



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS EDUARDO FONSECA DA SILVA

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DA MASSA ASFÁLTICA APLICADA EM VIAS
URBANAS DE BELÉM.**

BELÉM - PA
2026

LUCAS EDUARDO FONSECA DA SILVA

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DA MASSA ASFÁLTICA APLICADA EM VIAS
URBANAS DE BELÉM:** Estudo laboratorial e in loco.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

BELÉM - PA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivo	10
1.1.1. Objetivo Geral	10
1.1.2. Objetivo específico	11
1.2. Justificativa	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Principais Conceitos de Pavimento.	13
2.1.1. Classificação dos pavimentos.....	14
2.1.2. Estrutura do Pavimento.....	14
2.2. Materiais Utilizados nas Misturas Asfálticas.....	17
2.2.1. Ligantes asfálticos.....	17
2.2.2. Agregados	19
2.3. Controle Tecnológico.	21
2.3.1. Estudos de casos aplicados.....	21
3. MÉTODO.....	24
3.1. Caracterização da Área de Estudo.....	24
3.2. Descrição do Método	26
3.2.1. Traços das misturas asfálticas produzidas	26
3.2.2. Procedência dos insumos e agregados utilizados.....	26
3.2.3. Volume de produção mensal (2024 e 2025)	26
3.2.4. Produção por faixa granulométrica e tipo de ligante mais utilizado	
27	
3.2.5. Análise comparativa com traço de referência de outra região	
(Goiás/GO) 27	
3.2.6. Discursão integrada dos resultados.....	27
4. RESULTADOS	28
4.1. Traços das misturas asfálticas produzidas.....	28

4.2.	Procedência dos insumos e agregados utilizados	33
4.3.	Volume de produção mensal (2024 e 2025).....	35
4.3.1.	Produção mensal detalhada por usina	36
4.3.2.	Produção anual total	39
4.3.3.	Considerações finais sobre o volume de produção.....	40
4.4.	Produção por faixa granulométrica e tipo de ligante mais utilizado. .	41
4.4.1.	Tabela de faixas granulométricas utilizadas.	41
4.4.2.	Tabela do tipo de ligante utilizado.....	42
4.4.3.	Análise técnica.	42
4.4.4.	Síntese dos resultados obtidos.....	43
4.5.	Análise comparativa com traço de referência de outra região (Goiás/GO) 44	
4.6.	Discursão integrada dos resultados	45
5.	CONCLUSÃO	48
5.1.	Síntese dos principais resultados.....	48
5.2.	Sugestões Para Trabalhos Futuros.	49
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do pavimento rígido e flexível	14
Figura 2 - Ligantes asfáltico em estado viscoso	17
Figura 3 - Agregados Naturais	19
Figura 4 - Comparação de granulometrias de misturas asfálticas a quente	20
Figura 5 - Localização das usinas analisadas.	25
Figura 6 – Composição granulométrica das usinas analisadas	31
Figura 7 - Teor de CAP (%) das misturas produzidas pelas usinas analisadas	32
Figura 8 - Localização geográfica das usinas e fornecedores	34
Figura 9 - Produção Mensal de massa asfáltica produzidas nas usinas no ano de 2024	37
Figura 10 - Produção Mensal de massa asfáltica produzidas nas usinas no ano de 2025	38
Figura 11 – Produção anual das três usinas nos anos de 2024 e 2025.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Traço da Usina 01	29
Tabela 2 – Traço da usina 02	29
Tabela 3 – Traço da usina 03	30
Tabela 4 – Comparação dos traços entre as três usinas	30
Tabela 5 – Principais fornecedores de insumos e respectivas usina atendidas	35
Tabela 6 - Produção mensal total de massa asfáltica das três usinas (2024)	36
Tabela 7 - Produção mensal total de massa das três usinas (2025)	36
Tabela 8 – Produção anual das três usinas nos anos de 2024 e 2025.	39
Tabela 9 – Distribuição percentual das faixas granulométricas utilizadas pelas três usinas.	42
Tabela 10 – Distribuição percentual do tipo de CAP utilizados pelas usinas	42
Tabela 11 – Traço utilizado pela usina de Goiás/GO	44
Tabela 12 – Resumo geral do traço utilizado pelas usinas da Região Metropolitana de Belém.	44

AGRADECIMENTOS

Ao final do trabalho de graduação, sinto na obrigação de agradecer não só aos que participaram diretamente, mas a todos que contribuíram de forma geral para a conclusão de curso.

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter me concedido saúde e discernimento para trilhar esse caminho árduo, com inúmeras vezes me ajudando de todas as formas.

À minha família, que lá do interior não mediram esforços para me formar, em todas as vezes que precisei de algo, fizeram o possível e o impossível para me fornecer o melhor estudo e a melhor comida. Sou extremamente grato ao meu pai e minha mãe.

Ao meu tio José Nascimento Fonseca, que foi o responsável por me dar meu primeiro notebook para que pudesse facilitar meus estudos, foi de suma importância a sua influência monetária nessa caminhada.

À minha namorada pelo o amor, carinho, companheirismo e conselhos e também por ser meu braço direito durante essa fase final da minha graduação.

A todos meus amigos da escola do Guajará durante o ensino fundamental e aos meus amigos de Santa Luzia do Pará, principalmente dos que estiveram comigo no ensino médio na escola Florentina Damasceno.

Aos meus amigos de graduação, que estiveram comigo durante esses longos 5 anos, que tornaram tudo um pouco mais simples, hoje tenho total confiança e gratidão a cada um. Todas as nossas noites madrugando me salvaram de muitas notas baixas.

Agradecer a meu chefe Edvaldo Lucena (Galo) da empresa LLUCENA INFRAESTRUTURA por ter me dado várias oportunidades enquanto estava ainda na graduação. Me proporcionou meu primeiro emprego, onde comecei como estagiário e logo subi para auxiliar de engenharia e supervisor técnico, e hoje faço gestão de uma obra extremamente grande, ele foi de suma importância para o meu crescimento profissional e também pessoal.

Agradecer ao meu tutor de vida e trabalho Gustavo de Azevedo por ter me ensinado tudo que sei hoje, agradecer pelo puxões de orelha, pelas recomendações e pelos conselhos, sem ele eu não seria nada profissionalmente.

Agradecer aos meus amigos de trabalho que sempre me ajudaram de alguma forma, seja com conselhos sobre o ramo que estava seguindo ou sobre como eu deveria ser como profissional, foram de suma importância para atravessar todas as difíceis barreiras no qual encontrei até aqui durante a minha vida profissional.

Aos professores da UFPA pela dedicação aos alunos durante esses cinco anos de graduação. Posso afirmar que estes abriram as portas do conhecimento para mim, pois concluo o meu curso sabendo mais do que imaginei aprender quando ingressei na faculdade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar, por me acolher como orientado, apesar de não me conhecer, me orientou de forma excepcional e além de proporcionar um grande conhecimento na área de pavimentação. Por isso, serei eternamente grato.

RESUMO

Análise das características da massa asfáltica aplicadas em vias urbanas de Belém.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a caracterização das misturas asfálticas produzidas por usinas localizadas na Região Metropolitana de Belém. O estudo teve como foco a análise dos traços das misturas, considerando a composição granulométrica, o tipo e o teor de ligante asfáltico, a procedência dos insumos e os volumes de produção. A pesquisa foi desenvolvida a partir do levantamento de dados técnicos fornecidos por três usinas de asfalto atuantes na região, abrangendo informações referentes aos anos de 2024 e 2025. O método consistiu na organização e análise comparativa das porcentagens dos materiais constituintes das misturas, no mapeamento da origem dos agregados e do ligante asfáltico, na avaliação dos volumes mensais e anuais de produção e na identificação das faixas granulométricas e dos tipos de ligantes utilizados. Adicionalmente, foi realizada uma comparação com um traço de referência proveniente de uma usina localizada em outra região do país. Os resultados indicam predominância da utilização do concreto asfáltico Faixa C e do ligante CAP 50/70 nas usinas analisadas, bem como diferenças na composição dos traços, principalmente nas proporções de seixo fino, pó de brita e areia fina, que resultaram em misturas mais densas nas Usinas 01 e 02 e em uma mistura mais arenosa na Usina 03. A análise da procedência dos insumos demonstrou que os agregados utilizados são majoritariamente provenientes de municípios do interior do estado do Pará, com distâncias superiores a 100 km em alguns casos, o que influencia a logística de abastecimento e o consumo energético das usinas. Quanto ao volume de produção, observou-se variação significativa entre os anos de 2024 e 2025, associada principalmente ao período eleitoral, às condições climáticas da região e às demandas excepcionais de obras urbanas, como aquelas relacionadas à preparação da cidade de Belém para a COP 30.

Palavras chaves: Mistura asfáltica, Usinas de asfalto, Pavimentação urbana, concreto asfáltico.

ABSTRACT

Analysis of the characteristics of asphalt mixtures applied to urban roads in Belém.

Undergraduate Thesis (Civil Engineering) – Faculty of Civil Engineering, Federal University of Pará, Belém, Brazil.

This Undergraduate Thesis presents the characterization of asphalt mixtures produced by plants located in the Metropolitan Region of Belém. The study focuses on the analysis of mixture designs, considering granulometric composition, type and content of asphalt binder, origin of raw materials, and production volumes. The research was based on the collection of technical data provided by three asphalt plants operating in the region, covering information from the years 2024 and 2025. The methodology consisted of organizing and comparatively analyzing the percentages of the constituent materials of the mixtures, mapping the origin of aggregates and asphalt binder, evaluating monthly and annual production volumes, and identifying the granulometric gradations and binder types used. Additionally, a comparison was carried out with a reference mixture design from an asphalt plant located in another region of the country. The results indicate a predominance of asphalt concrete with Gradation C and the use of CAP 50/70 asphalt binder in all analyzed plants. Differences in mixture composition were observed, mainly related to the proportions of fine gravel, crushed stone dust, and fine sand, resulting in denser mixtures in Plants 01 and 02 and a more sand-rich mixture in Plant 03. The analysis of material origin showed that most aggregates are supplied from municipalities in the interior of the state of Pará, with transport distances exceeding 100 km in some cases, directly influencing supply logistics and energy consumption. Regarding production volume, significant variations were observed between 2024 and 2025, mainly associated with the electoral period, regional climatic conditions, and exceptional urban works demands, such as those related to the preparation of the city of Belém for COP 30.

Keywords: Asphalt mixture; Asphalt plants; Urban paving; Asphalt concrete.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade das misturas asfálticas produzidas em usinas é fundamental para garantir a durabilidade e o desempenho dos pavimentos. A caracterização detalhada dessas misturas, incluindo o tipo e teor de ligante, a granulometria e a procedência dos agregados, bem como o tipo de faixa utilizada, é essencial para compreender as condições de produção e suas implicações no comportamento estrutural das vias.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a especificação técnica das misturas asfálticas deve considerar diversos parâmetros, como a granulometria dos agregados e o teor de ligante, para assegurar a qualidade e a durabilidade dos pavimentos. A norma DNIT 031/2024, por exemplo, estabelece diretrizes para a produção de concreto asfáltico usinado a quente, enfatizando a importância do controle rigoroso dos materiais e processos envolvidos.

Além disso, a caracterização das misturas asfálticas permite identificar possíveis variações regionais na produção, contribuindo para a padronização e melhoria contínua dos processos. Estudos como o de Lima (2003) destacam que a análise das propriedades mecânicas das misturas, incluindo o módulo de resiliência, é crucial para avaliar o desempenho dos pavimentos sob diferentes condições de carga e clima.

Portanto, a realização de um estudo sistemático sobre as misturas asfálticas produzidas em Belém é de grande relevância, pois fornecerá dados técnicos que podem subsidiar decisões no planejamento, execução e manutenção das vias, além de contribuir para o avanço do conhecimento na área de pavimentação.

1.1. Objetivo

1.1.1. Objetivo Geral

Caracterizar as misturas asfálticas produzidas em usinas da região metropolitana de Belém, considerando o ligante empregado e seu teor, a procedência dos agregados e insumos, a faixa granulométrica utilizada nas vias, a classificação da mistura e o volume de produção.

1.1.2. Objetivo específico

- Caracterizar os traços das misturas asfálticas produzidas por três usinas localizadas na região metropolitana de Belém, considerando as proporções dos agregados e o teor de ligante asfáltico utilizados nos anos de 2024 e 2025;
- Identificar as faixas granulométricas e os tipos de ligantes asfálticos empregados na produção da massa asfáltica, verificando predominância e padronização das misturas utilizadas nas vias urbanas da região;
- Analisar a procedência dos insumos e agregados utilizados pelas usinas, avaliando as distâncias de transporte e sua influência na logística de abastecimento;
- Avaliar os volumes mensais e anuais de produção de massa asfáltica das usinas estudadas, relacionando as variações observadas com fatores externos, como condições climáticas, período eleitoral e demandas excepcionais de obras urbanas;
- Comparar as características das misturas asfálticas produzidas na Região Metropolitana de Belém com um traço de referência proveniente de outra região do país, evidenciando diferenças relacionadas a escolhas dos agregados e ligantes;

1.2. Justificativa

A produção de misturas asfálticas em usinas constitui uma das etapas mais relevantes do processo de pavimentação, uma vez que a qualidade dos materiais empregados e a adequação das dosagens influenciam diretamente no desempenho e na durabilidade dos pavimentos. Entretanto, observa-se que, apesar da importância desse processo, ainda há escassez de registros acadêmicos que documentem de

forma sistemática as características das misturas produzidas em diferentes contextos regionais.

Nesse sentido, este trabalho busca preencher essa lacuna ao realizar um registro acadêmico das misturas asfálticas produzidas em usinas da cidade de Belém, permitindo a catalogação e análise de informações referentes aos ligantes, agregados, faixas utilizadas, classificações de mistura e volumes de produção. Tal iniciativa se justifica pela necessidade de se compreender não apenas os parâmetros técnicos que regem a produção, mas também as particularidades locais que podem influenciar o desempenho estrutural e funcional dos pavimentos implantados.

Além disso, o estudo contribui para a preservação e disponibilização de dados técnicos que podem servir de base para futuras pesquisas e para o aprimoramento de práticas construtivas, fortalecendo a relação entre a academia e o setor produtivo. Dessa forma, ao registrar e caracterizar as misturas asfálticas utilizadas em Belém, este trabalho oferece um panorama técnico que pode subsidiar tanto o meio acadêmico quanto os profissionais da área de engenharia de pavimentos, agregando conhecimento e fomentando discussões voltadas à melhoria da infraestrutura viária da região.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre temas relacionados ao foco principal do estudo. Tem como objetivo apresentar os principais fundamentos que embasam um estudo, fornecendo suporte técnico. Para isso, foram abordados os conceitos fundamentais de pavimento, destacando sua composição e função estrutural; os materiais empregados nas misturas asfálticas, com ênfase nos agregados e ligantes; e controle tecnológico, considerado etapa essencial para assegurar a qualidade e o desempenho das obras rodoviárias.

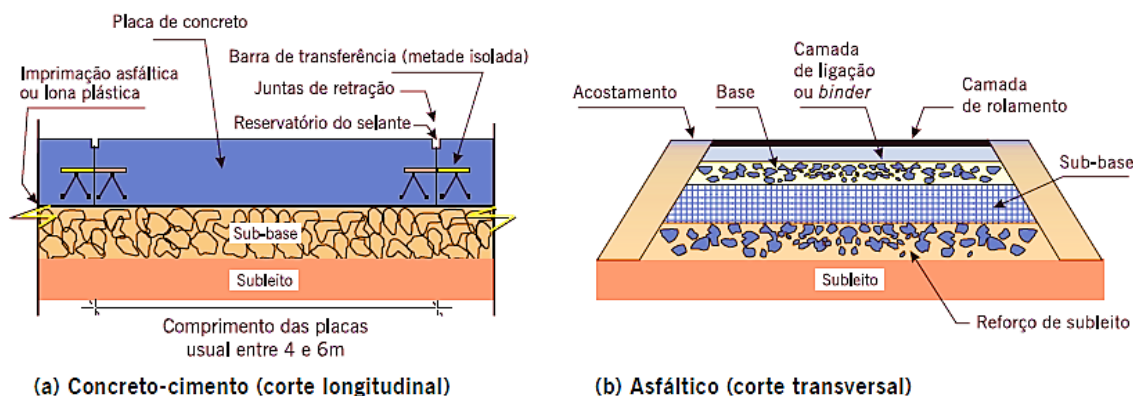
2.1. Principais Conceitos de Pavimento.

Segundo DNIT, (2006), o pavimento rodoviário, é uma superestrutura composta por camadas de espessuras finitas, assentadas sobre um determinado espaço considerado de forma subjetiva como infinito - a infraestrutura ou terreno de fundação, chamado de subleito.

O subleito, restrito pelo pavimento, tem por obrigação passar por uma análise e ser demarcado até a profundidade de execução do projeto, de forma considerável, as cargas devidas de tráfego. Em condições de execução, essa profundidade deve ficar numa fração de 0,60 m / 1,50m.

O pavimento rodoviário, por definição de critério técnico-econômico, é uma estrutura de camadas no qual materiais de diferentes resistências e deformabilidades são colocados em adjacência ocasionando um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo de tensões e deformações e operantes nas mesmas resultantes das cargas necessárias pelo tráfego. Na Figura 1 apresentam-se as estruturas típicas dos pavimentos rígido (a) e flexível (b)

Figura 1 - Estrutura do pavimento rígido e flexível



Fonte: Pavimentação Asfáltica- ABEDA- (2010)

2.1.1. Classificação dos pavimentos

Segundo DNIT, (2006), os pavimentos podem ser classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos.

- Flexível: aquele no qual todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, logo, a carga se distribui em componentes sensivelmente equivalentes entre as camadas. Exemplo característico: Pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhos, revestida por uma camada asfáltica.
- Rígido: aquele no qual o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferior e, dessa forma, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: Pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.
- Semirrígido: caracteriza-se uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

2.1.2. Estrutura do Pavimento

Segundo Senço, (2008), essas são algumas definições de cada estrutura que constitui um pavimento, de acordo com sua ordem de posição:

2.1.2.1. Subleito

É o terreno de fundação do pavimento. Pode ser de grande resistência ou pouco forte, é a parte do pavimento que deve suportar os esforços encarregado pelo pavimento e seus carregamentos dentro da resistência tolerada pela própria estrutura.

2.1.2.2. Reforço do Subleito

É uma camada de espessura constante, construída, se necessário, acima da regularização, com características superiores às da regularização e inferiores às da camada de sub-base.

O reforço do subleito é parte constituinte especificamente do pavimento e tem funções de complemento da sub-base que, por seu lado, tem funções de complemento da base. Assim, o reforço do subleito também resiste e distribui esforços verticais, não tendo as características de absorver definitivamente esses esforços, o que é característica específica do subleito.

2.1.2.3. Sub base

É a camada complementar à base, quando, por ocorrências técnicas e econômicas, não for recomendado construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Segundo a regra geral o material constituinte da sub-base deverá ter características superiores às do material de reforço; no que lhe concerne, o material da base deverá ser de melhor qualidade que o material da sub-base.

2.1.2.4. Base

É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. Na prática, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, do qual a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito.

Os materiais que geralmente são utilizados nesse processo, compõem-se de produtos resultados do processo de britagem, compostos de solos tratados para o

devido uso nesse procedimento e de misturas resultantes do conjunto de solos e materiais britados.

A base pode também ser elaborada com materiais tratados ou estabilizados com aglomerantes, como cimento Portland, betume, cal, cinzas volantes e uma mistura combinada dessas matérias-primas.

Uma imensa variedade de materiais específicos pode ser utilizada para elaborar a base do pavimento, abrangendo todos os tipos de agregados disponíveis na determinada região da superestrutura.

Devido a relevância de cada tipo de cama de base e seu valor estrutural para a estrutura do pavimento, deve-se designar de uma forma descritiva cada uma dessas estruturas no que refere as bases de pavimentos frequentemente utilizados.

2.1.2.5. Revestimento

O revestimento, também chamado de camada de rolamento, constitui a camada superior do pavimento e é responsável pelo contato direto com o tráfego. Sua principal função é proporcionar conforto, segurança e durabilidade aos usuários, assegurando boas condições de aderência entre os pneus e a superfície. Além disso, atua como uma barreira de proteção para as camadas inferiores, evitando a penetração de água e a ação direta das cargas (BERNUCCI et al., 2010; DNIT, 2019).

Na pavimentação flexível, o revestimento é geralmente executado em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) ou outras misturas asfálticas, que combinam agregados graúdos e miúdos com ligante asfáltico. A escolha do tipo de mistura depende de critérios técnicos como tráfego projetado, clima, disponibilidade de materiais e desempenho esperado (BALBO, 2007; DNIT, 2024).

Entre as principais exigências da camada de rolamento estão:

- Resistência ao desgaste causado pela ação abrasiva do tráfego;
- Impermeabilidade, reduzindo a infiltração de água para as camadas inferiores;
- Resistência estrutural complementar, auxiliando no suporte das cargas aplicadas;
- Textura superficial adequada, garantindo conforto e segurança na condução (DNIT, 2006; BERNUCCI et al., 2010).

Segundo o DNIT (2024), o revestimento deve apresentar regularidade geométrica e resistência mecânica compatíveis com as solicitações previstas em projeto, de forma a manter sua vida útil dentro dos limites de desempenho esperados

2.2. Materiais Utilizados nas Misturas Asfálticas.

A qualidade e o desempenho das misturas asfálticas estão diretamente relacionados às propriedades dos materiais que as compõem. Em um pavimento flexível, os principais constituintes são os ligamentos asfálticos, responsável pela coesão da mistura e pela adesividade com os agregados, e os agregados minerais, que conferem resistência mecânica e estabilidade à estrutura. A escolha adequada desses materiais, associada ao controle tecnológico na dosagem e execução, é fundamental para garantir durabilidade, segurança e bom desempenho funcional da camada de revestimento (BERNUCCI et al; BALBO, 2007).

2.2.1. Ligantes asfálticos.

A figura 2 ilustra o aspecto visual do ligante asfáltico, evidenciando seu comportamento viscoso.

Figura 2 - Ligantes asfáltico em estado viscoso



Fonte: Acervo do autor

O asfalto utilizado em revestimentos asfálticos é aglomerante orgânico, de coloração escura, derivado da destilação do petróleo, cujo componente predominante é o betume (cerca de 99,5% em sua composição). O betume é uma substância aglutinante (adesivo termoviscoplastico) escura, impermeável à água e pouco reativo, que se liquefaz quando aquecido. Com relação a sua constituição, o asfalto é uma mistura química complexa composta principalmente por hidrocarbonetos e heteroátomos (oxigênio, enxofre, nitrogênio e os metais vanádio, níquel, ferro, magnésio e cálcio) (Bernucci, et al., 2008). No Brasil, os asfaltos que são aplicados em pavimentação asfáltica são denominados de cimentos asfálticos de petróleo (CAPs), também chamados de ligantes asfálticos (Bernucci, et al., 2008).

De acordo com Advanced Asphalt Technologies (AAT) em sua norma National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) 673, os ligantes asfálticos correspondem a 5% em massa das composições asfálticas, sendo os 95% restantes constituídos pelos agregados minerais. Em termos volumétricos, estas proporções representam aproximadamente 10% de ligantes, 85% de agregados e 5% de vazios.

2.2.1.1. Tipos de Ligantes asfálticos.

De acordo com o DNIT 031/2024 – ES: Pavimentos flexíveis – concreto asfáltico, podem ser empregados tanto ligantes convencionais quanto modificados, dependendo das condições de tráfego e de clima prevista em projeto.

- Ligantes convencionais (CAP 50/70, CAP 55/75-E): São os mais utilizados em obras rodoviárias, com propriedades adequadas para condições de tráfego leve a médio. Apresentam boa trabalhabilidade e são normatizados pela ANP e pelo (DNIT, 2024).
- Ligantes modificados por polímeros (ex.: SBS, EVA, borracha moída): possuem desempenho superior, principalmente em regiões de tráfego intenso, aumentando a resistência à deformação permanente e à fadiga. A especificação DNIT 095/2006 – ES destaca sua aplicação em revestimentos asfálticos delgados, onde se exige maior durabilidade.
- Ligantes modificados por resíduos (plásticos, pneus, biomassa): Representam uma solução sustentável, reduzindo impactos ambientais e promovendo reaproveitamento de materiais (OLIVEIRA; SILVA; COSTA 2022).

2.2.2. Agregados

O termo agregado é usado para indicar um material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de misturas asfálticas. Agregado é um termo genérico para as areias, os pedregulhos e as rochas minerais britadas. É possível utilizar também os agregados artificiais como as escórias de aciaria e os agregados de argila calcinada, como exemplos.

Os agregados podem ser classificados ou agrupados por sua origem ou natureza, pelo seu tamanho e distribuição dos grãos, e por características mecânicas e de forma, como elementos básicos de seleção. Outros aspectos também devem ser considerados, tais como: variabilidade, sanidade, adesividade ao ligante, dureza, resistência à abrasão ou ao choque etc.

Quanto à sua origem, os agregados são classificados como: natural, artificial ou reciclado. Abaixo será mostrado algum desses agregados, como ilustração.

Os agregados naturais podem ser empregados em pavimentação na forma e tamanho como se encontram na natureza, ou podem ainda passar por algum processamento, como a britagem. Assim, os agregados naturais podem existir em tamanhos e formas adequados diretamente para o uso, ou podem precisar ser britados, ou seja, quando é necessário um procedimento de exploração em pedreiras e quebra em tamanhos convenientes para sua utilização. São exemplos de agregados naturais: as areias de rios ou de depósitos e os seixos rolados. Na figura 3, é possível observar alguns dos agregados utilizados no concreto asfáltico.

Figura 3 - Agregados Naturais





Fonte: Acervo do autor

Para as misturas asfálticas também é importante definir o tamanho máximo do agregado, o que pode afetar o desempenho de várias formas. O tamanho máximo do agregado é definido como a abertura de malha imediatamente maior do que a correspondente ao tamanho nominal máximo. O tamanho nominal máximo é a maior abertura de malha de peneira que retém alguma partícula de agregado, mas não mais de 10% em peso.

Quanto à distribuição dos grãos, as misturas asfálticas podem ser agrupadas como densa, aberta, descontínua, uniforme ou tipo macadame. A figura 4 ilustra os tipos principais de combinação dos diversos tamanhos de agregados.

Figura 4 - Comparação de granulometrias de misturas asfálticas a quente



ABERTA

DESCONTÍNUA

DENSE

Fonte: Acervo do Autor

Os concretos asfálticos com granulometrias contínuas são as soluções mais adotadas nas rodovias e vias brasileiras. Graças ao arranjo de partículas bem-graduado, a quantidade de ligante asfáltica requerida para cobrir as partículas e ajudar a preencher os vazios não pode ser muito elevada, visto que a mistura necessita contar ainda com vazios com ar, após a compactação, que é em torno de 3 a 5%, no caso de camada de rolamento (camada em contato direto com os pneus dos veículos) e de 4 a 6% para camadas intermediárias ou de ligação (camada subjacente à de rolamento), tipicamente.

2.3. Controle Tecnológico.

O controle tecnológico visa garantir que a produção e aplicação da mistura asfáltica estejam dentro dos parâmetros de projeto, por meio de ensaios de laboratório e coleta de campo

2.3.1. Estudos de casos aplicados.

Com intuito de aprofundar a análise e tornar a pesquisa mais prática, desenvolvemos dois estudos aplicados relacionados à temática.

2.3.1.1. Controle tecnológico: Estudo de caso – Araucária (PR)

O controle tecnológico de misturas asfálticas é fundamental para garantir que a execução do revestimento atenda às especificações técnicas e assegure a vida útil do pavimento.

No estudo realizado em Araucária (PR), buscou-se avaliar a qualidade do revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) aplicado em três diferentes obras públicas de pavimentação. Para isso, foram coletadas amostras diretamente da pista de rolamento, a fim de verificar se os parâmetros de projeto estavam sendo respeitados (PARAIZO et al., 2024).

Os controles tecnológicos aplicados envolveram principalmente:

- Coleta de corpos de prova em campo – extraídos por meio de sonda rotativa diretamente do revestimento executado, simulando a condição real da obra.

- Ensaios laboratoriais de resistência e densidade – realizados em laboratório credenciado para avaliar propriedades físicas da massa asfáltica, como densidade aparente e grau de compactação.
- Comparação com parâmetros de projeto – os resultados obtidos foram comparados com os valores de referência previstos em projeto, especialmente quanto à resistência e conformidade da compactação.
- Taxa de conformidade – utilizada como indicador de desempenho, verificando a porcentagem de amostras que estavam dentro dos limites estabelecidos pela norma.

Os resultados evidenciaram grande variação entre as obras analisadas: a Obra **A** apresentou 94,44 % de conformidade, enquanto as Obras **B** e **C** atingiram apenas 52,78 % e 44,44 %, respectivamente. Isso demonstra que, embora o mesmo município tenha contratado serviços semelhantes, a falta de uniformidade no controle tecnológico comprometeu a qualidade final em parte das execuções (PARAIZO et al., 2024).

Esse caso reforça que o controle tecnológico não deve se restringir apenas ao ensaio laboratorial, mas deve ser sistemático e contínuo, desde a usina de produção até a execução em campo, garantindo confiabilidade e homogeneidade do pavimento

2.3.1.2. Controle tecnológico: Estudo de caso – Usina de asfalto em Ilhéus (BA)

O controle tecnológico desempenha um papel essencial desde a produção da mistura até a avaliação de desempenho. No estudo de caso conduzido em uma usina de asfalto no município de Ilhéus (BA), foram coletadas amostras de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ainda na fase de usinagem. O material foi encaminhado ao laboratório acadêmico para ensaios precisos que mensurassem sua qualidade (SANTOS, 2020).

Os resultados sugerem que a massa asfáltica analisada apresenta boa resistência à fadiga, o que favorece sua durabilidade. No entanto, o estudo ressalta que é necessário complementar a análise com ensaios voltados à resistência à deformação permanente, que também impactam diretamente a vida útil do pavimento (SANTOS, 2020).

Esse exemplo mostra que o controle tecnológico, mesmo na etapa inicial de usinagem, fornece dados confiáveis sobre a qualidade da mistura. No entanto, para uma avaliação mais robusta do desempenho em campo, é recomendável estender os controles para incluir deformação permanente e execução em pista, assegurando a confiabilidade do pavimento como um todo.

2.3.1.3. Importância do Controle Tecnológico

A análise dos estudos de caso evidencia que o controle tecnológico da massa asfáltica é determinante para a qualidade e a durabilidade do pavimento. Observou-se que, tanto em situações práticas de acompanhamento de obras (como em Araucária), quanto em estudos laboratoriais em usina (como em Ilhéus), a aplicação de ensaios específicos foi capaz de indicar a conformidade ou não das misturas em relação aos parâmetros de projeto.

Os resultados revelam que falhas na aplicação ou ausência de padronização podem comprometer significativamente o desempenho da via, acarretando em maior suscetibilidade a fissuração, deformações permanentes e redução da vida útil. Por outro lado, a correta execução do controle, com monitoramento contínuo e sistemático, garante maior confiabilidade ao revestimento, além de otimizar recursos públicos e reduzir custos de manutenção.

Assim, fica evidente que o controle tecnológico deve ser entendido como processo contínuo, envolvendo desde a coleta de amostras em usina, ensaios laboratoriais (densidade, resistência, módulo resiliente) até verificações em campo (grau de compactação e conformidade com o projeto). A integração dessas etapas é fundamental para assegurar o desempenho estrutural e funcional da massa asfáltica, consolidando-se como prática indispensável na engenharia rodoviária contemporânea.

3. MÉTODO

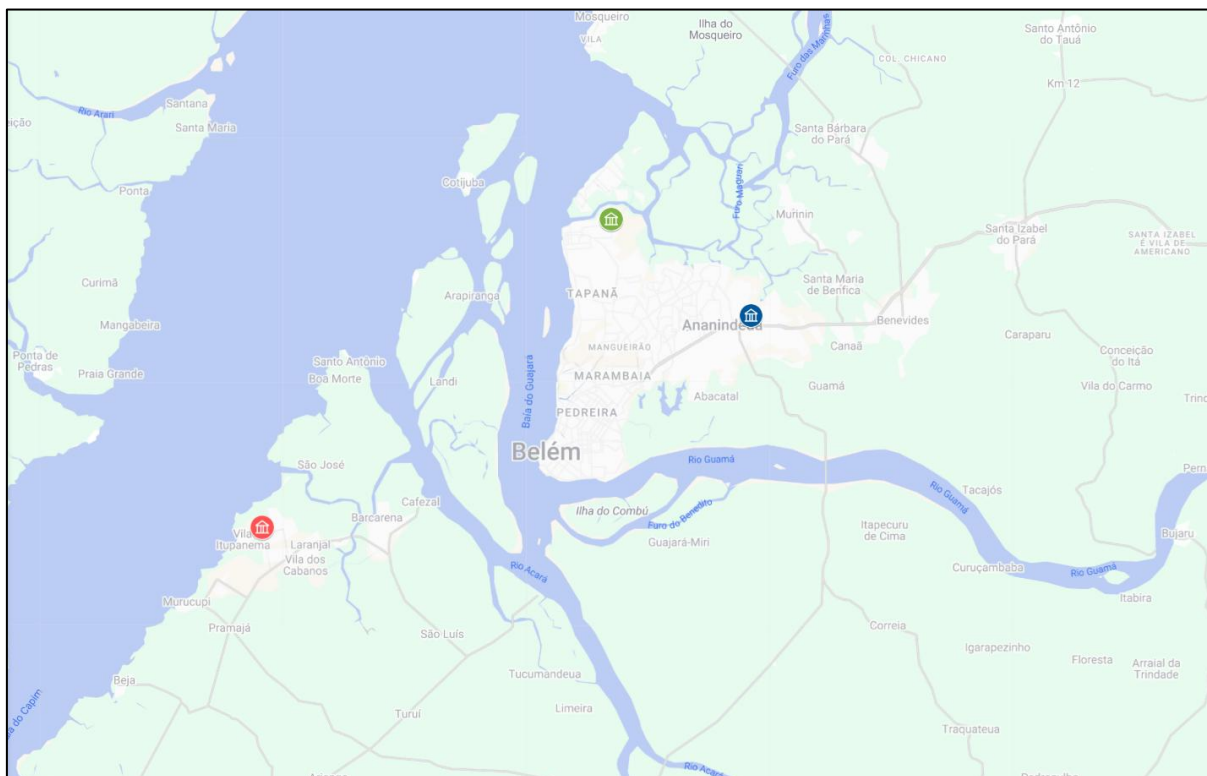
Neste capítulo serão apresentadas as características das vias em estudo, assim como o procedimento metodológico adotado para o desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente, será realizada a obtenção de dados junto à três usinas de asfalto localizada na Região Metropolitana de Belém, com o intuito de reunir as informações necessárias à caracterização das misturas asfálticas da Região metropolitana de Belém.

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho compreende o conjunto de usinas responsáveis pela produção de massa asfáltica utilizada na Região Metropolitana de Belém. Foram consideradas três unidades produtoras que atendem de forma direta e contínua à demanda de pavimentação urbana do município: a Usina Lucena situada no município de Marituba/PA, a Usina J.A/Construção presente no município de Barcarena/PA e a Usina Terraplena alocada no município de Belém/PA. Essas usinas representam parte significativa da capacidade produtiva da região, fornecendo mistura asfáltica para obras públicas e privadas, tanto em serviços de manutenção quanto em intervenções de maior porte.

A escolha dessas três unidades está relacionada à sua relevância operacional e ao volume expressivo de massa asfáltica distribuída nos últimos anos, o que permitiu analisar de forma consistente as características predominantes das misturas utilizadas no contexto urbano de Belém. É importante salientar que além dessas três usinas ainda existe outras usinas nesse mesmo padrão na região metropolitana de Belém. Abaixo, na figura 5 é possível observar de forma mais clara as posições territoriais de ambas as usinas.

Figura 5 - Localização das usinas analisadas.



Fonte: Acervo do autor

Do ponto de vista geográfico as usinas estão distribuídas em pontos estratégicos próximos às principais rotas de transporte, facilitando o deslocamento da massa asfáltica até os locais de aplicação e reduzindo o risco de perda de temperatura durante o transporte. Esse fator é essencial para manter a qualidade da mistura, considerando o clima quente e úmido da região amazônica, que influencia diretamente a produção e o comportamento da massa asfáltica.

Assim, a área de estudo é caracterizada não por uma única usina, mas por um conjunto de unidades que, em conjunto, representam o cenário real de produção de massa asfáltica em Belém. A análise integrada dessas três usinas permitiu compreender padrões produtivos, características predominantes da mistura e particularidades regionais que influenciam a formulação da massa asfáltica utilizada no município.

3.2. Descrição do Método

A descrição do método contempla as etapas de levantamento de dados e análises realizadas diretamente nas usinas de asfaltos localizada na Região Metropolitana de Belém.

Esses procedimentos permitem sistematizar as informações obtidas e estabelecer uma base sólida para a caracterização das misturas asfálticas produzidas na região.

3.2.1. Traços das misturas asfálticas produzidas

A caracterização dos traços foi realizada a partir das planilhas fornecidas pelas três usinas produtoras da Região Metropolitana de Belém. Nessas planilhas, constavam as porcentagens dos materiais utilizados na formulação das misturas, permitindo identificar as composições de cada unidade e comparar o padrão produtivo entre elas.

3.2.2. Procedência dos insumos e agregados utilizados

A procedência dos materiais foi obtida diretamente nos relatórios das usinas, que indicavam os municípios fornecedores de CAP, seixo, pedrisco, pó de brita e areia fina. A partir desses dados, foi possível mapear as origens dos insumos e compreender como a logística regional influencia a produção da massa asfáltica.

3.2.3. Volume de produção mensal (2024 e 2025)

Os volumes mensais e anuais de massa asfáltica foram levantados por meio das planilhas operacionais fornecidas pelas usinas. Esses dados permitiram analisar como a produção variou ao longo dos meses de 2024 e 2025 e identificar períodos de maior demanda, relacionando-os com fatores externos, como obras municipais e sazonalidade de serviços. Nos dados apresentados não foi possível identificar variações entre a massa asfáltica produzida para vias urbanas e rodovias, mas de acordo com os mesmos, a maioria da massa produzida foi designada a região metropolitana de Belém.

3.2.4. Produção por faixa granulométrica e tipo de ligante mais utilizado

As informações referentes às faixas granulométricas (B, C e D) e aos tipos de ligantes empregados foram extraídas dos relatórios técnicos disponibilizados pelas três usinas. A partir desses dados, foi calculada a distribuição percentual de cada faixa e identificada a predominância do uso do CAP 50/70 na região

3.2.5. Análise comparativa com traço de referência de outra região (Goiás/GO)

Para fins comparativos, foi coletado um traço de referência de uma usina localizada no estado de Goiás. Esse traço foi organizado em tabela e comparado diretamente com as composições observadas nas usinas de Belém, permitindo identificar diferenças de agregados, ligantes e escolhas produtivas entre as duas regiões.

3.2.6. Discursão integrada dos resultados

A etapa final consistiu na integração de todas as informações levantadas nos subitens anteriores. Essa análise consolidada permitiu interpretar os padrões produtivos das usinas, relacionar características da massa asfáltica com as condições regionais e compreender o comportamento geral das misturas utilizadas na pavimentação urbana de Belém

4. RESULTADOS

Antes da apresentação detalhada dos resultados, destaca-se que a pesquisa teve como foco a caracterização da massa asfáltica produzida por três usinas localizadas na Região Metropolitana de Belém. A partir das informações fornecidas pelas empresas, foram reunidos dados referentes aos traços de mistura empregados, à procedência dos agregados e do ligante asfáltico, aos volumes mensais de produção nos anos de 2024 e 2025 e à distribuição das misturas por faixa granulométrica. Esses elementos permitem compreender o comportamento produtivo das usinas e identificar diferenças relacionadas tanto à composição dos materiais quanto ao atendimento das demandas locais de pavimentação.

Além da análise da produção regional, também é apresentada, ao final deste capítulo, uma comparação com um traço utilizado em outra região do país, permitindo contextualizar as particularidades da massa asfáltica produzida em Belém frente às características de uma localidade com condições geográficas, climáticas e produtivas distintas.

Na sequência, apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos, organizados em subtópicos de forma a facilitar a análise técnica, a comparação entre as usinas e a compreensão do cenário produtivo de misturas asfálticas na região estudada.

4.1. Traços das misturas asfálticas produzidas

A composição dos traços utilizados pelas usinas analisadas apresenta diferenças significativas quanto à proporção dos agregados, ao teor de ligante asfáltico e ao consumo de combustível (Óleo combustível BPF - (Baixo Ponto de Fluidez)) empregado no processo de aquecimento. Essas variações refletem tanto a disponibilidade de materiais na região quanto a particularidades operacionais de cada empreendimento. A caracterização apresentada neste item considera exclusivamente os traços efetivamente utilizados na produção de massa asfáltica durante os anos de 2024 e 2025.

De forma geral, identificou-se predominância da utilização da utilização de misturas do tipo CBUQ Faixa **C**, compatível com pavimentação urbana, seguida da Faixa **B** em menor proporção e ausência de produção da faixa **D** nas três usinas. As

diferenças nos traços influenciam características como estabilidade, resistência ao desgaste, textura final e suscetibilidade à umidade, fatores determinantes para o desempenho do pavimento sem serviço. Abaixo, na tabela 1, é possível observar de forma clara o traço da usina 01.

Tabela 1 - Traço da Usina 01

Material	Percentual (%)
Seixo fino	40,00%
Pedrisco	19,10%
Pó de brita	27,00%
Areia fina	17,10%
CAP 50/70	5,00%
Consumo de BPF	8,0 L/ton

Fonte: Acervo do autor

O traço da usina 01 apresenta predominância de seixo fino (40%), caracterizando uma mistura relativamente aberta, com boa drenagem interna e estabilidade satisfatória. O teor de CAP utilizado (5,0%) está dentro da faixa típica para revestimentos urbanos na região Norte. A presença de 27% de pó de brita contribui para uma matriz mais densa, favorecendo maior resistência mecânica. O consumo de BPF (8 L/ton) indica eficiência térmica intermediária do processo produtivo. Diante disso, pode-se observar na tabela 2, o traço da usina 02.

Tabela 2 – Traço da usina 02

Material	Percentual (%)
Seixo fino	39,70%
Pedrisco	9,50%
Pó de brita	27,80%
Areia fina	17,80%
CAP 50/70	5,20%
Consumo de BPF	11,0 L/ton

Fonte: Acervo do autor

A Usina 02 apresenta composição muito semelhante à da Usina 01, com pequenas variações. O teor de CAP é ligeiramente superior (5,20%), o que tende a melhorar a coesão e a impermeabilidade, acompanhando o clima chuvoso de Belém. A proporção de pó de brita é um pouco maior (27,80%), reforçando a característica densa da mistura. O consumo de BPF é significativamente maior (11 L/t), sugerindo

menor eficiência no processo de aquecimento dos agregados ou diferenças na umidade natural do material recebido. Na tabela 3, é possível observar algumas semelhanças e diferenças dos traços anteriores.

Tabela 3 – Traço da usina 03

Material	Percentual (%)
Seixo fino	30,00%
Pedrisco	28,60%
Areia fina	36,50%
CAP 50/70	4,90%
Consumo de BPF	7,0 L/ton

Fonte: Acervo do autor

A Usina 03 possui traço consideravelmente diferente das demais, com maior proporção de areia fina (36,5%) e elevado teor de pedrisco (28,6%). A ausência de pó de brita gera uma mistura mais aberta e mais suscetível à ação da umidade, podendo exigir maior atenção em vias com tráfego intenso. O teor de CAP é o menor entre as usinas analisadas (4,9%), o que pode reduzir a durabilidade caso não seja compensado pelo controle rigoroso de compactação. Em contrapartida, a usina apresenta o menor consumo de BPF (7 L/t), indicando processo produtivo mais eficiente energeticamente. Por fim, na tabela 4, foi agrupado os três traços para observar suas diferenças.

Tabela 4 – Comparação dos traços entre as três usinas

Material	Usina 01	Usina 02	Usina 03
Seixo fino	40,00%	39,70%	30,00%
Pedrisco	10,90%	9,50%	28,60%
Pó de brita	27,00%	27,80%	0,00%
Areia fina	17,10%	17,80%	36,50%
CAP 50/70	5,00%	5,20%	4,90%
BPF (L/t)	8,0	11,0	7,0

Fonte: Acervo do autor

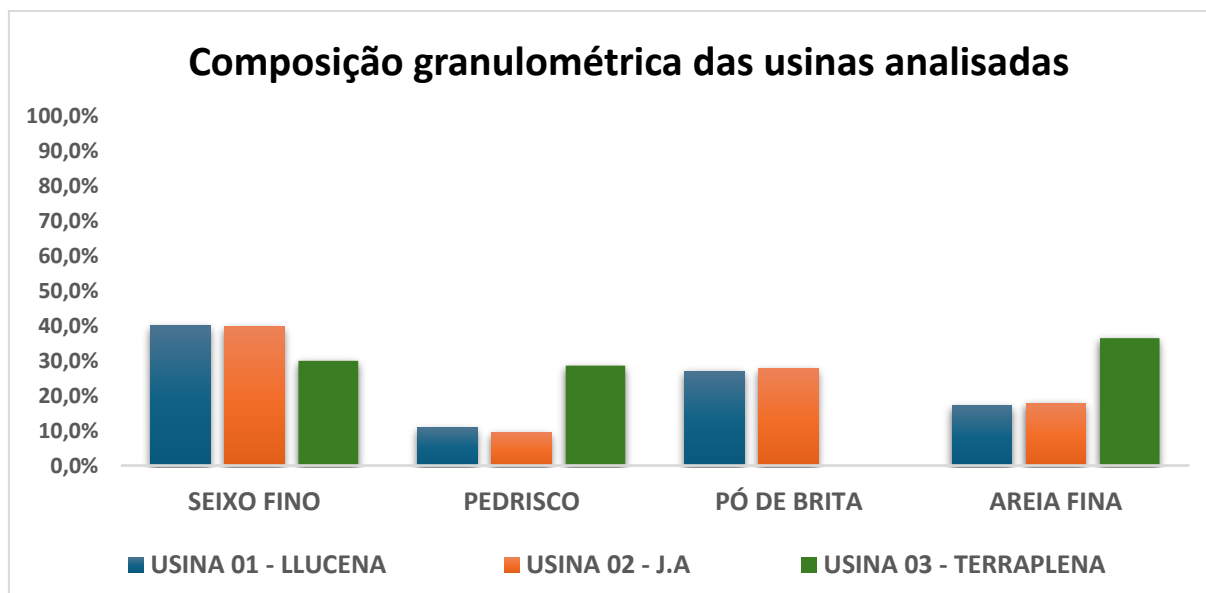
A partir da comparação apresentada na Tabela 5, observa-se que as Usinas 01 e 02 possuem composições extremamente semelhantes, com predominância de seixo fino (aproximadamente 40%) e proporções próximas de pó de brita, areia fina e pedrisco. Essa similaridade indica que ambas utilizam fontes de agregados com

características parecidas e seguem um padrão tradicional de CBUQ para pavimentação urbana.

Por outro lado, a Usina 03 apresenta um traço significativamente distinto, destacando-se pelo elevado teor de areia fina (36,5%) e pedrisco (28,6%), além da ausência total de pó de brita. Essa característica resulta em uma mistura mais arenosa e mais aberta, potencialmente mais suscetível a problemas relacionados à umidade e à falta de coesão, caso não haja controle rigoroso de compactação. O teor de CAP também é o menor entre as três usinas (4,9%), o que reforça a necessidade de maior atenção quanto à durabilidade em serviço.

Em relação ao consumo de BPF, as diferenças são marcantes: enquanto a Usina 03 apresenta o menor consumo (7 L/t), indicando maior eficiência energética, a Usina 02 possui o maior valor (11 L/t), possivelmente associado à umidade dos agregados, às condições de operação ou à eficiência do queimador. Na figura 6. Consegue-se observar as composições granulométricas de cada traço das usinas analisadas.

Figura 6 – Composição granulométrica das usinas analisadas



Fonte: Acervo do autor

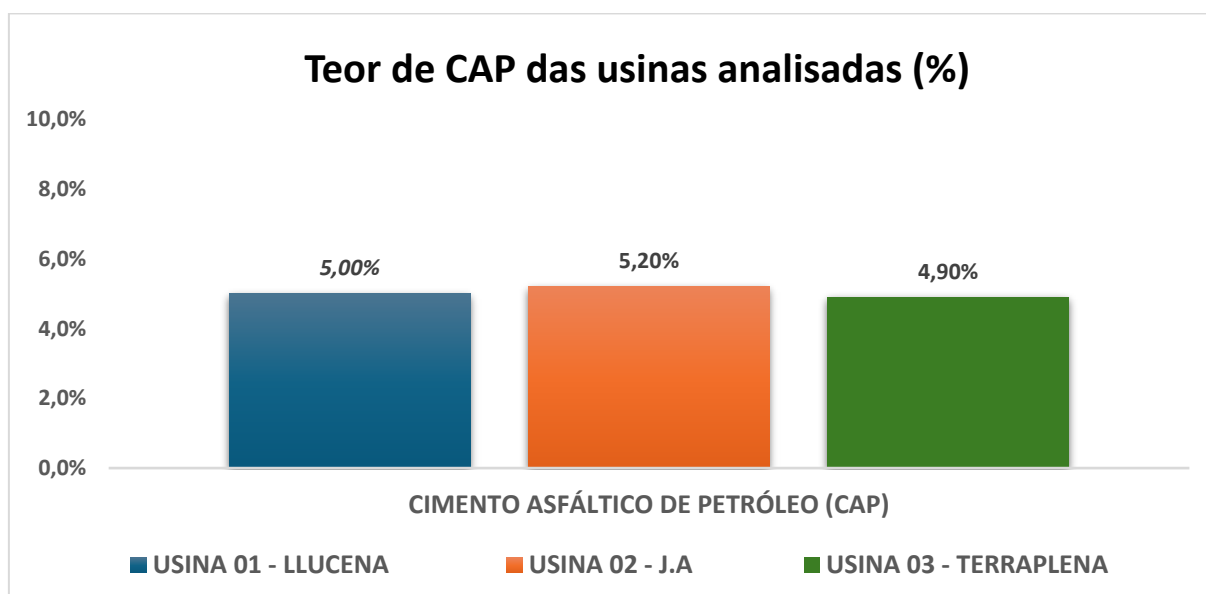
O Gráfico 1 apresenta a comparação da composição granulométrica das misturas asfálticas produzidas pelas três usinas analisadas. Observa-se que as Usinas 01 e 02 possuem traços muito semelhantes, com predominância do seixo fino

(aproximadamente 40%) e proporções equilibradas entre pó de brita e areia fina. Essa distribuição indica misturas de granulometria densa, adequadas para revestimentos urbanos sujeitos a tráfego moderado.

Por outro lado, a Usina 03 apresenta um traço significativamente distinto, caracterizado por maior teor de areia fina (36,5%) e pedrisco (28,6%), além da ausência completa de pó de brita. Essa configuração tende a gerar uma mistura mais aberta e mais suscetível à ação da umidade, podendo demandar maior controle de compactação e de teor de ligante para garantir desempenho adequado em campo.

De forma geral, as diferenças observadas refletem tanto a disponibilidade regional de agregados quanto as particularidades operacionais das usinas, influenciando diretamente o comportamento mecânico da massa asfáltica, especialmente no que se refere à estabilidade, resistência ao desgaste e durabilidade do pavimento. Já na figura 7, é mostrado o teor de CAP em cada mistura.

Figura 7 - Teor de CAP (%) das misturas produzidas pelas usinas analisadas



Fonte: Acervo do autor

O Gráfico 02 apresenta o teor de CAP das misturas produzidas pelas três usinas. Os valores variam entre 4,90% e 5,20%, evidenciando uniformidade no ligante utilizado nas misturas da região metropolitana de Belém. A usina 02 apresenta maior teor (5,20%), seguida da usina 01 (5,00%). A usina 03 possui o menor valor (4,90%).

Apesar das pequenas diferenças, todas as misturas permanecem dentro da faixa típica para CBUQ aplicado em revestimentos urbanos.

De modo geral, os resultados mostram que as misturas asfálticas produzidas na região metropolitana de Belém apresentam características semelhantes entre si, com predominância de agregados naturais locais, como seixo fino, pedrisco, pó de brita e areia fina. As Usinas 01 e 02 possuem composições muito próximas, enquanto a Usina 03 se diferencia pela ausência de pó de brita e maior uso de areia fina, resultando em uma granulometria mais aberta. Ainda assim, o teor de CAP permanece dentro de uma faixa homogênea, evidenciando uma padronização adequada na dosagem do ligante.

Essa caracterização inicial permite compreender o perfil dos materiais utilizados na produção da massa asfáltica da região, destacando particularidades entre as usinas e evidenciando a influência dos agregados locais na formação dos traços. Os gráficos apresentados reforçam essas observações e auxiliam na visualização das diferenças e semelhanças entre os traços produzidos.

4.2. Procedência dos insumos e agregados utilizados

A produção da massa asfáltica na região metropolitana de Belém está diretamente relacionada à disponibilidade e à localização dos insumos utilizados pelas usinas. Como grande parte dos agregados empregados nos traços é proveniente de municípios do interior do Pará, compreender a origem desses materiais e a distribuição geográfica dos fornecedores é fundamental para caracterizar o processo produtivo regional.

A análise espacial da procedência dos insumos permite visualizar não apenas onde cada material é extraído, mas também a relação logística entre as fontes fornecedoras e as usinas responsáveis pela produção da mistura asfáltica. A representação cartográfica desses pontos possibilita identificar distâncias, rotas de abastecimento e eventuais concentrações geográficas, contribuindo para uma compreensão mais clara das particularidades dos materiais utilizados na região. Na figura 8 é apresentada a localização das usinas de produção asfáltica e dos fornecedores de insumos e agregados considerados neste estudo.

Figura 8 - Localização geográfica das usinas e fornecedores



Fonte: Acervo do autor

A análise da Figura 8 evidencia que os principais fornecedores de agregados minerais, como seixo, pedrisco, areia e pó de brita, encontram-se localizados a distâncias consideráveis das usinas de produção, onde temos as Seixeira e fornecedores de areia com distância superior a 100 km e o fornecedor de pó de brita com distância superior a 200 km. Em contrapartida, os fornecedores de insumos asfálticos, especialmente o ligante asfáltico (CAP), estão situados em áreas mais próximas das usinas, concentrando-se principalmente na Região Metropolitana de Belém. Essa diferença espacial evidencia a dependência regional de jazidas localizadas no interior do estado para o suprimento de agregados, enquanto o fornecimento do ligante apresenta maior proximidade logística.

Com base nas localizações de cada usina e fornecedor, foi possível consolidar as principais rotas dos fornecedores responsáveis pelo abastecimento das três usinas.

A tabela 5 reúne todas essas informações, sintetizando a origem dos insumos e agregados no processo de produção da massa asfáltica.

Tabela 5 – Principais fornecedores de insumos e respectivas usina atendidas

Usina	Insumo e agregado	Fornecedor	Local de origem
USINA 01 - LUCENA	CAP	EMAM	Marituba – PA
		CBA	
	Seixo fino e Pedrisco	Seixeira Aurora	Ourém - PA
	Pó de brita	Mineração caeté	Tracuateua - PA
USINA 02 – J. A	CAP	EMAM	Marituba – PA
		CBA	
	Seixo fino e Pedrisco	Seixeira Aurora	Ourém - PA
	Pó de brita	Mineração caeté	Tracuateua - PA
USINA 03 - TERRAPLENA	CAP	EMAM	Marituba – PA
		CBA	
	Seixo fino, areia e pedrisco	Seixeira São José e Vasques	Ourém - PA

Fonte: Acervo do autor

A consolidação dos dados apresentados nas rotas permitiu identificar de forma objetiva a origem dos insumos utilizados pelas três usinas analisadas. A Tabela 5 sintetiza essas informações, reunindo os principais fornecedores, tipos de materiais e respectivos locais de extração, o que facilita a visualização das diferenças e semelhanças no abastecimento de cada unidade.

Esse mapeamento é relevante para a análise das características da massa asfáltica, uma vez que a qualidade e a procedência dos insumos influenciam diretamente o comportamento do material produzido. Assim, o conjunto das rotas e da tabela oferece um panorama claro do processo de suprimento, servindo de base para a compreensão dos resultados apresentados nas etapas seguintes.

4.3. Volume de produção mensal (2024 e 2025)

O volume de produção das usinas representa um indicador fundamental para a compreensão do comportamento operacional e da disponibilidade de massa asfáltica ao longo do período analisado. A avaliação dos dados de 2024 e 2025 permite identificar tendências, variações sazonais e possíveis diferenças de produtividade

entre unidades, contribuindo para a análise das características da massa asfáltica produzida e de sua relação com aspectos logísticos e operacionais.

4.3.1. Produção mensal detalhada por usina

A seguir, são apresentados os volumes mensais de produção das três usinas avaliadas no período de 2024 e 2025. Os dados são organizados individualmente por unidade, possibilitando a observação de padrões de operação, períodos de maior demanda e eventuais oscilações ao longo dos meses. Na tabela 6 e 7, é apresentado o volume total das três usinas em cada mês dos anos de 2024 e 2025, com isso é possível observar os meses com maior volume de produção.

Tabela 6 - Produção mensal total de massa asfáltica das três usinas (2024)

Mês	Usina 01 – Lucena (t)	Usina 02 – J.A (t)	Usina 03 – Terraplena (t)	Total Mensal (t)
Janeiro	0,00	214,25	450,10	664,35
Fevereiro	0,00	402,55	630,50	1033,05
Março	249,35	362,45	485,20	1097,00
Abril	433,26	547,80	1850,20	2831,26
Maio	15,36	621,25	2558,50	3195,11
Junho	125,50	1210,60	3855,20	5191,30
Julho	5796,69	1985,40	4555,85	12337,94
Agosto	4940,41	4742,75	4857,20	14540,36
Setembro	2954,87	3564,10	4998,20	11517,17
Outubro	1385,89	3310,85	3857,25	8553,99
Novembro	1351,46	1786,20	2558,10	5695,76
Dezembro	1413,00	1402,28	1551,25	4366,53

Fonte: Acervo do autor

Tabela 7 - Produção mensal total de massa das três usinas (2025)

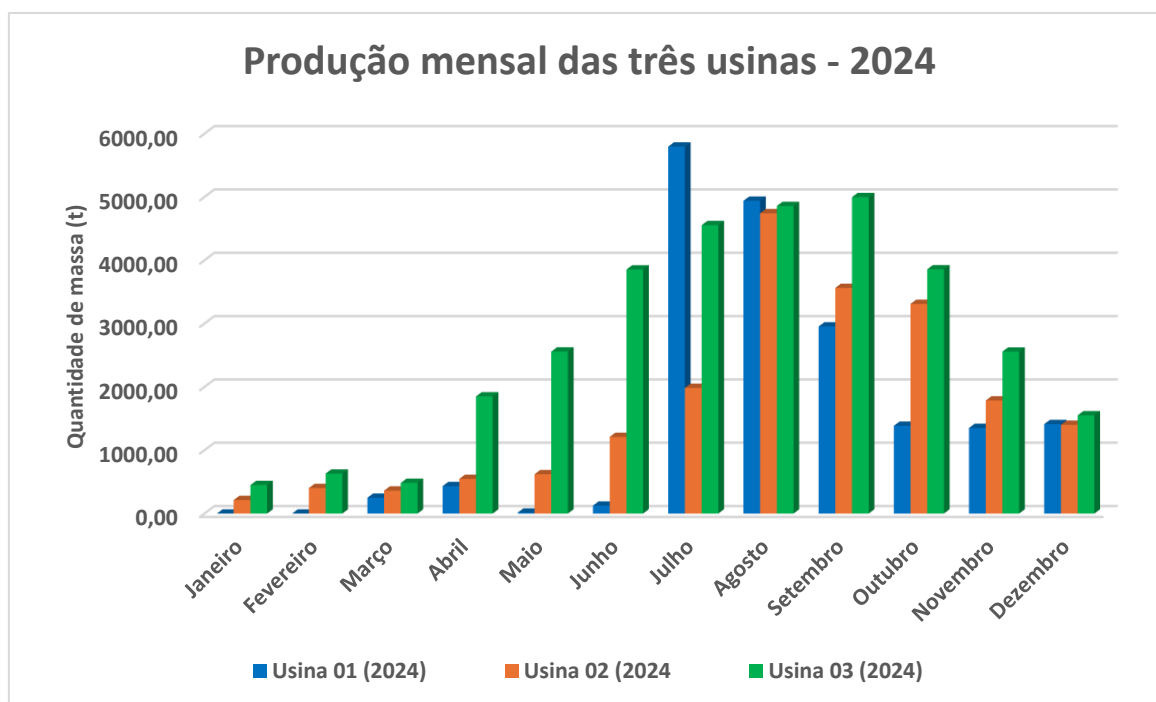
Mês	Usina 01 – Lucena (t)	Usina 02 – J.A (t)	Usina 03 – Terraplena (t)	Total Mensal (t)
Janeiro	960,20	1124,60	1008,20	3093,00
Fevereiro	1265,24	1358,90	2558,20	5182,34
Março	2181,06	1825,30	1558,30	5564,66
Abril	2108,13	2110,75	1558,20	5543,88
Maio	2023,63	2378,50	1325,00	6382,43
Junho	1799,19	2655,10	1980,30	5934,29
Julho	2145,56	2810,45	1480,00	5941,01
Agosto	1915,30	2935,80	985,00	6106,10
Setembro	1921,32	2672,20	1005,00	5598,52

Fonte: Acervo do autor (2024 – 2025)

As Tabelas 6 e 7 apresentam a consolidação dos volumes mensais de produção de massa asfáltica das três usinas analisadas nos anos de 2024 e 2025, incluindo a soma total produzida em cada mês. A organização dos dados em forma tabular permite visualizar de maneira objetiva a contribuição individual de cada usina e o volume total mensal, facilitando a identificação dos períodos de maior e menor produção ao longo do intervalo analisado.

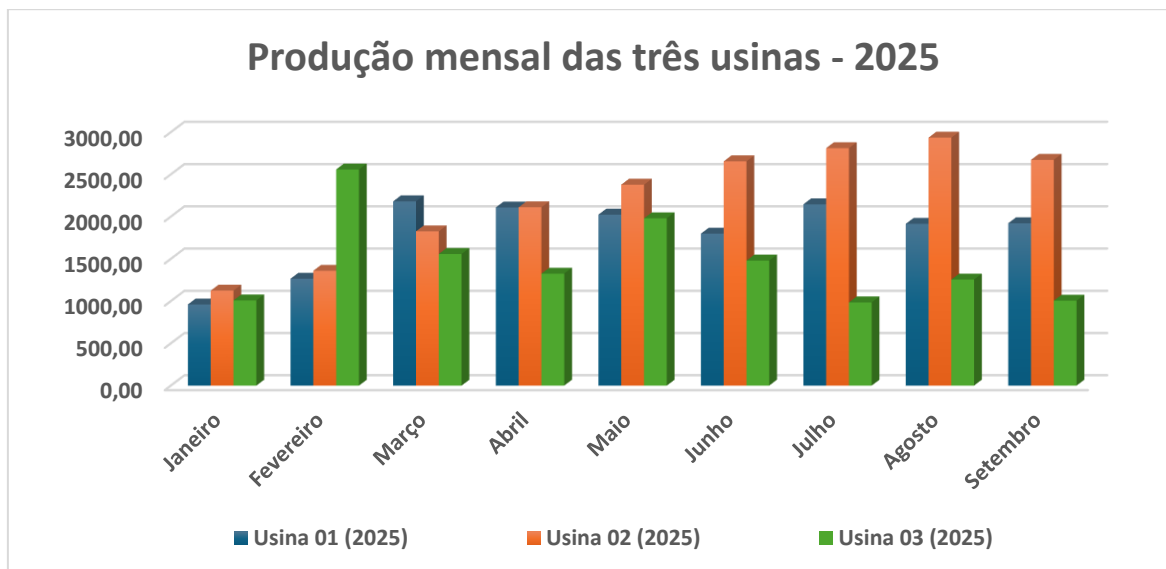
Essas informações numéricas servem como base quantitativa para a interpretação gráfica das figuras 9 e 10 apresentada na sequência, permitindo uma leitura direta dos valores absolutos e assegurando maior clareza na análise comparativa entre os meses e entre os anos estudados.

Figura 9 - Produção Mensal de massa asfáltica produzidas nas usinas no ano de 2024



Fonte: Acervo do autor (2024 – 2025)

Figura 10 - Produção Mensal de massa asfáltica produzidas nas usinas no ano de 2025



Fonte: Acervo do autor (2024 – 2025)

A análise da produção mensal das três usinas no ano de 2024 evidencia aumentos relevantes especialmente nos meses de junho a setembro. Esse comportamento está associado ao contexto político do município de Belém, uma vez que anos eleitorais tendem a intensificar a execução de obras públicas, ampliando a demanda por pavimentação. Observa-se que, nesse período, todas as usinas apresentaram picos consideráveis de produção, com destaque para a Usina 01 nos meses de julho e agosto, enquanto a Usina 03 manteve níveis elevados de forma mais contínua ao longo do segundo semestre.

Em 2025, por outro lado, a produção mensal foi influenciada por fatores distintos. A preparação da cidade de Belém para sediar a COP 30 resultou na intensificação de frentes de serviços e intervenções urbanísticas. Esse cenário contribuiu para uma distribuição mais uniforme de produção ao longo dos primeiros nove meses do ano, com menores oscilações entre os meses quando comparado a 2024. Nota-se que as usinas operaram em patamares elevados desde o início do ano, especialmente a Usina 02, que apresentou desempenho superior na maior parte dos meses avaliados.

Além desses elementos, a variação mensal também foi afetada pelo regime climático característico da região Norte. Os meses correspondentes ao inverno amazônico (geralmente entre dezembro e maio) registraram, em ambos os anos,

reduções relativas na produção, o que pode ser atribuído à maior dificuldade operacional associada ao período chuvoso, que impacta tanto o ritmo de obras quanto o transporte de agregados e insumos.

Assim, a leitura conjunta dos gráficos permite compreender o comportamento produtivo das três usinas sob a influência de fatores externos associados ao ciclo político, condições climáticas e demandas excepcionais, sem ainda considerar a consolidação anual ou as variações sazonais, que serão discutidas nos subitens seguintes

4.3.2. Produção anual total

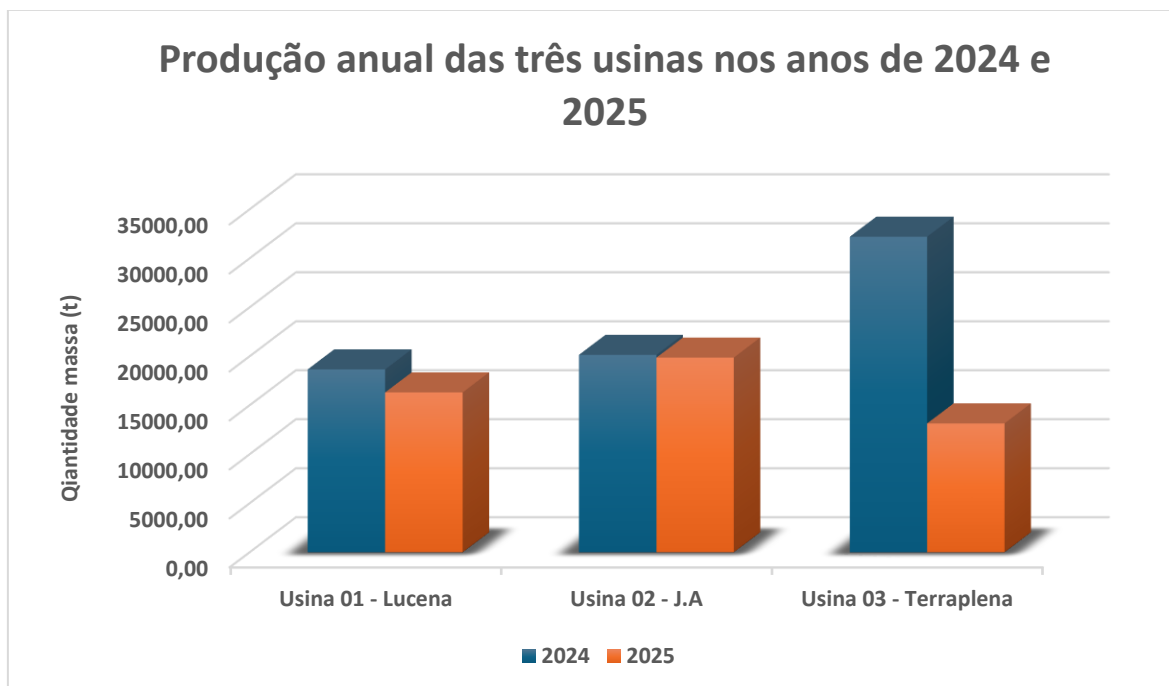
Para apresentar a análise mensal apresentada no item anterior, este subitem apresenta a consolidação dos valores anuais de produção das três usinas no período de 2024 e 2025. A avaliação dos totais permite identificar diferenças gerais no volume produzido por cada unidade, possibilitando a comparação entre dois anos e a verificação do impacto de fatores externos sobre a demanda por massa asfáltica. A tabela 6 e a figura 24 sintetizam esses resultados.

Tabela 8 – Produção anual das três usinas nos anos de 2024 e 2025.

Usina	Total 2024 (t)	Total 2025 (t)
Usina 01 – Lucena	18.665,79	16.319,63
Usina 02 – J. A	20.150,48	19.871,60
Usina 03 - Terraplina	32.207,55	13.155,00

Fonte: Acervo do autor (2024 – 2025)

Figura 11 – Produção anual das três usinas nos anos de 2024 e 2025.



Fonte: Acervo do autor (2024 – 2025)

A análise anual mostra que o ano de 2024 apresentou volumes expressivos de produção para todas as usinas, influenciados pelo contexto político do município de Belém, que historicamente intensifica a realização de obras públicas em períodos eleitorais. Nesse ano, destaca-se a Usina 03, que atingiu 32.207,55 t, enquanto as usinas 01 e 02 registraram 18.665,79 t e 20.150,48 t, respectivamente.

Em 2025, observa-se manutenção de demanda elevada, porém com comportamento distinto entre as unidades. A preparação da cidade para a COP 30 contribuiu para a continuidade de obras e serviços de pavimentação, refletida na relativa estabilidade da produção da Usina 02 e na redução moderada da Usina 01. A Usina 03, por sua vez, apresentou queda acentuada, totalizando 13.155,00 t, possivelmente em razão da redistribuição de demandas ou diferentes estratégias operacionais entre as empresas envolvidas.

De modo geral, os totais anuais evidenciam que o período analisado foi marcado por forte atividade na área de pavimentação, impulsionada por fatores políticos e por demandas estruturais associadas à COP 30, elementos que impactam diretamente o volume produzido por cada unidade.

4.3.3. Considerações finais sobre o volume de produção

A análise conjunta da produção mensal e anual das três usinas possibilita compreender, de maneira integrada, como fatores externos e operacionais influenciaram o volume total de massa asfáltica disponibilizada nos anos de 2024 e 2025. Observou-se que 2024 apresentou elevação significativa de demanda, impulsionada pelo contexto político local, enquanto 2025 manteve volumes elevados em função das obras e intervenções associadas à preparação de Belém para sediar a COP 30.

De modo geral, as diferenças entre as usinas refletem tanto sua capacidade produtiva quanto a distribuição das frentes de serviço ao longo do período analisado. A Usina 03 apresentou os maiores valores em 2024, enquanto a Usina 02 manteve desempenho mais estável entre os dois anos. A Usina 01, por sua vez, apresentou variações moderadas, acompanhando a redistribuição das demandas operacionais.

Esses resultados fornecem uma visão global da dinâmica de produção das usinas, permitindo compreender como a disponibilidade de insumos, a organização das obras e o contexto externo interferem no volume final de massa asfáltica fabricada. As informações apresentadas neste item servem de base para as discussões seguintes, que abordam com maior profundidade as características da massa produzida e sua relação com o desempenho dos pavimentos urbanos da região metropolitana de Belém.

4.4. Produção por faixa granulométrica e tipo de ligante mais utilizado.

A caracterização da massa asfáltica produzida pelas usinas da região metropolitana de Belém envolve, entre outros aspectos, a identificação das faixas granulométricas predominantes e do tipo de ligante asfáltico utilizado na formulação dos traços. Esses elementos influenciam diretamente o comportamento mecânico da mistura, determinando parâmetros como durabilidade, resistência ao tráfego, flexibilidade e desempenho frente às condições climáticas da região amazônica. As tabelas 7 e 8 apresentam a distribuição percentual das faixas granulométricas e os tipos de ligantes empregados.

4.4.1. Tabela de faixas granulométricas utilizadas.

A seguir, apresenta-se a tabela 7, que reúne as principais informações referentes a distribuição de faixa granulométrica das usinas de asfalto analisadas.

Tabela 9 – Distribuição percentual das faixas granulométricas utilizadas pelas três usinas.

Usinas	Faixa B (%)	Faixa C (%)	Faixa D (%)
Usina 01 - Lucena	3,78%	96,22%	0,0%
Usina 02 - J. A	1,88%	98,22%	0,0%
Usina 03 - Terraplina	0,0%	100,0%	0,0%

Fonte: Acervo do autor (2024 – 2025)

4.4.2. Tabela do tipo de ligante utilizado.

Na tabela 8, são reunidas as principais informações referentes a distribuição a distribuição percentual do tipo de CAP utilizado nas usinas analisadas.

Tabela 10 – Distribuição percentual do tipo de CAP utilizados pelas usinas

Usinas	CAP 50/70	CAP 30/45	CAP Modificado
Usina 01 - Lucena	100%	0%	0%
Usina 02 - J. A	100%	0%	0%
Usina 03 - Terraplina	100%	0%	0%

Fonte: Acervo do autor (2024 – 2025)

4.4.3. Análise técnica.

Os resultados apresentados indicam forte padronização na produção de massa asfáltica pelas usinas analisadas, com predominância absoluta da faixa granulométrica C, cuja participação supera 96% em todas as unidades. Esse comportamento evidencia que a produção regional está concentrada em misturas destinadas principalmente às camadas de rolamento de vias urbanas. A faixa C proporciona um equilíbrio adequado entre estabilidade, trabalhabilidade e durabilidade, resultante da boa distribuição dos tamanhos dos agregados. Além disso, a faixa C favorece uma estrutura densa, com menor índice de vazios excessivos, contribuindo para a redução da permeabilidade e para o melhor desempenho frente às ações do tráfego e das condições climáticas, como altas temperaturas e elevada umidade. Dessa forma, sua aplicação se destaca como uma solução técnica eficiente

e economicamente viável para a pavimentação asfáltica. É importante também ressaltar que o concreto asfáltico analisado é normalmente aplicado nos centros urbanos de Belém, em vias arteriais e coletoras, por se tratar de um material mais nobre, essa massa asfáltica é aplicada normalmente em vias mais importantes da cidade.

A participação da faixa B é residual, observada apenas nas usinas 01 e 02, representando menos de 4% da produção total. Esses valores indicam que sua utilização ocorre de forma pontual, associada a demandas específicas, sem relevância significativa no volume global produzido.

Não foi registrada produção da faixa D nas três usinas avaliadas, demonstrando que, no período analisado, não houve demanda operacional para misturas de granulometria mais fina ou aplicações diferenciadas

4.4.4. Síntese dos resultados obtidos

A análise comparativa das três usinas avaliadas evidencia um padrão produtivo consolidado na Região Metropolitana de Belém, caracterizado pelo uso predominante da faixa granulométrica C e do ligante CAP 50/70. Esses resultados demonstram que as unidades operam de forma alinhada às recomendações normativas vigentes (DNIT, ABNT e DNIT 031/2024-ES), priorizando misturas convencionais adequadas às demandas urbanas.

A baixa ocorrência da faixa B nas usinas 01 e 02 reforça seu uso restrito a ajustes específicos ou intervenções pontuais, enquanto a ausência da faixa D nas três unidades indica que estas não atendem, de forma rotineira, a aplicações que exijam granulometria fina ou revestimentos delgados, conforme previsto na DNIT 031/2024-ES para traços de TNM 9,5 mm.

A uniformidade observada no uso do CAP 50/70 evidencia uma padronização regional associada às características climáticas da Amazônia, onde altas temperaturas e umidade demandam ligantes de maior estabilidade térmica e boa resistência ao amolecimento. Esse comportamento homogêneo entre as usinas indica maturidade operacional e adequação técnica às condições locais.

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que as usinas analisadas possuem capacidade produtiva consolidada e compatível com o tipo de pavimentação

predominante na região, evidenciando coerência entre prática operacional e recomendações normativas.

4.5. Análise comparativa com traço de referência de outra região (Goiás/GO)

Com o objetivo de compreender como a produção de massa asfáltica varia entre diferentes regiões do país, foi realizada uma comparação entre os traços utilizados pelas usinas da Região Metropolitana de Belém e o traço aplicado por uma usina localizada no estado de Goiás. Essa análise busca identificar diferenças na escolha dos ligantes, granulometrias e tipos de agregados empregados, considerando que cada região possui características próprias de clima, disponibilidade de materiais e demandas de pavimentação.

A comparação é importante porque evidencia como fatores locais influenciam diretamente na formulação das misturas asfálticas. Ao analisar esses aspectos lado a lado, é possível compreender por que determinados materiais são mais comuns em uma região do que em outra e como isso afeta o desempenho esperado das misturas.

A seguir, na tabela 9 apresenta-se as diferenças entre os traços do Pará e o traço de referência de Goiás, seguida de uma discussão simplificada sobre os principais pontos observados.

Tabela 11 – Traço utilizado pela usina de Goiás/GO

Faixa C		Faixa B	
Quantidade (%)	Material	Quantidade (%)	Material
4,85%	CAP 60/85 – E	4,60%	CAP 30/45
9,50%	Brita 3/4"	26,71%	Brita 3/4"
31,40%	Brita 1/2"	28,62%	Brita 3/8"
40,00%	Pó de pedra	34,34%	Pó de pedra
14,20%	Areia na Natural	5,72%	Calcário

Fonte: Acervo do autor

E Por fim, pode se observar na tabela 10 um resumo geral dos ligantes, faixas e agregados mais utilizados na usinagem de asfalto na região metropolitana de Belém.

Tabela 12 – Resumo geral do traço utilizado pelas usinas da Região Metropolitana de Belém.

Características	Resumo do Pará
-----------------	----------------

Ligante	100% CAP 50/70
Faixa mais usada	Faixa C
Agregados principais	Seixo fino, pedrisco, pó de brita e areia fina

Fonte: Acervo do autor

Ao comparar o traço utilizado pela usina de Goiás com o resumo geral das usinas da Região Metropolitana de Belém, observamos diferenças claras na composição dos agregados e na escolha dos ligantes. Enquanto o Pará utiliza predominantemente seixo fino, pedrisco, pó de brita e areia fina, formando um traço mais fechado e adequado ao revestimento urbano, o traço de Goiás é composto principalmente por britas de diferentes granulometrias e por pó de pedra, como mostrado na Tabela 10. Essa diferença ocorre principalmente devido à disponibilidade de materiais em cada região: no Centro-Oeste há maior oferta de rocha britada, enquanto no Pará o uso de seixo natural é mais comum (BERNUCCI et al., 2010).

Outra distinção importante é o tipo de ligante. No Pará, há uma padronização total no uso do CAP 50/70, empregado em 100% da produção das três usinas analisadas. Já em Goiás, o traço apresenta CAP 60/85-E na Faixa C e CAP 30/45 na Faixa B, permitindo variar a rigidez da mistura conforme a necessidade da obra. Essa flexibilidade no uso do ligante está relacionada às condições climáticas e à disponibilidade regional, uma vez que regiões mais secas podem utilizar ligantes com faixas de penetração diferentes sem comprometer a trabalhabilidade (DNIT, 2024).

De modo geral, os traços do Pará apresentam maior uniformidade com predominância absoluta da Faixa C, enquanto Goiás trabalha tanto com Faixa C, quanto com Faixa B. Isso mostra que cada região adapta sua produção às características locais.

4.6. Discursão integrada dos resultados

A análise integrada dos resultados permite compreender como diferentes aspectos da produção influenciam as características da massa asfáltica utilizada nas vias urbanas de Belém. Observando de forma conjunta os traços empregados, a procedência dos insumos, os volumes de produção e a distribuição granulométrica das misturas, é possível identificar um padrão regional bem definido entre as três usinas avaliadas.

Primeiramente, verificou-se uma uniformidade significativa na composição dos traços, especialmente entre as Usinas 01 e 02, que apresentaram proporções muito próximas de seixo fino, pedrisco, pó de brita e areia fina. Essa semelhança reflete a disponibilidade dos materiais na região metropolitana e o uso consolidado de agregados naturais provenientes principalmente de Ourém, Tracuateua e São Domingos do Capim. A Usina 03, por outro lado, apresentou um traço mais arenoso e com ausência de pó de brita, o que evidencia uma variação natural entre fornecedores e práticas operacionais, mas que ainda permanece dentro do padrão de misturas amplamente utilizadas em pavimentação urbana.

Outro ponto que se destaca é o uso exclusivo do CAP 50/70 por todas as usinas analisadas. Esse comportamento reforça uma padronização regional nas práticas produtivas, associada tanto ao clima quente e úmido da Amazônia quanto às características das vias urbanas, que geralmente demandam misturas convencionais e de aplicação rápida. A ausência de CAP 30/45 ou CAP modificado nas três unidades indica um foco produtivo voltado para obras de rotina, onde não há exigência de ligantes de maior rigidez ou desempenho diferenciado.

No que diz respeito às faixas granulométricas, a predominância absoluta da Faixa C na produção de massa asfáltica da região demonstra que as usinas concentram sua operação na mistura mais utilizada em vias urbanas no Brasil. A Faixa B apareceu apenas de forma residual em duas usinas, enquanto a Faixa D não foi produzida em nenhuma unidade. Esses resultados mostram que a produção local é direcionada principalmente para atender obras de revestimento convencional, sem grande presença de aplicações especiais ou camadas muito delgadas, que são típicas de Faixa D.

A análise da procedência dos insumos reforça esse cenário. Como os agregados são obtidos em locais relativamente distantes — alguns acima de 200 km da usina —, a logística influencia diretamente na composição das misturas, na umidade natural dos materiais e, conseqüentemente, no consumo de BPF de cada unidade. Essa relação explica, por exemplo, o consumo mais elevado da Usina 02 e o menor consumo da Usina 03, que apresentou traço mais arenoso e menor teor de CAP.

Os dados de produção mensal e anual evidenciaram que fatores externos, como período eleitoral e preparação da cidade para a COP 30, impactaram diretamente o volume produzido pelas usinas. Mesmo assim, o padrão de mistura se

manteve extremamente constante, o que reforça a ideia de que a caracterização da massa asfáltica de Belém é fortemente marcada pela estabilidade das práticas produtivas, independentemente de oscilações na demanda.

Por fim, a comparação com o traço utilizado na usina de Goiás mostrou como fatores regionais influenciam a formulação das misturas. Enquanto Belém trabalha com agregados naturais e ligante único, o traço de Goiás utiliza britas de diferentes tamanhos e dois tipos de CAP, resultando em uma mistura mais graúda e com maior flexibilidade de aplicação. Essa comparação reforça que as características da massa asfáltica produzida em Belém não estão associadas apenas a critérios técnicos, mas também à realidade de matéria

is disponíveis, logística e condições climáticas.

De maneira geral, a integração dos resultados revela que a massa asfáltica produzida na Região Metropolitana de Belém apresenta padrões bem definidos, estabilidade produtiva e adequação às necessidades das vias urbanas locais. Essa uniformidade contribui para um processo de pavimentação mais previsível, com menor variação de comportamento entre obras e maior consistência estrutural no revestimento aplicado.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar as misturas asfálticas produzidas por usinas localizadas na Região Metropolitana de Belém, considerando aspectos como composição dos traços, procedência dos insumos, faixas granulométricas empregadas, tipo de ligante utilizado e volume de produção. A análise foi conduzida a partir de dados reais fornecidos por três usinas atuantes na região, permitindo a construção de um panorama representativo da produção de massa asfáltica utilizada nas vias urbanas do município.

5.1. Síntese dos principais resultados.

A partir dos resultados obtidos, foi possível constatar que há uma padronização significativa na produção das misturas, especialmente no que se refere à predominância do uso do CBUQ Faixa C e do ligante CAP 50/70, adotados de forma praticamente exclusiva pelas usinas analisadas. Essa uniformidade indica a adequação das misturas às condições típicas de pavimentação urbana de Belém, caracterizadas por tráfego moderado e influência marcante do clima quente e úmido da região amazônica.

Apesar dessa padronização geral, observou-se que existem diferenças relevantes na composição granulométrica dos traços, principalmente em relação à proporção dos agregados e à presença ou ausência de pó de brita. As Usinas 01 e 02 apresentaram traços bastante semelhantes, com misturas mais densas e maior equilíbrio entre os agregados, enquanto a Usina 03 se diferenciou por um traço mais arenoso e aberto, o que pode influenciar diretamente o comportamento da mistura quanto à suscetibilidade à umidade e à durabilidade em serviço.

A análise da procedência dos insumos evidenciou que a produção de massa asfáltica na região depende fortemente de agregados oriundos de municípios do interior do estado do Pará, resultando em longas distâncias de transporte. Esse fator logístico exerce influência tanto nos custos de produção quanto nas condições operacionais das usinas, reforçando a importância do planejamento logístico e do controle tecnológico ao longo de todo o processo produtivo.

Quanto ao volume de produção, os resultados demonstraram que fatores externos exercem influência direta sobre a demanda por massa asfáltica, como o

contexto político local e a realização de grandes eventos, a exemplo das obras associadas à preparação de Belém para sediar a COP 30. Além disso, o regime climático regional também se mostrou determinante, com reduções de produção nos períodos de maior índice pluviométrico.

De modo geral, os resultados obtidos permitiram alcançar o objetivo proposto, fornecendo um registro técnico sistematizado das características da massa asfáltica produzida na Região Metropolitana de Belém. O estudo contribui para o entendimento dos padrões produtivos regionais, servindo como base para futuras análises de desempenho e para o aprimoramento das práticas de produção e controle da pavimentação urbana local.

5.2. Sugestões Para Trabalhos Futuros.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros:

- Avaliação de desempenho mecânico das misturas asfálticas analisadas, por meio da realização de ensaios laboratoriais, como módulo resiliente, resistência à tração por meio de compressão diametral e deformação permanente, a fim de correlacionar as características dos traços com comportamento estrutural do pavimento.
- Análise da influência do clima amazônico no comportamento das misturas asfálticas, considerando variáveis como temperatura, umidade e regime de chuvas, e sua relação com a durabilidade do revestimento asfáltico em regiões tropicais úmidas.
- Avaliação do uso de ligantes asfálticos modificados na Região Metropolitana de Belém, comparando seu desempenho com o CAP 50/70 tradicional, especialmente em vias sujeitas a tráfego mais intenso ou condições ambientais severas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projeto e Restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2ª edição, 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 031/2024 – ES: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico**. Rio de Janeiro, 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 095/2006 – ES: Pavimentos flexíveis – Revestimentos asfálticos delgados**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 165/2019 – Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP): Especificação**. Rio de Janeiro, 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15115: Misturas Asfálticas – Classificação e terminologia**. Rio de Janeiro, 2004

PETROBRAS ASFALTOS. **Especificações e propriedades dos CAPs convencionais**. Rio de Janeiro, 2018

SENÇO, WLASTERMILLER. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Volume 1. 2.ed., São Paulo, PINI, 2008.

Estudo de caso – Araucária (PR):

PARAIZO, Amanda Rodrigues do; FILHO, José Carlos Gomes; PRADIÉ, Aleska Cássia Carneiro; CALHAU, Luis Henrique; BASTOS, Vinicius Hasselmann de; SOUZA, Washington Batista de. Controle técnico de massa asfáltica em CBUQ em obras públicas de pavimentação. Revista Eletrônica Multidisciplinar UNIFACEAR, Araucária, v. 3, n. 8, p. 1-11, nov. 2024. Disponível em: <https://revista.unifacear.edu.br/rem/article/view/419>.

Estudo de caso – Usina de Ilhéus (BA):

SANTOS, Alex Augusto Melo. Controle tecnológico de concreto asfáltico usinado a quente: estudo de caso em uma usina de asfalto localizada no interior da Bahia. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/15837>