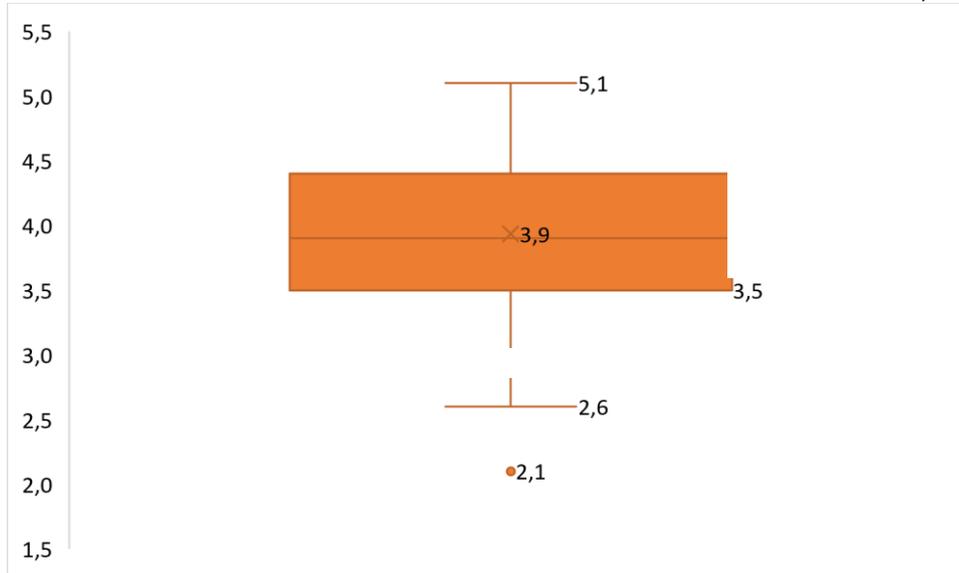
Gráfico 10 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira de 0,180 mm



Fonte: Elaboração própria (2023).

Assim como a peneira de N<sup>o</sup> 10 e N<sup>o</sup> 40, tem-se uma proximidade da média com os pontos críticos onde tem-se uma proximidade do ponto crítico mínimo.

Gráfico 11 – Análise estatística do Percentual Passante da Peneira 0,074 mm



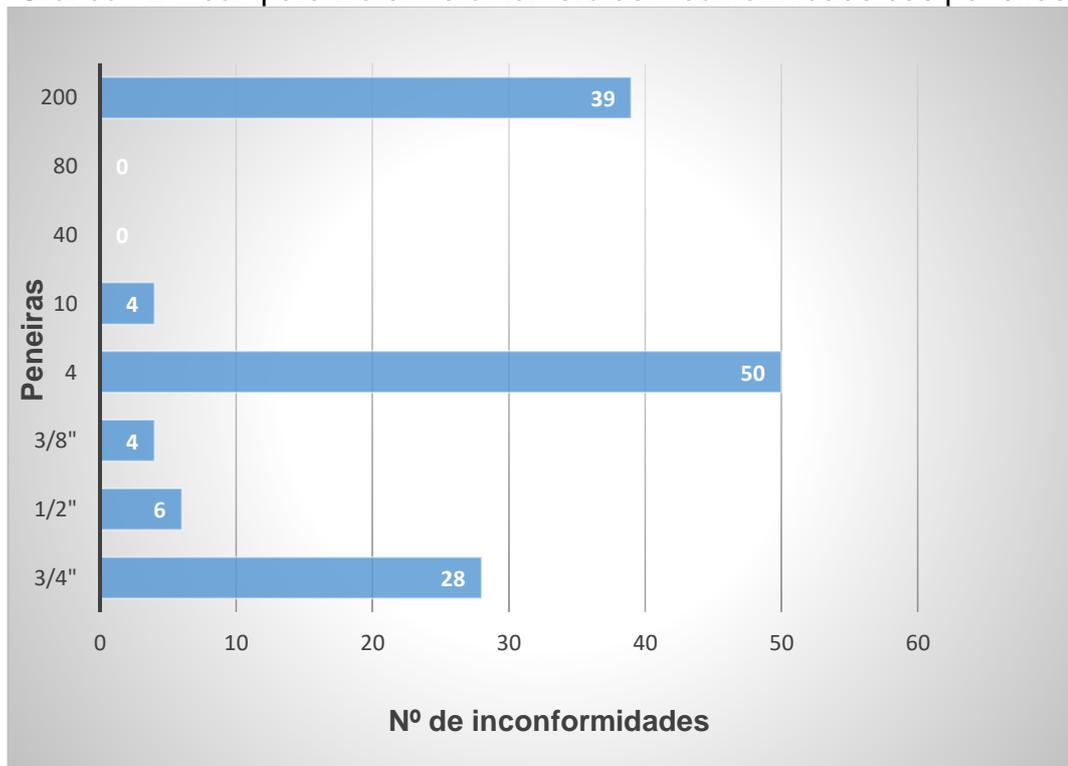
Fonte: Elaboração própria (2023).

Especificamente, a análise encontrou um valor máximo de 5,1%, um valor mínimo de 2,1% e um valor médio de 3,9%. A peneira número 200 é uma peneira padrão com uma malha de 74 micron. O percentual passante da peneira número 200 é a fração da amostra que passou através da peneira. Nesse caso, a média de 3,9% significa que, em média, cerca de 3,9% da amostra passou através da peneira número 200. O valor máximo e mínimo indica a variação da quantidade de material que passou pela peneira em diferentes amostras. Essa informação pode ser útil para entender a distribuição de tamanho de partículas na amostra e para avaliar a qualidade do material em questão.

## 4.2. INCONFORMIDADES

No gráfico abaixo mostra um comparativo entre o número de inconformidades por peneiras, tais inconformidades correspondem ao número de amostras que se encontram fora dos limites de tolerância dos percentuais passantes das peneiras estabelecidos para a camada de rolamento pela norma DNIT 031/2006 – ES.

Gráfico 12 – comparativo entre o número de inconformidade das peneiras



Fonte: Elaboração própria (2023).

As peneiras de, n.º 40 (0,42 mm), n.º 80 (0,18 mm) não apresentaram nenhuma inconformidade, o que significa que todas as partículas analisadas passaram dentro dos limites de tolerância estabelecidos pela norma. A peneira de n.º 4 (4,76 mm), foi a que teve a maior quantidade de inconformidades, com um total de 50 valores fora do limite de tolerância.

Isso pode indicar alguma variação significativa no tamanho das partículas que estão sendo analisadas através dessa peneira. As peneiras de 3/8" (9,52 mm), 1/2" (12,7 mm) e 3/4" (19,1 mm), também apresentaram algumas inconformidades, mas em menor quantidade se comparadas à peneira de N.º 4 (4,76 mm).

Esses resultados podem ser úteis para identificar problemas no controle de qualidade do material analisado ou para ajustar os processos de peneiramento, a fim de garantir que as partículas estejam dentro dos limites de tolerância especificados pela norma. Consoante com Nogueira (2011, p.59), onde em seu trabalho as peneiras de nº 4 (4,76 mm) e nº 200 (0,075 mm) foram as que apresentaram mais valores fora dos limites de tolerância previstos pela norma DNIT 031/2006 – ES.

#### 4.3. VARIABILIDADE GRANULOMÉTRICA EM DIFERENTES JANELAS TEMPORAIS AO LONGO DA OBRA

Na tabela 3 mostra a descrição total de granulometria da obra, as quais obtiveram o seguinte resultado:

Tabela 3- Descrição total de granulometria da obra.

Abertura das peneiras (mm)	19	12,7	9,52	4,76	2	0,42	0,177	0,074
Média	99,07	86,45	81,74	59,17	39,13	19,53	10,32	3,93
Mediana	100	86,4	82	58,3	38,9	19,55	10,2	3,9
Desvio padrão	1,42	3,38	3,60	3,44	2,70	1,78	1,20	0,65
Variância da amostra	2,03	11,43	12,99	11,84	7,31	3,18	1,43	0,42
Mínimo	94,4	78,6	72,1	51,9	29,1	16,2	8	2,1
Máximo	100	97,2	91	69,3	45,2	23,1	13	5,1
Coefficiente de Variação	1,44%	3,91%	4,41%	5,81%	6,91%	9,13%	11,58%	16,53%
Curva de Projeto	100	86	81	57	36	20	10	5
Nº de Inconformidades	28	6	4	50	4	0	0	39
% de Inconformidades	21,37%	4,58%	3,05%	38,17%	3,05%	0,00%	0,00%	29,77%

Fonte: Elaboração própria (2023).

Na tabela acima para os resultados das medidas centrais para essa obra indica uma variação entre o valor médio e mediana ora média, menor outrora maior, ou seja, mostrando não haver um padrão de variação por abertura de peneira. A variabilidade das diferentes peneiras só pode ser comparada pelo coeficiente de variação. Qualquer comparação e comentários sobre desvio padrão e variância não fazem sentido, pois as peneiras possuem ordens de grandeza diferentes

Mostrando que para essa obra específica as maiores aberturas das peneiras não significam que não necessariamente teriam a maior variância. Para os pontos críticos o valor médio de cada peneira sempre foi mais baixo que o máximo para todas as peneiras, onde nota-se que também o valor médio das peneiras sempre foi mais próximo do mínimo. Outro dado interessante para este estudo foi-se no número de inconformidades onde as peneiras  $\frac{3}{4}$  (19,1 mm), 4 (2 mm) e 200 (0,075

mm) foram as que mais tiveram inconformidades quase que um princípio de Pareto (1896, p. 52), onde elas somam mais de 80% das inconformidades deste estudo.

Na tabela 4, mostra a etapa inicial de granulometria da obra, a qual se obteve o seguinte resultado estatístico:

Tabela 4- Etapa Preliminar de Granulometria da Obra.

Abertura das peneiras (mm)	19	12,7	9,52	4,76	2	0,42	0,177	0,074
Média	99,03	85,69	81,30	60,76	39,71	19,29	10,28	3,87
Mediana	100	85	80,80	59,40	39,60	19,60	10,85	4,25
Desvio padrão	1,46	5,43	4,97	4,50	2,73	1,57	1,31	0,92
Variância da amostra	2,14	29,53	24,70	20,21	7,48	2,47	1,71	0,85
Mínimo	95,7	78,6	72,50	56,20	35,20	16,60	8,00	2,10
Máximo	100	94	88,70	69,30	44,00	21,60	11,90	4,90
Coefficiente de Variação	1,48%	6,34%	6,11%	7,40%	6,89%	8,14%	12,72%	23,87%

Fonte: Elaboração própria (2023)

Comparando o Coeficiente de Variação no qual foram analisados para a obra em contexto geral com início da obra tem-se um maior coeficiente de variação no início. Mesmo atestado isso ainda sim para este estudo para essa determinada obra na sua maioria temos uma baixa dispersão de dados com exceção na peneira de número 200 que pelo seu valor em porcentagem do coeficiente de variação pode-se considerar uma média dispersão de dados, dito isto se constata uma maior variabilidade dos dados no início dessa obra em comparação com um todo.

Na tabela 5, mostra a etapa intermediária de granulometria da obra, a qual se obteve o seguinte resultado:

Tabela 5- Etapa Intermediária de Granulometria da Obra.

Abertura das peneiras (mm)	19	12,7	9,52	4,76	2	0,42	0,177	0,074
Média	99,54	89,20	83,42	57,22	39,31	19,56	9,98	3,53
Mediana	100,00	89,25	84,10	57,75	38,80	19,80	9,90	3,60
Desvio padrão	0,61	1,15	1,84	1,26	1,59	1,11	0,65	0,22
Variância da amostra	0,38	1,32	3,39	1,60	2,54	1,23	0,43	0,05
Mínimo	98,60	86,70	79,30	54,80	36,80	17,90	9,00	3,20
Máximo	100,00	90,70	85,00	58,40	41,30	21,30	10,90	4,00
Coefficiente de Variação	0,62%	1,29%	2,21%	2,21%	4,06%	5,68%	6,54%	6,27%

Fonte: Elaboração própria (2023).

Comparando a obra como um todo e no Início em relação ao meio tem-se uma diminuição nas medidas de dispersão como coeficiente de variação e desvio padrão logo para esse estudo específico pode-se determinar que no meio da obra é onde tem

uma maior homogeneidade nos dados em comparativo com a obra em geral e seu Início.

Na tabela 6, mostra a etapa final de granulometria da obra, as quais obtiveram o seguinte resultado:

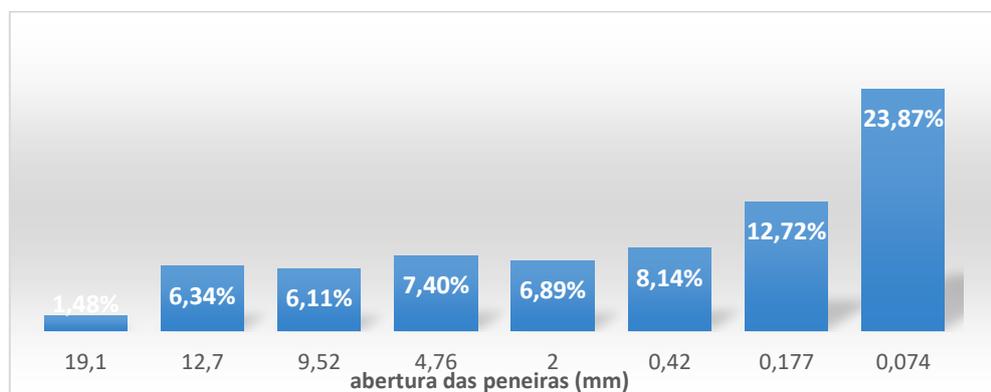
Tabela 6- Etapa Final de Granulometria da Obra.

PENEIRAS (mm)	19	12,7	9,52	4,76	2	0,42	0,177	0,074
Média	98,85	85,55	80,23	58,48	40,45	20,14	10,75	4,08
Mediana	100,00	86,20	81,45	58,25	39,50	19,90	10,55	4,00
Desvio padrão	1,57	1,41	3,55	2,42	2,36	1,23	0,99	0,42
Variância da amostra	2,45	1,98	12,58	5,83	5,59	1,51	0,98	0,18
Mínimo	96,00	83,20	72,10	55,10	38,70	18,80	9,60	3,40
Máximo	100,00	87,00	83,80	63,40	45,20	21,80	12,30	5,00
Coefficiente de Variação	1,58%	1,65%	4,42%	4,13%	5,85%	6,10%	9,20%	10,32%

Fonte: Elaboração própria (2023).

Comparando os dados temporais de início, meio, fim e os dados gerais da obra tem-se que no meio tem uma queda nas medidas de dispersão e no final tem-se um leve aumento nos valores, mas ainda assim não tão alto como início da obra, ou seja, para este estudo ficou evidente que início da obra tem uma maior variabilidade nos dados e conseqüentemente a erros, onde é possível ver mais claramente no gráfico 12 abaixo.

Gráfico 12 – comparativo entre os coeficientes de variação das peneiras início da obra

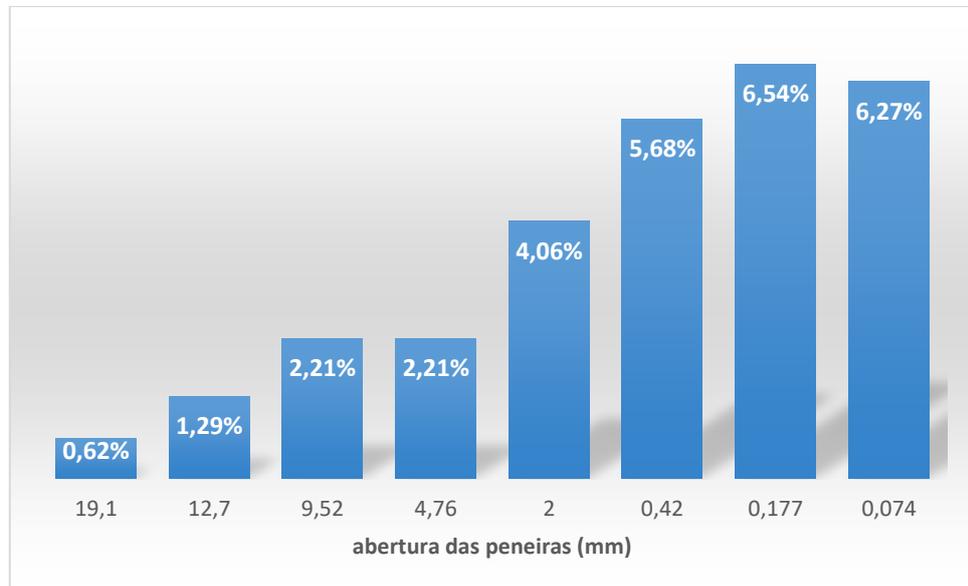


Fonte: Elaboração própria (2023).

No gráfico acima fazendo um comparativo com toda a execução da obra todos os coeficientes de variação aumentaram com exceção nas aberturas de 2 mm e 0,42 mm dos quais são respectivamente as peneiras de número 10 e 40. Podemos também

perceber que a peneira com o maior coeficiente de variação no período inicial assim como em toda a execução da obra foi a peneira de abertura 0,075mm, peneira de número 200.

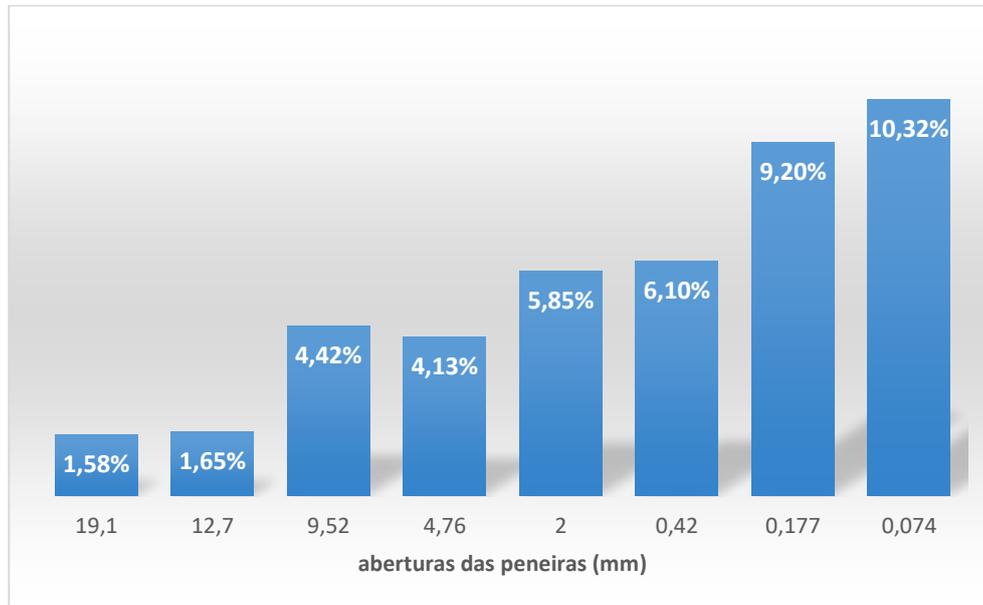
Gráfico 13 – Comparativo entre os coeficientes de variação das peneiras etapa intermediária da obra



Fonte: Elaboração própria (2023).

Observando o gráfico 10, pode-se perceber que ocorreu uma diminuição considerável nos coeficientes de variação de todas as peneiras se comparado na obra como um todo e no início da obra que houve foi aumento em quase todas as peneiras, pode-se que os materiais foram mais homogêneos.

Gráfico 14 – comparativo entre os coeficientes de variação das peneiras etapa final da obra



Fonte: Elaboração própria (2023).

No final da obra observando o gráfico acima nota-se que ocorreu um aumento nos coeficientes de variação comparando com metade da obra, no entanto valores muito próximos da etapa inicial da obra.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados e na caracterização estatística dos percentuais passantes das peneiras, pode-se concluir que todas as peneiras utilizadas no estudo estão em conformidade com os limites de tolerância estabelecidos pela norma DNIT 031/2006 - ES para a camada de rolamento. Isso indica que os materiais testados atendem satisfatoriamente às especificações técnicas exigidas para a construção da camada de rolamento, em relação à sua graduação.

A análise estatística descritiva permitiu identificar que as peneiras de nº 4 (2 mm) e nº 200 (0,075 mm) foram as que apresentaram maior quantidade de amostras fora dos limites estabelecidos pela norma, sugerindo um maior potencial de inconformidades nessas peneiras específicas.

É importante ressaltar que, ao analisar diferentes períodos de uma obra rodoviária, é possível observar uma variação considerável em seus parâmetros, o que pode resultar em resultados divergentes ao longo do tempo. Nesse estudo em particular, os coeficientes de variação e a variância das amostras foram os menores no período intermediário da obra.

Portanto, os dados coletados reforçam a importância da análise estatística na avaliação dos materiais utilizados na construção da camada de rolamento, permitindo identificar possíveis variações e potenciais pontos de atenção que merecem acompanhamento durante a execução da obra. Dessa forma, é possível garantir a qualidade e conformidade das especificações técnicas ao longo do processo de construção rodoviária.

## 5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nesse estudo, algumas sugestões para trabalhos futuros:

- investigação de outros parâmetros como características do solo, condições climáticas, métodos construtivos dentre outros.
  - Realizar estudo comparativo com outras obras e identificação de possíveis semelhanças.
  - Avaliação da qualidade das peneiras: Investigar quais as razões por trás da maior dificuldade em controlar as peneiras de N<sup>o</sup> 40,80 e 200).
- Análise estatística mais avançada: Explorar técnicas estatísticas mais avançadas para analisar e interpretar os dados coletados. Isso pode incluir análise de regressão, análise de séries temporais ou métodos de modelagem estatística para entender melhor as tendências e padrões nos parâmetros estudados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Viviane Dias *et al.* Impacto da formulação de composições granulométricas nas propriedades mecânicas e funcionais de misturas asfálticas densas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 1-23, 25 abr. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620200004.1205>.

ANDRADE, V.D., **Influência da formulação de esqueletos minerais na deformação permanente de misturas de concreto asfáltico densas**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharias e Ciências Mecânicas (Pós-ECM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Joinville, SC, Brasil, p. 167, 2018.

BALBO, José Tadeu. Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção. São Paulo: Plêiade. Acesso em: 02 jul. 2023., 1997

BARRA, B. S. **Avaliação do desempenho mecânico de misturas asfálticas densas utilizando materiais do estado do Pará com o emprego de pó calcário**. 2005. 177 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

BERNUCCI, L. B., *et al.* **Pavimentação Asfáltica**. Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro. PETROBRAS, 2008.

BUTTON, J. W.; PERDOMO, D.; LYTTON, R. L., (1990), **Influence of Aggregate on Rutting in Asphalt Concrete Pavements**. In Transportation Research Record (TRR) nº 1259 (USA), pp. 141-152.

CERATTI, J. A. P.; BERNUCCI, L. B.; SOARES, J. B. **Utilização de ligantes asfálticos em serviços de pavimentação**. ABEDA, Rio de Janeiro, 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2021, Brasília. **Anuário CNT do Transporte**. Brasília: Cnt, 2021. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/>. Acesso em: 04 jan. 2023.

CUNHA, M.B. **Avaliação do método Bailey de seleção granulométrica de agregados para misturas asfálticas**. Dissertação apresentada à escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. São Carlos, 2004.

DNER **Manual de Pavimentação**. 2ª Ed; 320 p. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro (RJ), 1996.

DNIT 031. **Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT, 2006.

DNIT. Pavimentação - Misturas asfálticas – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento – Método de ensaio. **NORMA DNIT 412/2019**. Disponível em <https://www.gov.br/dnit/pt->

br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dnit412\_2019\_me.pdf Acesso em 02 jan. 2023

FERREIRA, Jorge Luis Santos. **Novas diretrizes para seleção granulométrica de misturas asfálticas densas com foco na deformação permanente.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transportes. Fortaleza, 2017.

GAO, Y. *et al.* Variability evaluation of gradation for asphalt mixture in asphalt pavement construction. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 128, p. 103742, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103742>.

GOUVEIA, L.T.; FERNANDES JR., J.L. - Limitações do ensaio de angularidade do agregado fino para previsão do comportamento de misturas asfálticas. Artigo científico – Anais do Congresso ANPET. 2002.

LIMA, C.D.A. **Estudo da deformação permanente de duas britas graduadas para uso em camadas de pavimentos.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). p. 268, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

NOGUEIRA, M.L., **Avaliação do controle de qualidade de misturas asfálticas e análise do reflexo do nível de qualidade no desempenho dos revestimentos asfálticos,** Dissertação de M. Sc., Programa de Pós - graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, RS, 2011 PAVFRIO. Mistura Asfáltica. Disponível em <http://www.pavfrio.com.br/mistura-asfaltica.html> Acesso em 10 jun. 2023

Pareto, V. (1896). **Cours d'économie politique (Lectures on Political Economy).** Revue de Paris, 3(1), 52-89.

PEREIRA, M. A. *et al.* (Org.). **Sistemas de Transportes.** 195 p. Apostila de Curso. Departamento de Transportes, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PÉREZ, Y.A.G. **Avaliação do desempenho mecânico e reológico de misturas asfálticas mornas.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Florianópolis/SC 2013.

SHEWHART, W. **Statistical method: from the viewpoint of quality control.** Washington: Dover, 1986.

SANTOS, Francisco Raul Teixeira; SILVA, Lucas Sasaki Vieira da; BASTOS, Juceline Batista dos Santos; SOARES, Jorge Barbosa. Avaliação de variabilidade de misturas asfálticas aplicadas em um trecho experimental e aplicação de fator de pagamento. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES.** 34º., 100% Digital, 16 a 21 nov. 2020. Anais [...], [s.l]: Editora: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2020.p.1156-1167.

SOUZA, *et al.* Desenvolvimento de agregados leves a partir de resíduo de corte de pedras ornamentais (granitos e mármore) e argila. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 1-19, 10 nov. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620200001.0884>.

## APÊNDICE A – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS – AMOSTRAS GERAIS

AMOSTRA	ESTACA	DATA	MEDIÇÃO	PENEIRAS							
				3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200
AM - 01	9+720 A 9+920 F(3)	19/07/2014	8ª	100,0	92	88,7	69,3	44,0	21,6	11,7	4,4
AM - 02	9+710 A 9+940 F(2)	18/07/2014	8ª	98,6	85,3	81,3	63,0	39,4	19,3	10,8	4,8
AM - 03	36+390 A 36+ 480 LD	08/09/2014	9ª	100,0	84,7	83,6	63,6	41,8	20,4	11,9	4,9
AM - 04	36+390 A 36+ 480 LE	12/09/2014	9ª	100,0	78,6	77,0	57,7	35,2	16,6	9,4	3,5
AM - 05	36 +160 A 36+250 PE	16/10/2014	10ª	95,7	83	79,6	56,3	39,4	19,9	10,9	4,4
AM - 06	38+670 A 38+740 PD	15/10/2014	10ª	100,0	94	88,3	65,9	42,8	18,4	8,9	2,7
AM - 07	RETORNO ALÇA 8 E 9	09/10/2014	10ª	98,3	79	78,3	56,2	39,8	18,6	8,0	2,1
AM - 08	38+670 A 38+740 PE	10/10/2014	10ª	100,0	81,8	80,3	56,8	39,8	20,0	10,9	4,1
AM - 09	3+480 A 3+640	13/02/2015	14ª	100,0	91,8	72,5	59,4	38,9	20,8	11,1	4,4
AM - 10	3+270 A 3+480	13/02/2015	14ª	97,7	86,7	83,4	59,4	36,0	17,3	9,2	3,4
AM - 11	0+980 A 1+700	11/02/2015	14ª	96,8	79,7	73,6	51,9	32,5	16,7	8,6	2,6
AM - 12	0+380 A 0+980	11/02/2015	14ª	100,0	90,1	85,8	55,5	29,1	16,5	8,3	3,3
AM - 13	RETORNO EST 1+640	10/02/2015	14ª	97,9	81,1	77,5	55,5	33,1	16,2	8,7	3,2
AM - 14	1+490 A 1+710	10/02/2015	14ª	94,6	85,6	82,0	57,5	37,0	18,2	10,3	4,0
AM - 15	0+780 A 0+980	09/02/2015	14ª	100,0	87,7	81,5	65,5	44,5	22,7	12,3	4,7
AM - 16	9+480 A 9+560	16/03/2015	15ª	97,6	91,6	89,2	67,1	44,2	22,5	12,8	5,1
AM - 17	9+480 A 9+660	14/03/2015	15ª	100,0	97,2	91,0	68,3	42,3	22,9	10,0	3,7
AM - 18	9+480 A 9+660	16/03/2015	16ª	97,6	91,6	89,2	67,1	44,2	22,5	12,8	5,1
AM - 19	17+700	10/04/2015	16ª	100,0	90,3	83,3	57,9	36,3	16,9	8,7	3,2
AM - 20	9+480 A 9+560	18/03/2015	16ª	98,1	86,2	81,2	57,1	39,4	19,3	10,5	4,1
AM - 21	17+700	09/04/2015	16ª	100,0	86,3	82,3	60,0	37,8	17,1	8,8	3,3
AM - 22	22+500	16/10/2015	22ª	100,0	89,4	83,7	57,6	41,2	18,8	9,8	3,4
AM - 23	15+540 A 15+700	15/10/2015	22ª	100,0	90,7	85,0	55,8	38,4	18,5	10,2	3,6
AM - 24	15+000 A 15+340	15/10/2015	22ª	98,7	89,2	81,7	58,4	40,4	17,9	10,0	3,6
AM - 25	22+340 A 22+700	14/10/2015	22ª	100,0	90	84,5	57,9	41,2	19,5	9,0	3,6
AM - 26	0+600 A 0+900	14/10/2015	22ª	99,2	89,3	85,0	58,2	41,3	21,3	10,9	3,3
AM - 27	20+860 A 21+280	13/10/2015	22ª	100,0	89,1	79,3	56,5	38,9	20,3	9,3	4,0
AM - 28	17+700 A 17+820	09/10/2015	22ª	98,6	90,5	84,0	56,4	38,7	20,3	10,9	3,6
AM - 29	1+260 A 1+550	09/10/2015	22ª	100,0	88,3	84,2	58,4	38,1	18,4	10,5	3,4
AM - 30	1+160 A 1+260	08/10/2015	22ª	100,0	88,8	84,7	58,2	36,8	20,5	9,8	3,2
AM - 31	0+940 A 1160	08/10/2015	22ª	98,9	86,7	82,1	54,8	38,1	20,1	9,4	3,6
AM - 32	0+780 A 0+940	17/11/2015	23ª	98,5	91,5	80,5	61,1	37,4	16,8	8,8	3,8
AM - 33	0+600 A 0+780	16/11/2015	23ª	98,5	86,7	82,5	61,6	37,6	16,6	9,1	4,0
AM - 34	2+480 A 2+980	10/11/2015	23ª	100,0	85,7	82,2	61,1	40,6	18,0	8,8	3,4
AM - 35	1+980 A 2+480	09/11/2015	23ª	100,0	85,1	79,0	60,5	37,0	18,1	10,1	3,9
AM - 36	1+380 A 1+560	04/11/2015	23ª	99,0	85,2	80,7	60,1	37,1	17,6	9,2	3,4
AM - 37	0+900 A 1+380	04/11/2015	23ª	100,0	83,1	78,5	60,4	39,1	21,4	9,6	2,8
AM - 38	1+230 A 1+430	30/10/2015	23ª	100,0	82,9	76,4	60,1	38,9	17,8	9,0	3,6
AM - 39	0+900 A 1+230	30/10/2015	23ª	100,0	85,8	78,1	57,8	36,6	22,1	10,5	3,5

Continua.

AM - 40	0+360 A 0+900	29/10/2015	23ª	100,0	82,0	76,1	57,6	37,3	20,9	10,1	3,5
AM - 41	0+360 A 0+901	30/10/2015	23ª	100,0	82,0	76,1	57,6	37,3	20,9	10,1	3,5
AM - 42	1+920 A 3+300	26/11/2015	24ª	98,7	84,2	81,6	62,6	38,9	16,6	8,3	2,8
AM - 43	1+920 A 2+800	30/11/2015	24ª	97,0	87,7	85,4	63,1	37,7	16,3	9,0	3,5
AM - 44	2+460 A 2+800	01/12/2015	24ª	100,0	84,8	82,3	61,3	36,1	17,3	9,5	3,8
AM - 45	7+540 A 7+780	14/01/2016	25ª	100,0	85,9	82,6	57,2	37,7	20,4	9,4	3,9
AM - 46	28+240 A 28+600	13/01/2016	25ª	100,0	84,8	81,3	57,3	38,6	19,4	11,5	5,1
AM - 47	28+240 A 28+600	11/01/2016	25ª	100,0	88,3	84,7	55,3	41,1	19,3	11,6	5,1
AM - 48	28+240 A 28+600	12/12/2015	25ª	95,8	85,6	84,2	61,6	39,9	18,8	10,3	4,4
AM - 49	7+040 A 7+660	28/01/2016	26ª	100,0	87,6	83,2	58,8	38,8	20,8	11,0	4,4
AM - 50	7+040 A 7+660	29/01/2016	26ª	100,0	87,0	79,6	58,5	39,3	19,6	10,9	4,1
AM - 51	7+040 A 7+660	27/01/2016	26ª	100,0	83,5	80,9	58,5	36,6	21,4	11,6	3,9
AM - 52	4+600 a 4+720	01/02/2016	26ª	97,2	85,9	82,0	58,0	39,8	19,2	9,9	3,8
AM - 53	4+600 a 4+720	02/02/2016	26ª	100,0	88,9	85,0	54,7	38,2	19,9	11,3	4,7
AM - 54	4+640	03/02/2016	26ª	100,0	86,5	83,8	57,5	38,7	18,8	9,6	4,3
AM - 55	4+640	04/02/2016	26ª	100,0	85,1	77,8	56,7	40,7	21,7	11,5	4,3
AM - 56	8+420 a 8+570	12/02/2016	26ª	97,3	83,6	80,5	56,6	38,9	20,3	10,7	5,1
AM - 57	8+570 A 9+080	13/02/2016	26ª	100,0	84,2	80,8	59,1	39,7	20,7	11,9	4,7
AM - 58	8+920 A 9+260	16/02/2016	26ª	100,0	85,9	83,8	59,1	40,0	19,0	10,2	4,3
AM - 59	8+400 A 8+920	15/02/2016	26ª	98,3	86,8	81,8	57,0	39,6	19,7	11,6	4,0
AM - 60	6+900 A 7+040	25/02/2016	27ª	100,0	87,6	83,2	58,8	38,8	20,8	11,0	4,4
AM - 61	0+33 A 0+340	16/09/2016	29ª	100,0	86,5	83,8	57,5	38,7	18,8	9,6	4,3
AM - 62	0+00 A 0+33	16/09/2016	29ª	100,0	88,9	85,0	54,7	38,2	19,9	11,3	4,7
AM - 63	0+040 A 0+340	17/09/2016	29ª	100,0	87,0	79,6	58,5	39,3	19,6	10,9	4,1
AM - 64	0+00 A 0+027	07/10/2016	30ª	97,2	83,7	77,6	60,8	45,2	21,8	12,3	5,0
AM - 65	4+180 A 4+380	06/10/2016	30ª	97,2	85,9	82,0	58,0	39,8	19,2	9,9	3,8
AM - 66	0+75 A 0+140	23/09/2016	30ª	100,0	84,1	72,1	55,1	40,1	18,9	10,2	4,2
AM - 67	4+460 A 4+700	14/11/2016	30ª	100,0	86,7	82,1	59,2	39,5	21,4	11,8	3,9
AM - 68	4+460 A 4+701	15/11/2016	31ª	100,0	86,7	82,1	59,2	39,5	21,4	11,8	3,9
AM - 69	6+760 A 6+900	06/12/2016	32ª	100,0	86,5	83,8	57,5	38,7	18,8	9,6	4,3
AM - 70	6+760 A 6+901	07/12/2016	32ª	100,0	86,5	83,8	57,5	38,7	18,8	9,6	4,3
AM - 71	5+600 A 5+740	05/12/2016	32ª	96,0	85,2	80,9	55,6	39,2	20,2	11,2	3,9
AM - 72	23+600 A 23+840	24/02/2017	35ª	98,1	83,2	78,3	63,4	44,5	21,3	10,2	3,4
AM - 73	11+650 A 11+860	17/10/2017	42ª	94,4	81,7	78,7	63,6	43,5	23,1	13,0	4,7
AM - 74	11+860 A 12+140	10/11/22017	43ª	100,0	84,3	80,6	65,4	41,8	21,7	12,1	4,3
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO				1,44%	3,91%	4,41%	5,81%	6,91%	9,13%	11,58%	16,53%
CURVA DE PROJETO				100	86	81	57	36	20	10	5
Nº DE INCONFORMIDADES				28	6	4	50	4	0	0	39
TOTAL DE INCONFORMIDADES				131							
% INCONFORMIDADES				21,37%	4,58%	3,05%	38,17%	3,05%	0,00%	0,00%	29,77%

## APÊNDICE B – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS

AMOSTRA	ESTACA	DATA	MEDIÇÃO	PENEIRAS							
				3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200
AM - 01	9+720 A 9+920 F(3)	19/07/20 14	8ª	100,0	92	88,7	69,3	44,0	21,6	11,7	4,4
AM - 02	9+710 A 9+940 F(2)	18/07/20 14	8ª	98,6	85,3	81,3	63,0	39,4	19,3	10,8	4,8
AM - 03	36+390 A 36+ 480 LD	08/09/20 14	9ª	100,0	84,7	83,6	63,6	41,8	20,4	11,9	4,9
AM - 04	36+390 A 36+ 480 LE	12/09/20 14	9ª	100,0	78,6	77,0	57,7	35,2	16,6	9,4	3,5
AM - 05	36 +160 A 36+250 PE	16/10/20 14	10ª	95,7	83	79,6	56,3	39,4	19,9	10,9	4,4
AM - 06	38+670 A 38+740 PD	15/10/20 14	10ª	100,0	94	88,3	65,9	42,8	18,4	8,9	2,7
AM - 07	RETORNO ALÇA 8 E 9	09/10/20 14	10ª	98,3	79	78,3	56,2	39,8	18,6	8,0	2,1
AM - 08	38+670 A 38+740 PE	10/10/20 14	10ª	100,0	81,8	80,3	56,8	39,8	20,0	10,9	4,1
AM - 09	3+480 A 3+640	13/02/20 15	14ª	100,0	91,8	72,5	59,4	38,9	20,8	11,1	4,4
AM - 10	3+270 A 3+480	13/02/20 15	14ª	97,7	86,7	83,4	59,4	36,0	17,3	9,2	3,4
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO				1,48 %	6,34 %	6,11 %	7,40 %	6,89 %	8,14 %	12,72 %	23,87 %

### APÊNDICE C – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS

AMOSTRA	ESTACA	DATA	MEDIÇÃO	PENEIRAS							
				3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200
AM - 22	22+500	16/10/2015	22 <sup>a</sup>	100,0	89,4	83,7	57,6	41,2	18,8	9,8	3,4
AM - 23	15+540 A 15+700	15/10/2015	22 <sup>a</sup>	100,0	90,7	85,0	55,8	38,4	18,5	10,2	3,6
AM - 24	15+000 A 15+340	15/10/2015	22 <sup>a</sup>	98,7	89,2	81,7	58,4	40,4	17,9	10,0	3,6
AM - 25	22+340 A 22+700	14/10/2015	22 <sup>a</sup>	100,0	90	84,5	57,9	41,2	19,5	9,0	3,6
AM - 26	0+600 A 0+900	14/10/2015	22 <sup>a</sup>	99,2	89,3	85,0	58,2	41,3	21,3	10,9	3,3
AM - 27	20+860 A 21+280	13/10/2015	22 <sup>a</sup>	100,0	89,1	79,3	56,5	38,9	20,3	9,3	4,0
AM - 28	17+700 A 17+820	09/10/2015	22 <sup>a</sup>	98,6	90,5	84,0	56,4	38,7	20,3	10,9	3,6
AM - 29	1+260 A 1+550	09/10/2015	22 <sup>a</sup>	100,0	88,3	84,2	58,4	38,1	18,4	10,5	3,4
AM - 30	1+160 A 1+260	08/10/2015	22 <sup>a</sup>	100,0	88,8	84,7	58,2	36,8	20,5	9,8	3,2
AM - 31	0+940 A 1160	08/10/2015	22 <sup>a</sup>	98,9	86,7	82,1	54,8	38,1	20,1	9,4	3,6
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO				0,62%	1,29%	2,21%	2,21%	4,06%	5,68%	6,54%	6,27%

## APÊNDICE D – VALORES AMOSTRAIS ANALISADOS

AMOSTRA	ESTACA	DATA	MEDIÇÃO	PENEIRAS							
				3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	80	200
AM - 63	0+040 A 0+340	17/09/2016	29 <sup>a</sup>	100,0	87,0	79,6	58,5	39,3	19,6	10,9	4,1
AM - 64	0+00 A 0+027	07/10/2016	30 <sup>a</sup>	97,2	83,7	77,6	60,8	45,2	21,8	12,3	5,0
AM - 65	4+180 A 4+380	06/10/2016	30 <sup>a</sup>	97,2	85,9	82,0	58,0	39,8	19,2	9,9	3,8
AM - 66	0+75 A 0+140	23/09/2016	30 <sup>a</sup>	100,0	84,1	72,1	55,1	40,1	18,9	10,2	4,2
AM - 67	4+460 A 4+700	14/11/2016	30 <sup>a</sup>	100,0	86,7	82,1	59,2	39,5	21,4	11,8	3,9
AM - 68	4+460 A 4+701	15/11/2016	31 <sup>a</sup>	100,0	86,7	82,1	59,2	39,5	21,4	11,8	3,9
AM - 69	6+760 A 6+900	06/12/2016	32 <sup>a</sup>	100,0	86,5	83,8	57,5	38,7	18,8	9,6	4,3
AM - 70	6+760 A 6+901	07/12/2016	32 <sup>a</sup>	100,0	86,5	83,8	57,5	38,7	18,8	9,6	4,3
AM - 71	5+600 A 5+740	05/12/2016	32 <sup>a</sup>	96,0	85,2	80,9	55,6	39,2	20,2	11,2	3,9
AM - 72	23+600 A 23+840	24/02/2017	35 <sup>a</sup>	98,1	83,2	78,3	63,4	44,5	21,3	10,2	3,4
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO				1,58%	1,65%	4,42%	4,13%	5,85%	6,10%	9,20%	10,32%