

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS FLOIS FERREIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
MISTURA ASFÁLTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO - PR
2018

LUCAS FLOIS FERREIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
MISTURA ASFÁLTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Toledo.

Orientador: Prof. Dr. Elmagno Catarino Santos Silva

TOLEDO - PR

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 136

Estudo Comparativo Do Processo De Produção De Mistura Asfáltica

por

Lucas Flois Ferreira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14:40 h do dia **06 de Junho de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Maurício do Espírito Santo
Andrade
(UTFPR – TD)
MEMBRO DA BANCA

Rodrigo Bortolotto Sales
MEMBRO DA BANCA

Prof. Dr. Elmagno Catarino Santos Silva
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Fúlvio Feiber
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho à minha família, namorada e amigos, por terem me dado todo o apoio necessário para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar os mais sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma colaboraram no desenvolvimento deste trabalho, seja através da orientação técnica, do apoio, do incentivo ou da amizade.

Ao Professor Elmagno Catarino Santos Silva, pela orientação, atenção e confiança depositada, além do seu comprometimento para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À EMDUR (Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo) pela oportunidade de acompanhar todo o processo de produção na usina de asfalto objeto de estudo deste trabalho.

Aos trabalhadores da usina de asfalto, Ademir, Evandro, Jair, Luiz, Osvaldo, Ronaldo e Sidney, pelos ensinamentos e experiências.

Aos meus amigos, Antônio, Carlos, Cristian, Guilherme, Leandro e Ricardo, que fizeram parte desta trajetória e que vão continuar presentes em minha vida.

Aos amigos que fiz durante na universidade, Allan, Leandro, Nilson, Ricardo e Vinicius, por dividirem comigo essa trajetória.

Aos meus pais, Claudiomir e Elisvaine, pela oportunidade de estudar, por todo o apoio e dedicação durante essa jornada.

À minha namorada, Edilene, pelo suporte e incentivo nos momentos difíceis, amor e confiança.

Sem dúvida estes parágrafos não foram suficientes para atender todas as pessoas que fizeram parte dessa importante etapa de minha vida. Logo, desde já peço desculpas aos que não estão presentes nessas palavras, mas estejam certos de que estão em meus pensamentos e tem a minha gratidão. Essa conquista é de todos vocês.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar com mais inteligência”

(Henry Ford)

RESUMO

O melhor desempenho de um pavimento passa obrigatoriamente por estruturas e composições adequadas, tornando-se necessário o conhecimento de cada etapa de produção e tudo que está direta e indiretamente ligado às mesmas, para que o processo de fabricação e execução dos pavimentos brasileiros possa ser aperfeiçoado. O presente trabalho trata-se de um estudo comparativo, para fins acadêmicos, relacionado ao atual processo de beneficiamento da mistura asfáltica produzida na Usina de Asfalto de Toledo – PR. A princípio, realizou-se um estudo em bibliografias sobre o pavimento, suas classificações e estruturas. Além disso, foram indicados os tipos de ligantes asfálticos e as diferentes misturas usinadas. Ademais, foram apresentadas as metodologias adotadas na produção de Concreto Betuminoso Usinado a Quente em outras usinas de asfalto brasileiras. A metodologia adotada baseia-se no método qualitativo, com observações de campo e acompanhamento do processo de produção da mistura asfáltica juntamente com o profissional responsável. Detalhou-se a forma de obtenção e armazenamento das matérias primas e a destinação final do resíduo de produção. Além disso, caracterizou-se todo o processo de beneficiamento da mistura asfáltica produzida na Usina de Asfalto de Toledo – PR. Com base nisso, pôde-se realizar uma comparação entre a metodologia encontrada com as estudadas em bibliografia.

Palavras-chave: Usina de Asfalto de Toledo – PR. Processo de Produção. Comparação de Metodologias.

ABSTRACT

The best performance of a pavement necessarily passes by appropriate structures and compositions, becoming required knowledge of each stage of production and all that is directly and indirectly linked to the same, so that the manufacturing process and execution of the Brazilian pavements can be improved. The present work it's a comparative study, for academic purposes, related to the current process of asphalt mixture in Asphalt Plant of Toledo-PR. At first, there was a study in bibliographies about the pavement, their ratings and structures. In addition, were indicated the types of asphalt binders and the different mixtures machined. Moreover, were presented the methodologies adopted in the production of asphalt concrete in other Brazilian asphalt plants. The adopted methodology is based on the qualitative method, with field observations and monitoring of the production process of asphalt mixture along with the professional responsible. It's detailed the form of obtainment and storage of raw materials and the final destination of the production residue. In addition, the entire process of improvement of asphalt mixture in Asphalt Plant of Toledo-PR was characterized. From this, it might perform a comparison between the methodology found with the studied in bibliography.

Keywords: Asphalt Plant of Toledo – PR. Production Process. Comparison of Methodologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Indicação da localidade da usina de asfalto de Toledo	14
Figura 2 — Esforços em camadas dos pavimentos	16
Figura 3 — Camadas genéricas de um pavimento	18
Figura 4 — Esquema de destilação do petróleo em um estágio	21
Figura 5 — Amostra de mistura de graduação aberta - CPA	25
Figura 6 — Seção de mistura de graduação descontínua	26
Figura 7 — Amostra de Concreto Asfáltico (CA)	26
Figura 8 — Representação esquemática do processo produtivo de uma usina gravimétrica.....	31
Figura 9 — Representação esquemática do processo produtivo de uma usina contínua	31
Figura 10 — Tanques horizontais para armazenamento dos ligantes	32
Figura 11 — Sistemas de silos frios	33
Figura 12 — Correia transportadora de agregados frios ao secador	34
Figura 13 — Secador de fluxo paralelo	34
Figura 14 — Secador de contra fluxo	35
Figura 15 — Coletores primário e secundário	35
Figura 16 — Elevador e unidade de peneiramento em usina asfáltica gravimétrica	36
Figura 17 — Esquema de produção por batelada.....	36
Figura 18 — Tambor secador-misturador de fluxo paralelo	37
Figura 19 — Tambor secador-misturador de contra fluxo	37
Figura 20 — Indicação da localidade da usina de asfalto Antônio Ramos.....	38
Figura 21 — Usina de Asfalto Antônio Ramos	38
Figura 22 — Armazenamento de agregados.....	39
Figura 23 — Aquecedor de Fluido Térmico (AFT).....	41
Figura 24 — Silos frios de agregados da Usina de Antônio Ramos.....	42
Figura 25 — Torre de misturas quentes.....	43
Figura 26 — Despejo da mistura asfáltica pronta.....	43
Figura 27 — Silos frios de agregados	44
Figura 28 — Silos de inclusão de finos	44
Figura 29 — Tanques de armazenamento dos ligantes asfálticos	45
Figura 30 — Secador de agregados	45
Figura 31 — Misturador Externo Pugmill.....	46
Figura 32 — Tanques de armazenamento do ligante asfáltico e xisto betuminoso...51	
Figura 33 — Sistema de aquecimento do ligante asfáltico.....	51
Figura 34 — Pátio de armazenamento de agregados na usina de asfalto de Toledo – PR	52
Figura 35 — Local de extração de brita na Usina de Asfalto de Toledo – PR.....	53
Figura 36 — Indicação da localidade da Pedreira Municipal de Toledo – PR.....	53
Figura 37 — Pá carregadeira utilizada no carregamento dos silos frios	56
Figura 38 — Silos frios da usina de Asfalto de Toledo – PR.....	56

Figura 39 — Secador de contra fluxo da Usina de Asfalto de Toledo – PR.....	57
Figura 40 — Coletor primário da Usina de Asfalto de Toledo – PR	57
Figura 41 — Coletor secundário da Usina de Asfalto de Toledo – PR.....	58
Figura 42 — Piscinas de decantação da Usina de Asfalto de Toledo – PR.....	58
Figura 43 — Torre Gravimétrica da Usina de Asfalto de Toledo – PR.....	59
Figura 44 — Mesa de comandos e balança analógica.....	59
Figura 45 — Secagem do resíduo do coletor secundário da Usina de Asfalto de Toledo – PR.....	60
Figura 46 — Mini mapa da Usina de Asfalto de Toledo – PR	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Quantidade de asfaltos e diluentes nos asfaltos diluídos brasileiros	23
Tabela 2 — Classificação comercial de britas	29
Tabela 3 — Classificação de britas para concreto	29
Tabela 4 — Temperatura de Estocagem e Usinagem dos ligantes	40
Tabela 5 — Porcentagem em massa de agregados em cada tipo de mistura	54
Tabela 6 — Quantidade em massa das matérias primas para produção das misturas asfálticas	55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFT	Aquecedor de Fluido Térmico
CA	Concreto Asfáltico
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CPA	Camada Porosa de Atrito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EMDUR	Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
ILOS	Especialistas em Logística e <i>Supply Chain</i>
PMF	Pré-misturados a frio
TKU	Toneladas por quilômetro útil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO	16
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS	17
2.3 ESTRUTURAS DE UM PAVIMENTO	17
2.3.1 Revestimento.....	18
2.3.2 Base e Sub-base	19
2.3.3 Reforço do Subleito	19
2.3.4 Subleito.....	20
2.4 TIPOS DE LIGANTES ASFÁLTICOS	20
2.4.1 Cimento Asfáltico De Petróleo	22
2.4.2 Asfalto Diluído.....	22
2.4.3 Emulsão Asfáltica	23
2.5 MISTURAS USINADAS	24
2.5.1 Misturas A Quente	24
2.5.2 Misturas A Frio.....	27
2.6 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE.....	27
2.6.1 Agregados	28
2.7 USINAS DE ASFALTO	30
2.7.1 Método Produtivo de Bernucci et al. (2006).....	32
2.7.2 Método Produtivo na Usina de Antônio Ramos	38
2.7.3 Método Produtivo da empresa RibPav – Engenharia de Pavimentação Ltda.....	44
2.7.4 Manejo Ambiental Em Usinas de Asfalto	46
2.8 PESQUISAS QUALITATIVAS EM TRABALHOS CIENTÍFICOS	47
3 MATERIAIS E MÉTODOS	49
3.1 PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DA MISTURA ASFÁSTICA.....	49
3.2 LOCAL DE ARMAZENAMENTO DAS MATÉRIAS PRIMAS E REJEITO.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50

4.1 MATÉRIAS-PRIMAS DO CBUQ	50
4.1.1 Ligante Asfáltico	50
4.1.2 Agregados	52
4.2 TIPOS DE MISTURAS FABRICADAS	54
4.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA.....	55
4.4 DESTINO DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO.....	60
4.5 COMPARATIVO ENTRE USINAS	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
5.1 CONCLUSÕES.....	64
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA.....	69

1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o principal meio de transporte de pessoas e cargas no Brasil. Segundo dados do ILOS (2014), Especialistas em Logística e *Supply Chain*, em 2012, somente no transporte de cargas, este modal foi responsável por quase 67% de toneladas transportadas por quilômetro útil (TKU) movimentado no país.

De acordo com Baptista (2007), as estradas possuem um papel fundamental no desenvolvimento de qualquer país, podendo dizer-se que a rede rodoviária está para um país, assim como o sistema de vasos sanguíneos está para o corpo humano, assegurando o transporte de mercadorias e pessoas.

Mesmo sendo o modal de maior importância no cenário brasileiro, a infraestrutura carece de maiores investimentos. De acordo com a Pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT) de Rodovias (2017) sobre a malha rodoviária brasileira, do total de 1.578.292 km, apenas 212.866 km (13,48%) das rodovias são pavimentadas.

Ainda segundo a mesma Pesquisa CNT de Rodovias (2017), dentre as rodovias pavimentadas avaliadas, 61,8% apresentaram algum tipo de deficiência, tendo seus pavimentos caracterizados como “regular, ruim ou péssimo”.

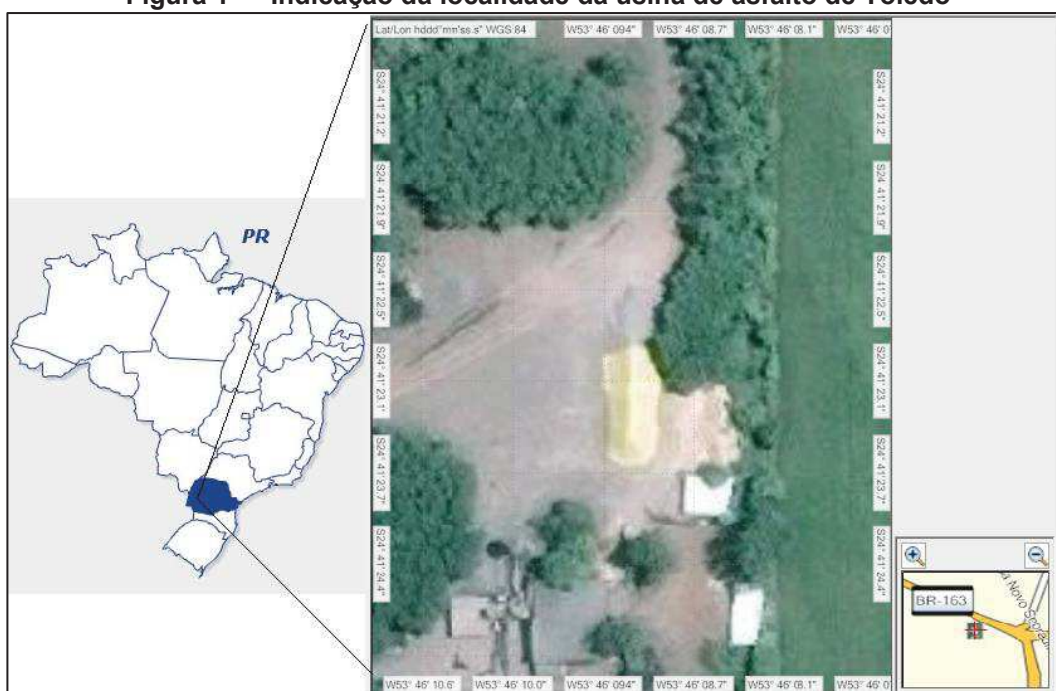
Segundo Nakamura (2012), o melhor desempenho de um pavimento passa obrigatoriamente por estruturas e composições adequadas. Diante deste cenário, é essencial um estudo e aperfeiçoamento sobre o processo de fabricação e de execução dos pavimentos das rodovias brasileiras.

Assim, torna-se necessário o conhecimento de cada etapa de sua produção, seus produtos, custos e tudo o que está, direta e indiretamente, ligado ao mesmo, para que o processo possa ser melhorado e aperfeiçoado.

Desta maneira, propõe-se um estudo comparativo relacionado ao processo atual de beneficiamento da mistura asfáltica produzida na usina de Toledo – PR. Sendo assim, será detalhado todo o processo de execução da mistura e posteriormente, efetuar comparações a respeito do processo de execução adotado por outras usinas.

A Figura 1 mostra o local da usina de asfalto que foi objeto de estudo. A mesma está localizada próxima ao trevo do município de Toledo com saída à BR-467, com direção à Marechal Cândido Rondon, nas seguintes coordenadas geográficas: 24° 41' 23" Sul e 53° 46' 08" Oeste.

Figura 1 — Indicação da localidade da usina de asfalto de Toledo



Fonte: Adaptado do satélite BIRDSEYE, 2017.

1.1 JUSTIFICATIVA

A Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo foi constituída por meio do decreto do município N° 114/84 e da lei 1.199/84. A mesma iniciou suas atividades em 1° de janeiro de 1985 e teve aprovado seus estatutos originais pelo prefeito da época, Albino Corazza Neto (TOLEDO, 1984).

Suas principais atribuições, desde a sua fundação, são executar obras de engenharia civil em prédios públicos e municipais, administrar as áreas industriais, executar serviços para particulares e realizar programas de obras que visam o desenvolvimento das áreas urbanas e rurais do município, como por exemplo, a pavimentação de ruas e estradas rurais.

Através do programa Rodovias Rurais, o município conta com mais de 300 km de estradas rurais asfaltadas, ação executada no sistema “70/30”, onde os produtores entram com 30% do valor e o município os 70% restante, executando a obra através da EMDUR (GAZETATOLEDO, 2017).

Ademais, a usina de beneficiamento de mistura asfáltica da EMDUR facilitou a execução destas obras, como reduziu seus custos, visto que não foi mais necessário adquirir produtos prontos, como o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

Além disso, proporcionou melhoras na qualidade de vida de inúmeros moradores do município e facilitou o escoamento da produção de vários agronegócios.

Portanto, a pesquisa se justifica uma vez que foi possível gerar um documento, para fins acadêmicos, que possa servir como base de consulta sobre o procedimento adotado na usina em questão, e traçar comparações com as técnicas de execução adotadas em outras localidades.

1.2 OBJETIVOS

São apresentados nesta seção os objetivos gerais e específicos deste trabalho, que serviram como guia para o desenvolvimento da pesquisa na Usina de Mistura Asfáltica do município de Toledo – PR.

1.2.1 Objetivo Geral

Detalhar o processo de beneficiamento da mistura asfáltica da Usina de Mistura Asfáltica do município de Toledo – PR para fins acadêmicos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Especificar a forma como são adquiridas as matérias primas necessárias para a fabricação da mistura asfáltica;
- Verificar a forma de armazenamento da matéria prima utilizada no processo de beneficiamento;
- Averiguar o destino final do resíduo produzido no processo de beneficiamento; e
- Comparar o processo de beneficiamento da Usina de Mistura Asfáltica do município de Toledo - PR com o de outras usinas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o referencial teórico utilizado como base para o desenvolvimento do trabalho.

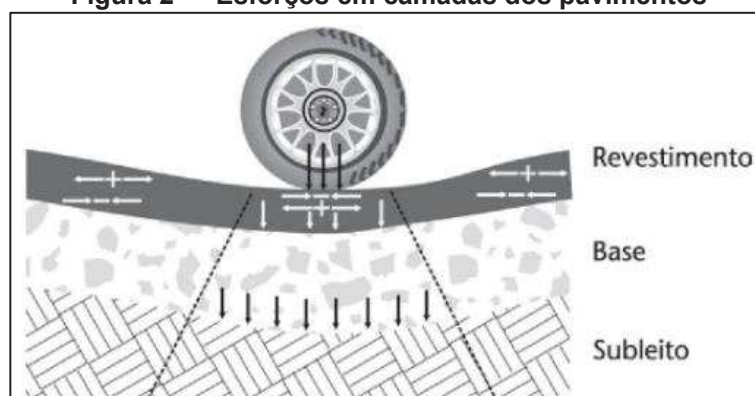
2.1 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO

Pavimento é um sistema de múltiplas camadas finitas, construída sobre a superfície final de terraplanagem (subleito). É destinada a resistir aos esforços verticais provenientes do tráfego e distribuí-los, melhorando as condições de rolamento, trafegabilidade, visibilidade e resistir aos desgastes (esforços horizontais), tornando a superfície estável, confortável e segura para o tráfego (SENÇO, 2007).

Segundo Balbo (2007), a estrutura do pavimento é concebida para receber e aliviar as tensões sobre as camadas inferiores, que, em geral, são menos resistentes. Ainda segundo o autor, cada camada possui uma ou mais funções específicas, que atuando em conjunto oferecem aos veículos condições de rolamento em qualquer condição climática.

As cargas aplicadas a superfície de um pavimento acabam por gerar um estado de tensões na estrutura, que dependerá do comportamento mecânico de cada uma das camadas e do conjunto das mesmas (BALBO, 2007), como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 — Esforços em camadas dos pavimentos



Fonte: Balbo, 2007.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

O pavimento rodoviário é classificado tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis, também podendo ser chamados de pavimentos de concreto de cimento Portland e pavimentos asfálticos, respectivamente (BERNUCCI et al., 2006)

Senço (2007) classificou os pavimentos rígidos como aqueles pouco deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento, rompendo por tração na flexão, quando sujeitos a deformações.

Segundo Bernucci et al. (2006), os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de cimento Portland, podendo ser armadas ou não com barras de aço, e tendo sua espessura fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das camadas subjacentes, enquanto que os pavimentos asfálticos possuem o revestimento composto por agregados e ligantes asfálticos.

De acordo com Senço (2007), pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações, até um certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão.

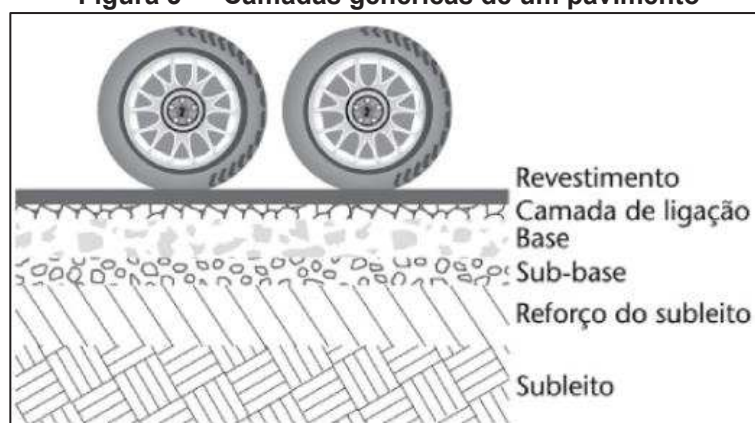
Ainda segundo o autor, é possível utilizar camadas flexíveis e rígidas em uma mesma estrutura de pavimento, como por exemplo, os pavimentos das vias Anchieta e Anhanguera, no trecho São Paulo-Jundiaí, onde as placas de concreto de cimento, rígidas, foram executadas sobre bases flexíveis.

2.3 ESTRUTURAS DE UM PAVIMENTO

Cada camada de um pavimento possui uma ou mais funções específicas, que devem proporcionar aos veículos as condições adequadas de suporte e rolamento em qualquer condição climática (SENÇO, 2007).

Balbo (2007) estratificou o pavimento com as seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. De acordo com o autor, dependendo o caso a estrutura poderá não contar com a camada de sub-base ou reforço do subleito, porém a existência de revestimento, mesmo de forma primária, e de fundação (subleito) são condições para que a estrutura seja chamada de pavimento. As camadas estão representadas na Figura 3.

Figura 3 — Camadas genéricas de um pavimento



Fonte: Balbo, 2007.

2.3.1 Revestimento

De acordo com Bernucci et al. (2006), o revestimento é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizando o pavimento e melhorando as condições de rolamento.

O revestimento deve receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou ainda perda de compactação, necessitando ser composto de materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar a movimentação horizontal (BALBO, 2007).

Em pavimentos asfálticos, o revestimento é composto por uma mistura basicamente entre agregados e ligantes asfálticos. É composto pela camada de rolamento, em contato direto com as rodas dos veículos, e por camadas de ligação, também chamadas de *binder*. (BERNUCCI et al., 2006)

Segundo Balbo (2007), a camada de rolamento é a camada superficial em contato direto com as cargas e com as ações ambientais, enquanto que o *binder* é a camada intermediária, também em mistura asfáltica, que faz a ligação entre a camada de rolamento e a base do pavimento.

Em pavimentos de concreto-cimento o revestimento é uma placa de cimento, não havendo distinção entre a camada de rolamento e a ligação entre ela e a base (BALBO, 2007).

2.3.2 Base e Sub-base

Os esforços verticais aplicados na superfície são transmitidos ao subleito e devem ser compatíveis de resistir aos mesmos. Desta forma, as camadas da base e da sub-base surgem para aliviar as pressões sobre camadas de solos inferiores e também podem desempenhar papel importante na drenagem superficial dos pavimentos (BALBO, 2007).

Senço (2007) considera a base como a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los, podendo a mesma ser completada pela sub-base ou pelo reforço do subleito.

Ainda de acordo com o autor, sub-base é uma camada complementar à base, quando por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base sobre a regularização ou reforço do subleito, tendo este material características superiores às do material de reforço e a base com melhor qualidade que o da sub-base.

Segundo Balbo (2007), as bases e as sub-bases podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita graduada com cimento, concretos, etc.

2.3.3 Reforço do Subleito

Quando o material que compõe o subleito é dotado de pouca ou nenhuma resistência aos esforços verticais (de cisalhamento), é necessário executar sobre o subleito uma camada com solo de maior resistência, de modo com que a fundação subjacente a esse esforço receba pressões de acordo com a sua resistência (BALBO, 2007).

Senço (2007) diz que o reforço do subleito é parte integrante do pavimento e tem funções de complemento de sub-base, que por sua vez complementa a base, sendo assim, o reforço é uma camada que resiste e distribui esforços verticais, não absorvendo definitivamente essas forças, como atua o subleito.

2.3.4 Subleito

Balbo (2007) conceitua o subleito como o terreno de fundação do pavimento, destinado a receber e aliviar os esforços impostos sobre sua superfície em sua profundidade. É constituído de material natural consolidado e compactado, como por exemplo nos cortes do corpo da estrada, ou por material transportado e carregado no caso de aterros.

Ainda conforme o autor, se a terraplanagem é recente, o subleito apresentará as características geométricas definitivas, enquanto que em uma estrada de terra que se pretende pavimentar, o subleito apresenta superfície irregular devido ao uso e aos serviços de conservação.

2.4 TIPOS DE LIGANTES ASFÁLTICOS

Betumes são combinações de hidrocarbonetos produzidos naturalmente ou por combustão, ou associação de ambos, encontrados acompanhados por derivados não metálicos, solúveis no bissulfeto de carbono e engloba alcatrões e asfaltos (SENÇO, 2007).

Alcatrão é uma designação genérica a um produto que contém hidrocarbonetos, obtido da queima ou destilação destrutiva do carvão ou madeira. Não é mais utilizado em pavimentação devido ao seu poder cancerígeno e pouca homogeneidade e qualidade como ligante (BERNUCCI et al., 2006).

Senço (2007) pontua que o asfalto é um material aglutinante de consistência variável, cor pardo-escuro ou negro, constituído predominante de betume, podendo ser obtido em jazidas naturais como pela destilação do petróleo.

O autor mencionado ainda declara que as jazidas naturais se apresentam de duas formas, como rochas asfálticas e asfaltos nativos. As rochas asfálticas apresentam gotículas de asfalto distribuídas nos seus vazios internos, sendo o principal exemplo o xisto. Enquanto os asfaltos nativos são encontrados em depósitos naturais originados do petróleo, do qual estão dissolvidos, sendo geralmente encontrados em forma dura e associados a impurezas naturais como areias e argilas.

De acordo com Bernucci et al. (2006), o asfalto é utilizado em pavimentação por ter a propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável a água e

pouco reativo, mesmo que venha a sofrer oxidação lenta pelo contato com o ar e a água.

Senço (2007) acrescenta que a produção dos asfaltos é realizada, em sua maioria, através da destilação do petróleo a longo de uma torre, onde por diferenças de temperatura, obtém-se produtos como a nafta, gasolina, querosene, diesel e asfalto. A destilação pode ser efetuada por vários processos: destilação seca, destilação a vapor ou destilação a vácuo.

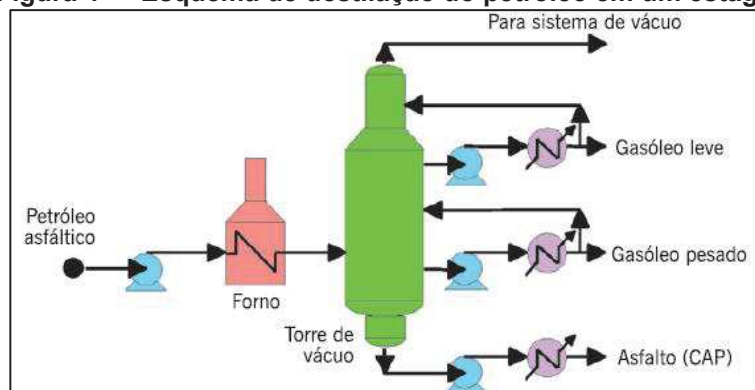
O referido autor considera que a destilação seca é utilizada quando se pretende produzir o máximo de gasolina e combustível, quando alguns constituintes de alto ponto de ebulição são decompostos, produzindo uma gama de elementos de baixo ponto de ebulição.

Ainda de acordo com o autor, a destilação a vapor consiste em introduzir vapor seco no destilador, produzindo a vaporização dos constituintes voláteis, diminuindo a decomposição do destilado e do resíduo, e à medida que a destilação procede, se obtém um resíduo com ponto de fusão cada vez mais alto, de maior consistência.

Enquanto que a destilação a vácuo é realizada a pressões mais baixas que a pressão atmosférica e consegue a mesma quantidade de voláteis que as anteriores a temperaturas inferiores (SENÇO, 2007).

Bernucci et al. (2006) classificam os petróleos como leves ou pesados, os primeiros não sendo de base asfáltica, sendo necessários dois estágios de destilação, enquanto que os pesados possuem grande quantidade de asfalto em relação as outras frações ou petróleos, sendo necessário apenas um estágio de destilação conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 — Esquema de destilação do petróleo em um estágio



Fonte: Bernucci et al., 2006.

2.4.1 Cimento Asfáltico De Petróleo

Segundo o DNIT (2006a), o cimento asfáltico de petróleo (CAP) é o asfalto obtido especialmente para apresentar as qualidades e consistências próprias para o uso direto na construção de pavimentos.

Estes são classificados através dos resultados do ensaio de penetração, por meio de uma agulha padronizada de 100 g durante cinco segundos, medindo-se a penetração em décimos de milímetros, sob condições prefixadas de carga, tempo e temperatura (DNIT, 2010).

O DNIT (2006a) classifica os cimentos asfálticos de petróleo em: CAP-30/45, CAP-50/70, CAP-85/100 e CAP-150/200, onde os valores correspondem aos limites inferior e superior de penetração, respectivamente, em décimos de milímetros, da agulha em cada categoria do material.

Senço (2007) indica que o concreto asfáltico de petróleo pode ser combinado com outros materiais e substâncias, visando melhorar e facilitar a trabalhabilidade do aglutinante, sendo produtos intermediários, que após um determinado tempo restará apenas o cimento asfáltico original. Neste contexto de misturas com base no CAP, surgem os asfaltos diluídos e as emulsões asfálticas.

2.4.2 Asfalto Diluído

Asfaltos diluídos são produzidos pela adição de um diluente volátil, obtido do próprio petróleo, sendo utilizado apenas para diminuir a viscosidade e permitir o uso do material à temperatura ambiente (BERNUCCI et al., 2006).

Segundo Senço (2007), os diluentes podem ser classificados de acordo com a velocidade de evaporação do solvente, em de cura lenta, média e rápida. Para os de cura lenta o solvente utilizado é o óleo diesel, para a cura média o querosene e para cura rápida nafta ou gasolina.

De acordo com Bernucci et al. (2006), no Brasil são fabricados dois tipos de asfaltos diluídos, os de cura média e de cura rápida, sendo cada um ainda distinguido de acordo com a viscosidade cinemática.

Desta forma, os asfaltos diluídos de cura média (CM) são subdivididos em CM-30, CM-70, CM-250, CM-800 e CM-3.000. Já os de cura rápida (CR) em CR-70,

CR-250, CR-800 e CR-3.000. Os valores referem-se à unidade de medida da viscosidade cinemática, o *centstokes* (cS) (SENÇO, 2007)

Senço (2007) nota que asfaltos diluídos de cura média e os de cura rápida de mesmo número possuem a mesma viscosidade em uma mesma temperatura, embora seu tempo de cura seja diferente.

Ainda de acordo com Senço (2007), a escolha entre o tipo de asfalto diluído dependerá do tempo de cura e da susceptibilidade à temperatura, associada à consistência do resíduo final. A quantidade de asfaltos e diluentes entre os asfaltos diluídos brasileiros podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 — Quantidade de asfaltos e diluentes nos asfaltos diluídos brasileiros

Tipo		Asfalto (%)	Diluyente (%)
CR	CM		
-	30	52	48
70	70	63	37
250	250	70	30
800	800	82	18
3.000	3.000	86	14

Fonte: Senço, 2007.

O autor ainda considera que o principal uso do asfalto diluído na pavimentação é na etapa de imprimação de base de pavimentos, quando aplicado sobre a superfície de base granular concluída e antes da execução do pavimento, e nos trabalhos de conservação de pistas pavimentadas, pela vantagem de poder ser estocado por algum tempo.

2.4.3 Emulsão Asfáltica

Para atingir a viscosidade necessária para cobrir os agregados sem a necessidade do aquecimento do ligante e dos agregados a temperaturas convenientes, utiliza-se o emulsão do asfalto, evitando o aquecimento e ainda assim obtendo a viscosidade de trabalho (BERNUCCI et al., 2006).

Senço (2007) definiu emulsões como a mistura de dois constituintes não miscíveis entre si, que constituem fases separadas, a fase dispersante ou contínua é normalmente um líquido, enquanto a fase dispersa pode ser constituída por um líquido viscoso, um sólido ou um semissólido, como o asfalto por exemplo.

O autor ainda classificou as emulsões em dois tipos, as diretas, quando o óleo ou betume está disperso em água, e as inversas, onde a água está dispersa no óleo ou ligante. Pode haver o processo de passagem gradual de um tipo para outro, chamado inversão de fase.

Para Bernucci et al. (2006), a emulsão asfáltica representa uma dispersão estável de dois líquidos, situação em que os dois líquidos são o asfalto e a água, sendo necessária a utilização de um agente emulsificante para manter a emulsão estável, além de o asfalto ser preparado por uma ação mecânica que o transforme em pequenas partículas.

Os autores acrescentam que o agente emulsificante é uma substância que reduz a tensão superficial da água, permitindo aos glóbulos de asfalto permanecer em suspensão na água por algum tempo, evitando a aproximação entre as partículas e sua posterior união, chamada coalescência.

2.5 MISTURAS USINADAS

Bernucci et al. (2006) entendem as misturas usinadas como a mistura entre agregados e ligantes realizadas em usinas estacionárias, e posteriormente transportadas por caminhão até a pista onde é lançada por equipamento adequado, chamada vibrocabadora, sendo compactada até atingir certo grau de compressão, se tornando um arranjo estável e resistente aos efeitos do tráfego.

Ainda segundo os autores, as misturas usinadas podem ser distinguidas em dois tipos, as misturas usinadas a quente, que utilizam temperaturas elevada, e as misturas a frio, também conhecidas como pré-misturados a frio, realizadas em usinas estacionárias próprias à temperatura ambiente.

2.5.1 Misturas A Quente

De acordo com Bernucci et al. (2006) há varias misturas a quente, distinguindo-se através do padrão granulométrico empregado e das características mecânicas exigidas, sendo o tipo mais empregado no Brasil o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) ou também chamado de concreto asfáltico (CA).

Os autores acrescentam que estas misturas a quente podem ser subdivididas em três tipos usuais de acordo com a graduação dos seus agregados, como misturas

de graduação aberta, de graduação descontínua e graduação densa, classificadas segundo suas curvas granulométricas.

Senço (2007) definiu curva granulométrica como uma representação resultante dos pontos obtidos com a porcentagem, por ordem decrescente dos diâmetros das partículas, que passam por determinadas peneiras no ensaio de peneiramento, permitindo a verificação das proporções das frações que compõe a amostra.

Bernucci et al. (2006) classificam as misturas de graduação aberta como aquela que possuem agregados, em sua maioria, de um mesmo tamanho e conseqüentemente insuficiência de material fino, resultando em grande volume de vazios e uma mistura porosa drenante, conforme ilustra a Figura 5, conhecida no Brasil como camada porosa de atrito (CPA).

Figura 5 — Amostra de mistura de graduação aberta - CPA



Fonte: Bernucci et al., 2006.

Já as misturas de graduação descontínua têm sua curva granulométrica com proporcionamento dos grãos maiores em relação aos de tamanhos intermediários, completados com finos, de modo a ter uma maior resistência à deformação permanente (BERNUCCI et al., 2006). A Figura 6 apresenta a seção de um corpo de prova de mistura de graduação descontínua.

Figura 6 — Seção de mistura de graduação descontínua



Fonte: Bernucci et al., 2006.

Os autores ainda consideram as misturas densas como as com boas graduações, de modo que os agregados menores preencham os vazios dos maiores, proporcionando um menor volume de vazios. O principal representante destas misturas é o concreto asfáltico (CA) ou concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), representado na Figura 7.

Figura 7 — Amostra de Concreto Asfáltico (CA)



Fonte: Bernucci et al., 2006.

2.5.2 Misturas A Frio

Bernucci et al. (2006) caracterizaram as misturas a frio, também chamadas de pré-misturados a frio (PMF), como misturas usinadas de agregados graúdos, miúdos e de enchimento, unidos por emulsão asfáltica à temperatura ambiente.

O uso de emulsões de ruptura lenta e mistura densa pode levar os pré-misturados a frio a apresentar resistências mecânicas maiores e mais adequadas ao uso como revestimento, sendo possível ainda utilizar-se emulsões modificadas por polímeros para atender características específicas de clima e tráfego (BERNUCCI et al., 2006).

De acordo com Bernucci et al. (2006), as misturas a frio podem ser utilizadas como revestimentos de ruas e estradas com baixo volume de tráfego, em obras de conservação e manutenção ou ainda como camada intermediária (com CBUQ sobreposto), podendo ser classificadas em misturas densas, com graduação contínua e bem graduada (baixo índice de vazios), e em misturas abertas, possuindo elevado volume de vazios.

Ainda segundo os autores, a principal vantagem em se utilizar misturas a frio se deve principalmente ao uso de equipamentos mais simples, a trabalhabilidade à temperatura ambiente, boa adesividade com quase todos os tipos de agregados britados, possibilidade de estocagem e flexibilidade elevada.

2.6 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE

O concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) ou concreto asfáltico (CA), é considerado por Senço (2007) o mais nobre dos revestimentos flexíveis, obtido da mistura a quente em usinas, espalhado e comprimido a quente.

Concreto asfáltico pode ser utilizado praticamente em todas as camadas que constituem o pavimento, como por exemplo, no revestimento, na camada de ligação (*binder*), base, regularização ou reforço de um pavimento (DNIT, 2006b).

Bernucci et al. (2006) definem o CBUQ como um produto da mistura proporcionada entre agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico de petróleo, ambos em temperaturas previamente estabelecidas em função da característica do ligante.

O DNIT (2006b) estabelece os tipos de CAPs (concretos asfálticos de petróleo) que podem ser utilizados para a fabricação do CBUQ, sendo eles o CAP-30/45, CAP-50/70 e o CAP-85/100. Além disso, não permite a fabricação, transporte e a aplicação da mistura em temperaturas ambientes inferiores a 10°C.

Ademais, o mesmo departamento aconselha que, quando não houver boa adesão entre os agregados graúdo ou miúdo com o ligante asfáltico, pode ser utilizado um melhorador de adesividade.

2.6.1 Agregados

Agregado pode ser considerado um material particulado, incoesivo e de atividade química praticamente nula, utilizado em diversas misturas, preenchendo uma extensa gama de tamanhos (BAUER, 2000).

Senço (2007) considera os agregados como materiais inertes e granulares, sem forma ou dimensões definidas, com propriedades adequadas para compor camadas ou misturas para utilização em diversos tipos de obras, representando nas misturas de pavimentação, o maior volume em relação aos demais componentes das mesmas.

O autor os classifica segundo sua granulometria em três frações, agregado graúdo, agregado miúdo e *filler*. O agregado graúdo é composto de pedra britada, escória ou seixo rolado com pelo menos uma face britada, sendo fragmentos duráveis, de superfície rugosa, forma angular, não possuindo torrões de argila ou matéria orgânica, e ter boa adesividade com o asfalto utilizado.

Senço (2007) ainda recomenda que os agregados graúdos não possuam em excesso de pedras lamelares, britas em que a maior dimensão é superior a seis vezes a menor dimensão, visto que prejudicam a trabalhabilidade da mistura e alteram a granulometria

A brita é produzida em pedreiras, onde se submete a rocha de uma jazida a sucessivos processos de cominuição, reduzindo-a fragmentos de tamanhos adequados (BAUER, 2000).

De acordo com Senço (2007), inicialmente a jazida é fragmentada por meio explosivos, produzindo blocos com dimensões que podem superar um metro, sendo reduzidos, por meio de choque, à tamanhos que possam ser admitidos no britador primário, onde o material é regularizado. A pedra britada cai no transportador principal

que a conduz para a peneira separadora, cuja malha é função do diâmetro máximo a ser produzido, que retira de circulação o material que fica retido.

O britador secundário rebrita o material retido na peneira separadora até que ele atinja uma dimensão que passe por ela, em seguida é levado ao transportador principal de onde é conduzido para as peneiras classificadoras, destinadas a separar os diferentes diâmetros da pedra brita a ser produzida (SENÇO, 2007).

Em termos de mercado, Senço (2007) classificou as britas de forma comercial, onde as pedras britadas recebem números na ordem decrescente e correspondem a diâmetros também decrescentes, em termos de brita 3, brita 2, brita 1, brita 0 e pó de pedra, conforme a Tabela 2. Porém, os limites desta classificação se sobrepõem, podendo haver uma classificação dúbia.

Tabela 2 — Classificação comercial de britas

Brita	Limites (mm)
3	19,10 – 50,80
2	9,5 – 38,10
1	4,76 – 19,10
0	2,38 – 9,50
Pó de pedra	Inferior a 2,38

Fonte: Senço, 2007.

Contudo, o autor ainda classificou as britas para concreto, conforme a Tabela 3, onde o mesmo incluiu o termo “pedra de mão” para as britas com diâmetro maior que 76,2 mm, ou 3 (três) polegadas.

Tabela 3 — Classificação de britas para concreto

Brita	Limites (mm)
Pedra de mão	Superior a 76,2
3	38,10 – 76,2
2	19,10 – 38,10
1	9,50 – 19,10
0	4,76 – 9,50

Fonte: Senço, 2007.

O agregado miúdo é, em geral, composto de areia ou pó de pedra, ou a mistura de ambos, tendo granulometria inferior a 4,76 mm. A areia é considerada um agregado natural, ou seja, utilizado da forma que é encontrada na natureza (SENÇO, 2007).

O pó de pedra, segundo Bauer (2000), é obtido da lavagem das peneiras de classificação, utilizadas no processo de britagem, através de jatos d'água, sendo arrastado e levado para o decantador de areia, onde a água é bombeada e resta apenas o material.

O referido autor também define a areia como um sedimento elástico, inconsolidado, com grãos consistentes, originadas de depósitos sedimentares formados nos leitos de alguns rios e extraídos por dragagens de sucção, as quais bombeiam a água contendo areia para o processo de decantação, ou devido a ação de ondas e correntes marítimas, encontrados em depósitos marítimos.

Senço (2007) caracterizou o *filler* (material de enchimento) como o material fino que passa pela peneira de 0,075 mm, podendo ser formado por cimento, pó de calcário e similares. Enquanto que argilas são consideradas impurezas e devem ser retiradas dos agregados (SENÇO, 2007).

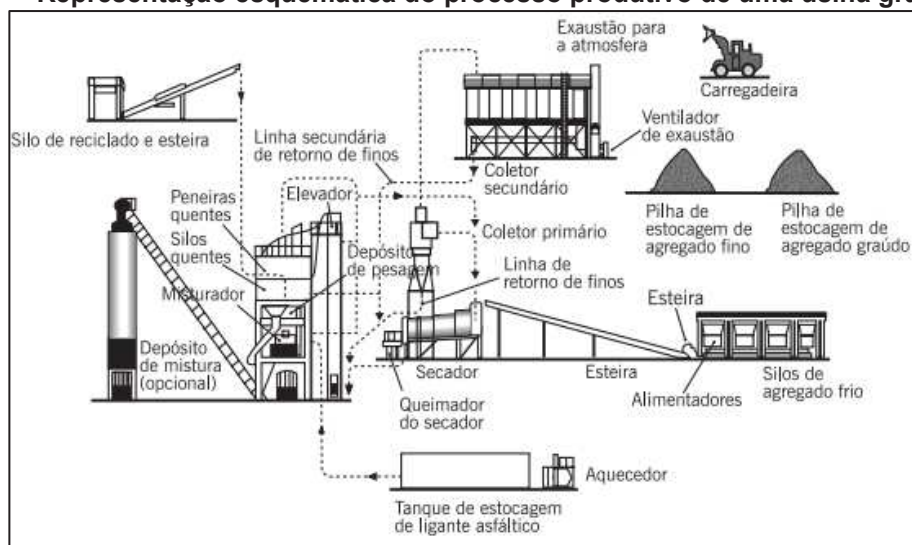
2.7 USINAS DE ASFALTO

Bernucci et al. (2006) consideram uma usina asfáltica como um conjunto de equipamentos conectados, variando em capacidade de produção e método de proporcionamento das matérias-primas, com a função de proporcionar a mistura aquecida entre agregados e o ligante asfáltico.

Os mesmos autores classificaram as usinas asfálticas em dois tipos básicos, as usinas de produção por batelada ou gravimétrica, e as usinas de produção contínua ou *drum-mixer*.

As usinas gravimétricas produzem quantidades unitárias de misturas asfálticas, já que cada carga de materiais dentro do misturador equivale a uma batelada, tendo sua produção dada pela capacidade de bateladas por hora e seu processo representado esquematicamente na Figura 8 (BERNUCCI et al., 2006).

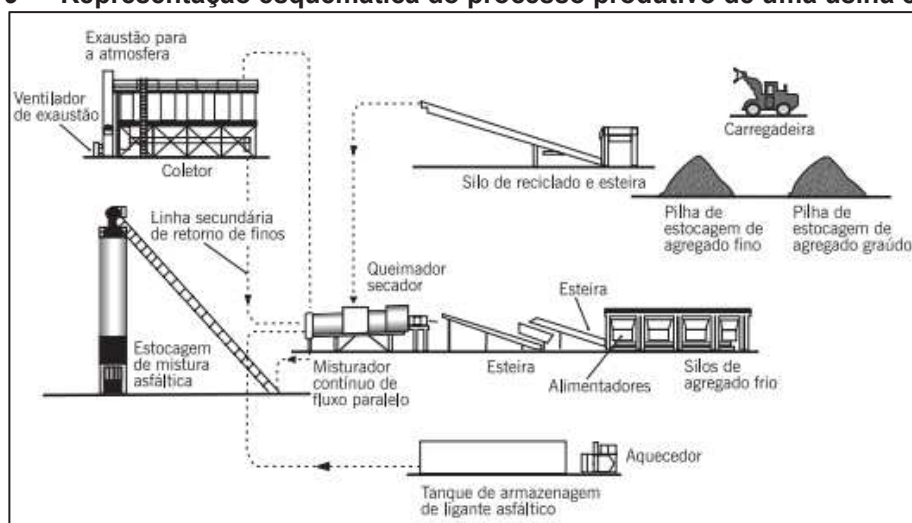
Figura 8 — Representação esquemática do processo produtivo de uma usina gravimétrica



Fonte: Bernucci et al., 2006.

As usinas de produção contínua ou também conhecidas como *drum-mixer* foram classificadas por Bernucci et al. (2006) como as que executam as misturas no próprio tambor do secador, tendo seu processo representado pela Figura 9.

Figura 9 — Representação esquemática do processo produtivo de uma usina contínua



Fonte: Bernucci et al., 2006.

Os mesmos autores salientam que os dois tipos de usinas têm condições de produzir as misturas asfálticas em uso corrente no país, e que somente as misturas recicladas exigem um tipo específico de usinas para serem produzidas.

2.7.1 Método Produtivo de Bernucci et al. (2006)

Bernucci et al. (2006) consideram que o processo produtivo de uma mistura asfáltica consiste em seis operações básicas, sendo: a estocagem e manuseio dos materiais componentes da mistura; o proporcionamento e alimentação do agregado frio no secador; a secagem e aquecimento do agregado à temperatura adequada; o controle e a coleta de pó no secador; o proporcionamento, alimentação e mistura do ligante asfáltico com o agregado aquecido; e a estocagem, distribuição, pesagem e manuseio das misturas asfálticas produzidas.

A etapa inicial, de estocagem e manuseio dos materiais componentes da mistura, engloba as atividades de armazenar e manipular os agregados e o ligante asfáltico. Na estocagem dos agregados, os mesmos autores consideram que a área de estocagem deve ser limpa, para a prevenção da contaminação do agregado, drenada, para evitar o acúmulo de umidade, e preferencialmente coberta. Devendo manuseá-los e estoca-los de forma a evitar sua contaminação e minimizar sua degradação e segregação (BERNUCCI et al., 2006).

Ainda segundo os mesmos autores, o ligante asfáltico deve ser estocado em quantidades suficientes para manter a operação da usina, sendo usados pelo menos dois tanques, um para abastecer a usinagem e outro para armazenar o ligante. A Figura 10 mostra tanques horizontais com aquecimento para o armazenamento dos ligantes.

Figura 10 — Tanques horizontais para armazenamento dos ligantes



Fonte: Bernucci et al., 2006.

Bernucci et al. (2006) afirmam que o ligante deve ser mantido fluido o suficiente para que possa se movimentar através dos dutos e ser utilizado na operação

de usinagem, devido a isso os tanques devem contar com sistema de aquecimento através da circulação de óleo térmico ou elétrico.

Os mesmos autores ainda recomendam que haja uma atenção especial em relação às temperaturas de estocagem e usinagem do ligante asfáltico, pois quando superaquecidos podem sofrer degradação térmica, que leva a perda de suas características aglutinantes.

O DNIT (2006b) determina que a temperatura do ligante a ser utilizado na mistura deve ser determinado para cada tipo em função da relação temperatura-viscosidade, sendo que a temperatura não deve ser inferior a 107°C e nem superior a 177°C.

A segunda etapa é composta pelo proporcionamento e alimentação do agregado frio no secador. De acordo com Bernucci et al. (2006), um dos principais componentes de uma usina asfáltica é o sistema de silos frios, composto por pelo menos quatro silos, que recebe os agregados frios, os proporciona em frações granulométricas e os conduz para o secador, como mostra a Figura 11.

Figura 11 — Sistemas de silos frios

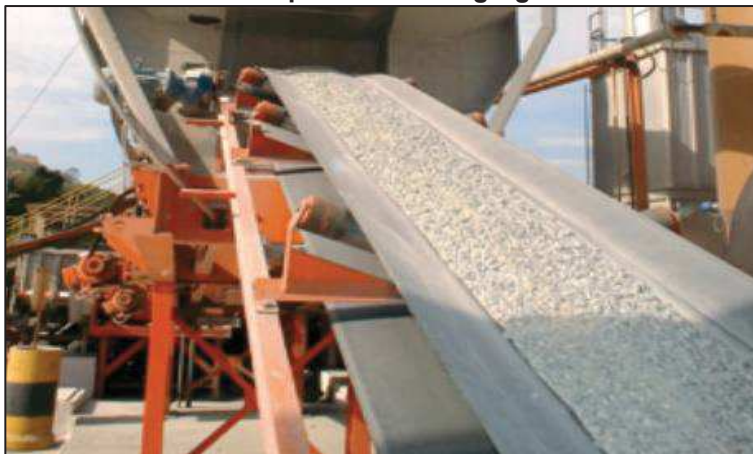


Fonte: Bernucci et al., 2006.

Ainda segundo os mesmos autores, esses silos são carregados individualmente com agregados provenientes da zona de estocagem, devendo ser tomados cuidados a fim de evitar a mistura de frações granulométricas de diferentes silos como o adequado dimensionamento dos silos, a instalação de divisores verticais nos limites entre eles e o seu não sobrecarregamento.

No fundo de cada silo frio, se localizam comportas, responsáveis pelo proporcionamento da quantidade de agregado que serão transportados ao secador. Esse transporte é realizado através de uma correia transportadora, como a exibida na Figura 12.

Figura 12 — Correia transportadora de agregados frios ao secador



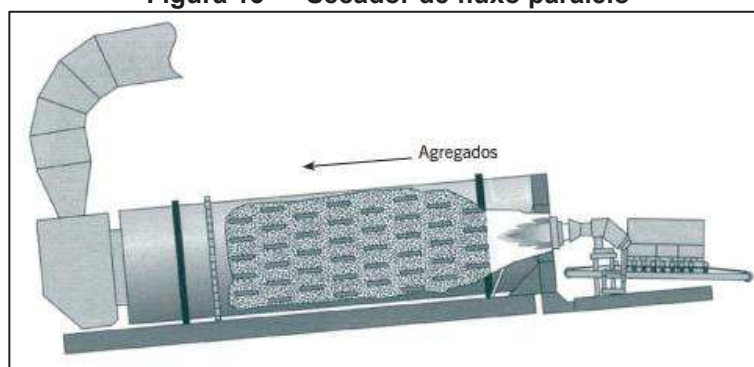
Fonte: Bernucci et al., 2006.

Após a alimentação do secador com agregados frios, é realizada a secagem e aquecimento dos agregados à temperatura apropriada. Bernucci et al. (2006) caracterizaram o secador como um cilindro rotatório com diâmetro entre 1,5 a 3,0m e comprimento entre 6,0 e 12,0m, possuindo um queimador de óleo ou gás em uma extremidade e um ventilador de exaustão na outra.

Os mesmos autores classificaram os secadores em dois tipos básicos. De fluxo paralelo e de contra fluxo, que são diferenciados pela relação entre o fluxo de agregados e o fluxo de ar no seu interior.

Segundo Bernucci et al. (2006), no secador de fluxo paralelo o agregado e o ar fluem na mesma direção, conforme a Figura 13. Os agregados frios são introduzidos no secador na mesma extremidade onde existe o queimador e movimenta-se na direção da outra extremidade.

Figura 13 — Secador de fluxo paralelo

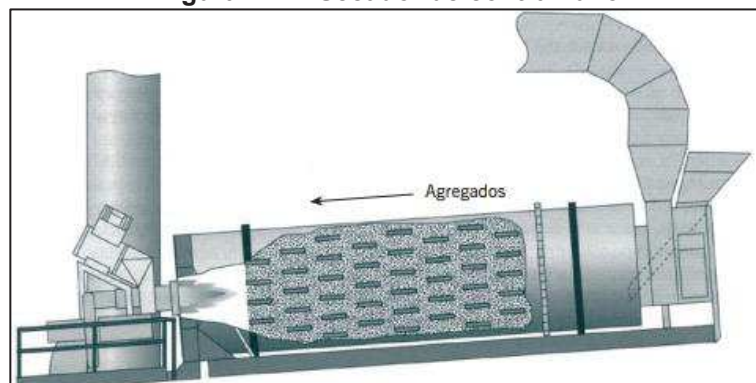


Fonte: Bernucci et al., 2006.

Ainda de acordo os mesmos autores, no secador de contra fluxo o agregado e o fluxo de ar aquecido movimentam-se em sentidos opostos, como ilustra a Figura

14. Esse tipo de secador é utilizado na maioria das usinas asfálticas mais modernas, uma vez que a troca de energia é mais eficiente entre fluxos de sentidos contrários.

Figura 14 — Secador de contra fluxo

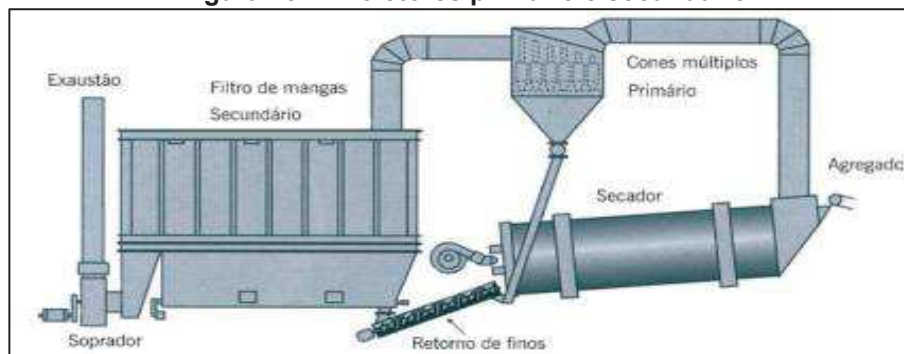


Fonte: Bernucci et al., 2006.

O fluxo de ar carrega gases da exaustão e pequenas quantidades de partículas de pó do agregado, que devem ser recolhidas antes que sejam lançadas na atmosfera, por meio de um sistema de controle de emissões, compostos na maioria das usinas por coletores de pó primários e secundários (BERNUCCI et al., 2006).

Bernucci et al. (2006) relataram que esses coletores são instalados no final do secador e filtram o ar que entra no queimador e que sai no sistema de exaustão, conforme Figura 15.

Figura 15 — Coletores primário e secundário



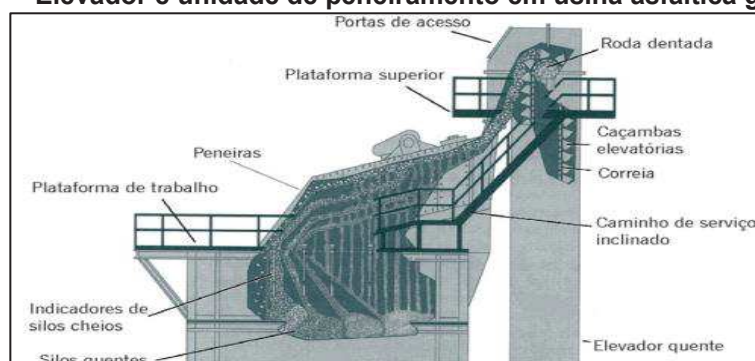
Fonte: Bernucci et al., 2006.

Os mesmos autores definiram que o coletor primário recolhe as maiores partículas de pó, contidas nos gases de exaustão, sendo os mais usuais a caixa de queda e o do tipo ciclone, enquanto que o coletor secundário filtra e recolhe as partículas de pó mais finas, sendo os mais habituais o filtro de manga e o de coleta úmida. O pó recuperado do coletor primário pode ser reincorporado à mistura asfáltica.

Após a passagem do agregado frio pelo secador, com a coleta e o controle do pó pelos coletores, inicia-se o processo de mistura do ligante asfáltico com o agregado seco, que varia de acordo com o tipo de usina de asfalto.

De acordo com Bernucci et al. (2006), em usinas gravimétricas, o agregado seco e aquecido proveniente do secador é elevado através de caçambas elevatórias, e passa por uma série de peneiras que o separa em várias frações granulométricas, sendo então depositados nos silos quentes, como mostra a Figura 16.

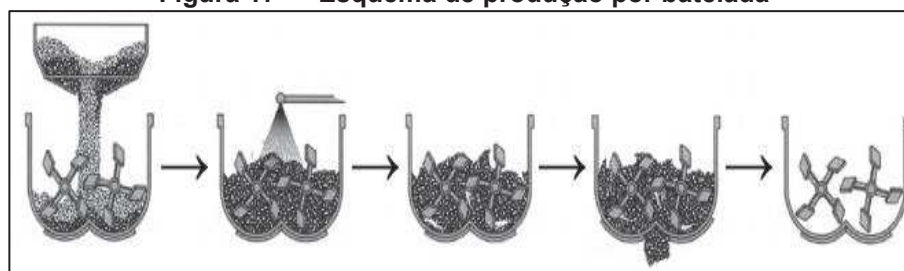
Figura 16 — Elevador e unidade de peneiramento em usina asfáltica gravimétrica



Fonte: Bernucci et al., 2006.

As frações de agregados são pesadas e estocadas em um depósito de pesagem, com portas na sua parte inferior, que são abertas e o agregado enche o misturador, onde o ligante asfáltico é descarregado por meio de uma barra espargidora. Na sequência o agregado e o ligante são misturados até que a mistura fique pronta, quando as portas do misturador se abrem, descarregando a mistura asfáltica. O processo de produção é representado na Figura 17 (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 17 — Esquema de produção por batelada



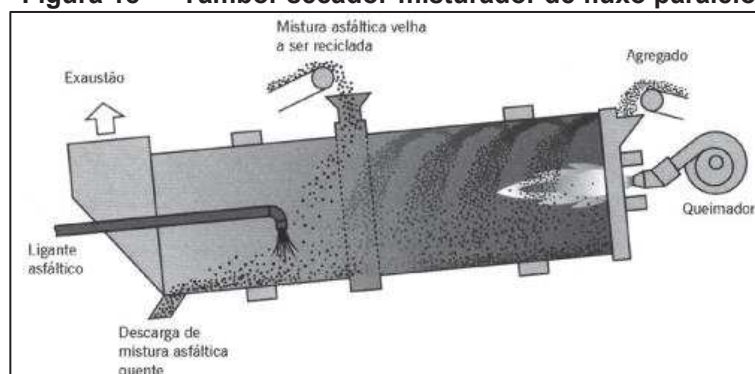
Fonte: Adaptado de Bernucci et al., 2006.

Segundo Bernucci et al. (2006), em usinas de asfalto contínuas, a mistura do ligante com o agregado é realizada no tambor do secador, após a secagem e o aquecimento do agregado. O agregado é seco e aquecido na zona primária do tambor

pelo calor produzido pelo queimador, sendo movimentado então para a zona secundária, onde o ligante asfáltico é introduzido e vigorosamente misturado.

Os autores acrescentam que no secador de fluxo paralelo, o ligante é introduzido no último terço do tambor, juntamente com o pó necessário na mistura asfáltica, conforme a Figura 18.

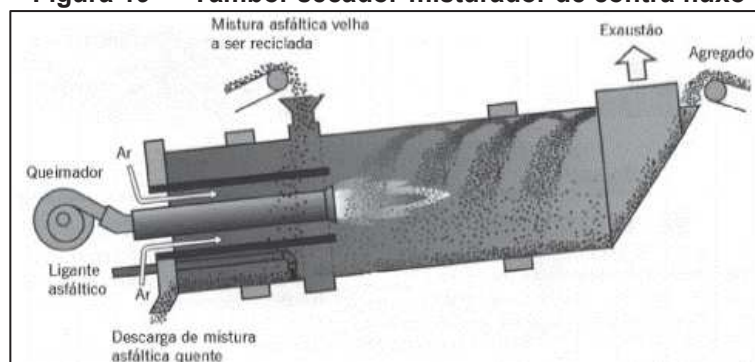
Figura 18 — Tambor secador-misturador de fluxo paralelo



Fonte: Bernucci et al., 2006.

Enquanto que nos secadores de contra fluxo, ainda segundo os mesmos autores, a introdução do ligante é feita fora da área de influência do queimador, como representa a Figura 19.

Figura 19 — Tambor secador-misturador de contra fluxo



Fonte: Bernucci et al., 2006.

Bernucci et al. (2006) acrescentam que a grande parte das usinas asfálticas contínuas são equipadas com silos de estocagem ou depósitos de controle de mistura asfáltica, conectadas a um sistema de pesagem para o controle da quantidade de mistura asfáltica a ser carregada em cada caminhão.

2.7.2 Método Produtivo na Usina de Antônio Ramos

A usina de asfalto Antônio Ramos, também conhecida como Usina do Caju, se localiza no bairro Caju, na zona portuária da cidade do Rio de Janeiro, conforme a Figura 20. A mesma dispõe de tecnologia 100% nacional e entrou em funcionamento em agosto de 2013, substituindo a Usina de Reciclagem de Asfalto Engenheiro Luiz Paes, construída na década de 70 (SANTANA e RODY, 2017).

Figura 20 — Indicação da localidade da usina de asfalto Antônio Ramos



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2017.

De acordo com Santana e Rody (2017), o complexo tem área total de mais de 20 mil metros quadrados e abrange, além da usina, refeitório, vestiário, auditório, laboratório de controle de qualidade e salas de administração. Ademais, é uma das usinas mais modernas do país, pela versatilidade em fabricar qualquer tipo de massa asfáltica, sem alterar sua qualidade ou velocidade, além de possuir um sistema totalmente automatizado. A usina de asfalto é exibida na Figura 21.

Figura 21 — Usina de Asfalto Antônio Ramos



Fonte: Santana e Rody apud Secretaria Municipal de Conservação – SECONSERVA, 2017.

Segundo Alencar (2013), a usina teve um custo total de 17 milhões de reais, provenientes de parceria público-privada, onde investidores compraram títulos mobiliários da operação urbana consorciada do projeto Porto Maravilha.

A usina tem capacidade de produzir 160 toneladas de mistura asfáltica por hora, e se juntará as outras três usinas asfálticas do município em atividade, usina de Campo Grande, com produção de 80 toneladas por hora, de Jacarepaguá, de 120 toneladas por hora, e a de Santa Cruz, de 60 toneladas por hora (CUNHA, 2013).

Cunha (2013) expõe que além das misturas convencionais, como o concreto betuminoso usinado a quente, a usina é ainda capaz de produzir CPA (Camada Porosa de Atrito), asfalto com pigmentação e asfaltos com reaproveitamento de materiais reciclados, como o asfalto borracha e misturas a partir de material fresado.

Segundo Santana e Rody (2017) os técnicos da usina, de maneira empírica, estimam a quantidade necessária de agregados para estocar de forma a manter a usina em contínuo funcionamento, lhes fornecendo o tempo necessário para solicitarem aos seus fornecedores a entrega dos agregados.

Ainda de acordo com os mesmos autores, os agregados utilizados na usina são o pó de pedra, a brita 0 e a brita 1, que ficam armazenados em um espaço coberto na usina, divididos em quatro baias, conforme a Figura 22, onde cada uma tem capacidade de cerca de duas mil toneladas de agregados.

Figura 22 — Armazenamento de agregados



Fonte: Santana e Rody apud Secretaria Municipal de Conservação – SECONSERVA, 2017.

Os autores afirmam que o cimento asfáltico de petróleo é o ligante mais utilizado na Usina de Asfalto de Antônio Ramos, sendo de suma importância o controle de temperatura durante o transporte, a estocagem e a usinagem de cada um dos ligantes, indicadas na Tabela 4.

Tabela 4 — Temperatura de Estocagem e Usinagem dos ligantes

Tipo de ligante	Temperatura máxima de transporte e estocagem (°C)	Temperatura máxima de usinagem (°C)
CAP 30-45	150 – 160	155
CAP 50-70	150 – 160	155
CAP 70-90	150 – 160	155
Asfalto polímero 70-90	170	170
Alto módulo 10-25	174	174

Fonte: Santana e Rody apud Secretaria Municipal de Conservação – SECONSERVA, 2017.

Santana e Rody (2017) acrescentam que os ligantes asfálticos são transportados em carretas com capacidade de 25 a 35 toneladas, e bombeadas pela bomba de recebimento aos seis tanques de armazenamentos horizontais, denominados de TA30E (Tanque de Armazenamento – 30 toneladas – Estacionário), com capacidade de estocar 30 toneladas e, de acordo com a fabricante CIBER (2016), capaz de armazenar 30.000 litros de CAP.

Os mesmos autores afirmam que cada um dos tanques possui, em sua parte inferior, serpentinas de tubos para o transito do fluido térmico. Esses tubos são do tipo parede dupla, onde o ligante asfáltico se desloca pelo tubo interno e o fluido pelo externo. Além disso, dois tanques ainda possuem batedores internos para os asfaltos polímeros, que são mais densos que os ligantes convencionais e necessitam estar em contínuo movimento.

O fluido térmico é aquecido através de um equipamento denominado aquecedor de fluido térmico – AFT (Figura 23), que possui um queimador alimentado por gás natural ou óleo diesel, que tem a função de gerar calor para aquecer o fluido térmico, realizando uma troca térmica com o ligante, mantendo o material fluido (SANTANA e RODY, 2017).

Figura 23 — Aquecedor de Fluido Térmico (AFT)



Fonte: Santana e Rody apud Secretaria Municipal de Conservação – SECONSERVA, 2017.

Segundo Santana e Rody (2017), na usina de asfalto de Antônio Ramos é utilizado um gerador de calor estacionário, modelo GC40, com potência de aquecimento do fluido térmico de 500.000 Kcal por hora.

No contexto de insumos da produção da mistura asfáltica, os mesmos autores assinalam que todos os fornecedores da usina devem apresentar atestados de atendimento da demanda estipulada, comprovação de utilização da usina de solos devidamente licenciada, para as britas graduadas e material de enchimento, e amostras dos produtos para serem analisadas no laboratório de controle de qualidade, de forma a garantir a aquisição de produtos com a adequada para utilização na usina.

Santana e Rody (2017) complementam que a coleta das amostras para os ensaios é feita por amostragem dos caminhões nas datas de entrega, ficando a descarga condicionada à orientação dos técnicos ou resultados dos ensaios.

Os mesmos autores classificam a usina de Antônio Ramos de acordo com os equipamentos como gravimétrica, uma vez que o equipamento produz misturas asfálticas em quantidades unitárias, conforme traço especificado para cada mistura.

Segundo Santana e Rody (2017), para a fabricação da mistura em um traço qualquer, são utilizados quatro silos frios, como mostra a Figura 24, cada um com sua

correia dosadora que conduz os agregados para a correia transportadora, levando-os para o secador.

Figura 24 — Silos frios de agregados da Usina de Antônio Ramos



Fonte: Adaptado de Usina, 2013.

Ainda de acordo com os mesmos autores, o proporcionamento do material de enchimento é feito de maneira análoga ao dos agregados, com silos frios, porém são utilizados apenas dois para esses materiais.

Santana e Rody (2017) caracterizaram o secador da usina como do tipo contra fluxo, uma vez que o secador possui o queimador na extremidade oposta de onde é feita a entrada de agregados, que se deslocam no sentido contrário ao do fluxo de gases oriundos da chama.

Conforme os mesmos autores, os gases oriundos do processo de secagem dos agregados são encaminhados pela câmara de aspiração para o filtro de mangas, porém, antes de chegar a esse filtro, os gases e os particulados carregados pelos mesmos passam pelo separador estático, onde o separador retém os maiores que 0,015mm e os devolve para o processo diretamente na calha.

De acordo com Santana e Rody (2017), os gases e as partículas menores que 0,015mm prosseguem para o filtro de mangas, onde as partículas são retidas pelos elementos filtrantes e os gases filtrados e liberados para a atmosfera.

Os referidos autores acrescentam que essas partículas retidas nos elementos filtrantes do filtro de mangas são devolvidas ao processo da mistura pelo sistema de ar comprimido, que emitem pulsos de ar comprimido a cada 8 a 10 segundos, soltando e encaminhando o material particulado para o caracol secundário, onde é inserido novamente ao processo de fabricação da mistura asfáltica.

O agregado que se manteve no secador é levado por um elevador até a parte superior da torre de misturas quentes, que pode ser vista na Figura 25, a qual possui

um conjunto de peneiras, onde o material é classificado por meio de sua granulometria, e levado aos silos quentes, onde o material é armazenado e encaminhado para a balança de agregados (Santana e RODY, 2017).

Figura 25 — Torre de misturas quentes



Fonte: Adaptado de Usina, 2013.

Segundo Santana e Rody (2017), através do traço estipulado, o operador, pela cabine de comando, realiza a dosagem do agregado no misturador, onde é realizada uma mistura a seco dos agregados, sendo o ligante asfáltico inserido em seguida por meio de uma barra espargidora, gerando assim a mistura asfáltica.

Por fim, a mistura asfáltica fica pronta em quantidades unitárias, que são elevadas até o Sistema de Transporte e Armazenamento, modelo STA50. A mistura é então despejada em caminhões, como pode ser visto na Figura 26, sendo transportada até o local de destino, onde será aplicada de maneira adequada em uma superfície previamente preparada (Santana e RODY, 2017).

Figura 26 — Despejo da mistura asfáltica pronta



Fonte: Adaptado de Coelho, 2013.

Santana e Rody (2017) consideraram a usina de asfalto como um equipamento complexo, onde cada um de seus componentes executa uma função, por mais simples que seja, e que devem ser compreendidos para evitar falhas ao conjunto, prejudicando todo o sistema.

2.7.3 Método Produtivo da empresa RibPav – Engenharia de Pavimentação Ltda

A RibPav é uma empresa localizada na rodovia SP-255, na cidade de Ribeirão Preto – SP, que presta serviços a prefeituras, órgãos públicos, usinas, construtoras e empresas de pavimentação e de engenharia. A mesma possui usina de asfalto própria com capacidade de produção de 120 toneladas por hora e conta com uma equipe de profissionais qualificados (RIBPAV, 2010).

Sua usina pode ser considerada gravimétrica, devido a sua produção por bateladas. A própria conta com cinco silos frios de balanças eletrônicas individuais, que podem ser vistos na Figura 27, que liberam os agregados, na dosagem exata para a mistura, na correia transportadora, onde a mesma os conduz para o secador.

Figura 27 — Silos frios de agregados



Fonte: RibPav, 2010.

Os materiais finos (*filler*) utilizados na usina da RibPav (2010) são o calcário, cal ou cimento, que são armazenados e dosados para a mistura através de silos de inclusão, conforme a Figura 28.

Figura 28 — Silos de inclusão de finos



Fonte: RibPav, 2010.

O armazenamento dos ligantes asfálticos é realizado através de quatro tanques de armazenamento, conforme Figura 29, que contam com agitadores verticais, além de serem aquecidos por óleos térmicos, permitindo o armazenamento de diferentes tipos de ligantes e garantindo sua fluidez (RIBPAV, 2010).

Figura 29 — Tanques de armazenamento dos ligantes asfálticos



Fonte: RibPav, 2010.

Quanto ao secador utilizado para a secagem dos agregados na usina, conforme Figura 30, o mesmo pode ser classificado como de contra fluxo, uma vez que os agregados seguem em sentido oposto aos gases provenientes da chama do secador (RIBPAV, 2010).

Figura 30 — Secador de agregados



Fonte: RibPav, 2010.

Os gases que carregam material fino do secador são conduzidos ao filtro de mangas que, segundo a RibPav (2010), filtra sólidos finos em 448 mangas de poliuretano, recuperando os materiais finos e conduzindo-os novamente para a mistura.

Ainda segundo a empresa, a mistura é realizada em quantidades unitárias (bateladas) em um misturador externo Pugmill, que pode ser visto na Figura 31, executando a mistura no traço especificado entre os agregados aquecidos com o ligante em temperatura adequada.

Figura 31 — Misturador Externo Pugmill



Fonte: RibPav, 2010.

O concreto betuminoso usinado a quente é então elevado e descarregado em caminhões, que transporta o material ao seu destino final de aplicação, onde receberá o tratamento adequado (RIBPAV, 2010).

2.7.4 Manejo Ambiental Em Usinas de Asfalto

São necessários cuidados para fins de preservação do meio ambiente, que envolvem a estocagem, produção e aplicação de agregados, além da operação da própria usina. É possível, segundo DNIT (2006b), compreender três tipos de agentes poluidores, emissão de partículas, de gases e emissões fugitivas.

Ainda segundo DNIT (2006b), a principal fonte responsável pela emissão de partículas é o secador rotativo, porém, podem contribuir para o agente poluidor o processo de peneiramento, a transferência e o manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.

O mesmo departamento considera que as emissões de gases são atribuídas a combustão do óleo combustível, ao misturador de asfalto, ao aquecimento do ligante asfáltico e dos tanques de estocagem de óleo combustível e dos ligantes.

Enquanto que as emissões fugitivas são caracterizadas por qualquer lançamento ao ambiente, sem passar primeiro por algum duto ou chaminé,

programado para controlar o fluxo, sendo as principais fontes as pilhas de estocagens ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, áreas de peneiramento, pesagem e mistura (DNIT,2006b).

DNIT (2006b) ainda recomenda que os reservatórios de cimento asfáltico e de óleos combustíveis devem estar instalados em locais afastados de cursos d'água e que devem ser instalados sistemas de controle de poluição do ar ou equipamentos que atendam os padrões estabelecidos na legislação.

2.8 PESQUISAS QUALITATIVAS EM TRABALHOS CIENTÍFICOS

Segundo Gil (2002, p. 17), pode-se definir a pesquisa como o

(...) procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

Ainda de acordo com o autor, a pesquisa é realizada através da união dos conhecimentos disponíveis e a utilização de métodos e técnicas científicas, desenvolvendo-se ao longo de um processo complexo, a partir da formulação do problema até a obtenção de respostas.

A pesquisa é o processo essencial da Ciência, realizado através de sucessivas aproximações e da compreensão da realidade a investigar, podendo ser dividida quanto a sua forma de abordagem em pesquisas qualitativas e quantitativas (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

De acordo com Fonseca (2002), o método quantitativo pode ser considerado como um modelo concentrado na objetividade e que se utiliza de linguagem matemática para relatar as causas e o próprio fato. Seus resultados, diferentemente do método qualitativo, podem ser quantificados. Contudo, como suas amostras em geral são grandes e consideradas representantes de uma população, seus produtos são apontados como o retrato real de todo o universo pesquisado.

Todavia, o autor considera que a pesquisa qualitativa se volta a circunstâncias da realidade que não podem ser quantificadas, focando-se no entendimento e na explicação das relações. As duas metodologias foram comparadas pelo autor no Quadro 1.

Quadro 1 — Comparação entre pesquisa quantitativa e qualitativa

Aspecto	Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa
Enfoque na interpretação do objeto	Menor	Maior
Importância do contexto do objeto pesquisado	Menor	Maior
Proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados	Menor	Maior
Quantidade de fontes de dados	Uma	Várias
Ponto de vista do pesquisador	Externo à organização	Interno à organização

Fonte: Adaptado de FONSECA, 2002.

Fonseca (2002) considera que o emprego em conjunto da pesquisa qualitativa e quantitativa permite compilar mais informações do que se poderia conseguir isoladamente. De maneira semelhante, Gerhardt e Silveira (2009) declaram os dois métodos incompletos, contudo, os pontos fortes de um complementam as deficiências do outro, se tornando indispensável no progresso da Ciência.

A metodologia qualitativa busca explicar os motivos das coisas, manifestando o que convém ser feito, sendo o pesquisador ao mesmo tempo o sujeito e o objeto de suas pesquisas (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Duarte (2004) declara que há várias maneiras de se realizar uma pesquisa qualitativa, como observações de campo, fotografias e videograções, documentos, *checklists*, grupos focais, questionário e entrevistas (DUARTE, 2004).

Para este trabalho foi utilizado o método de pesquisa qualitativo, não requerendo o uso de técnicas estatísticas, obtendo os resultados por meio de observações de campo e do acompanhamento do processo de beneficiamento. Vale ressaltar que para acompanhar todo o processo de beneficiamento da mistura asfáltica e posteriormente obter as conclusões finais deste Trabalho de Conclusão de Curso, a EMDUR autorizou por meios formais (Anexo A) a entrada na Usina.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo foi descrito a metodologia adotada para o trabalho, que visou realizar uma análise sobre o processo de beneficiamento da mistura asfáltica na usina de asfalto de Toledo – PR.

3.1 PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DA MISTURA ASFÁSTICA

Por meio das técnicas empregadas e recomendadas em bibliografia para uma pesquisa qualitativa, o uso das observações de campo pode ser considerado um dos métodos mais adequados para desenvolver e obter respostas confiáveis a respeito dos procedimentos e execução dos serviços objetos de estudo.

Desta forma, foram observadas todas as etapas do procedimento de beneficiamento da mistura asfáltica, no qual a EMDUR (Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo) disponibilizou um profissional que atua na referida empresa, cujo objetivo foi mostrar cada setor para o acadêmico, além de atender as normas de segurança exigidas.

3.2 LOCAL DE ARMAZENAMENTO DAS MATÉRIAS PRIMAS E REJEITO

Este item fora elucidado a partir de observações de campo, fotografias realizadas no local de beneficiamento da mistura e da obtenção de coordenadas geográficas (utilizou-se um GPS da marca Garmin 68sc), a fim de locar com precisão os locais de armazenamento da matéria prima e do destino final do rejeito produzido pela usina.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo, são apresentados os principais resultados obtidos a partir do acompanhamento da produção da mistura de asfalto da Usina de Asfalto do município de Toledo – PR.

4.1 MATÉRIAS-PRIMAS DO CBUQ

Os materiais utilizados para a fabricação do CBUQ na usina da EMDUR do município de Toledo são o ligante asfáltico CAP 50/70 e os agregados brita, areia e pó de pedra, além de materiais necessários para o funcionamento e operação da usina, como o óleo diesel e o óleo de xisto.

Os referidos insumos necessários para a produção do CBUQ na usina são adquiridos por meio de licitações na modalidade de pregão, conforme Lei Federal Brasileira nº 10.520/2002.

A referida modalidade é do tipo menor preço realizada em pregão presencial, além de dispor a possibilidade de acesso a sala de licitação via internet, possibilitando a participação de mais empresas de qualquer local e tornando-se um processo transparente ao público em geral.

Cada licitação realizada pela EMDUR classifica as empresas concorrentes de acordo com o menor preço por item, com o objetivo de efetuar o registro de preços de cada produto a ser adquirido pelo período, em geral, de 12 (doze) meses.

Os pagamentos são realizados 30 (trinta) dias após cada entrega, mediante a apresentação da nota fiscal e o comprovante de recebimento assinado pelo responsável.

4.1.1 Ligante Asfáltico

O ligante asfáltico utilizado na usina é o CAP 50/70, o mesmo é adquirido de acordo com a demanda de produção da usina e transportado em carretas de empresas particulares com capacidade de até 25.000 litros com temperatura entre 150 e 160°C.

O ligante é armazenado em dois tanques estacionários, com capacidade de armazenamento de 27.000 litros, que podem ser vistos na Figura 32, nas seguintes

coordenadas geográficas: 24° 41' 25" Sul e 53° 46' 10" Oeste. Enquanto um dos tanques abastece o processo de fabricação da mistura, o outro armazena o material para utilização futura.

Figura 32 — Tanques de armazenamento do ligante asfáltico e xisto betuminoso

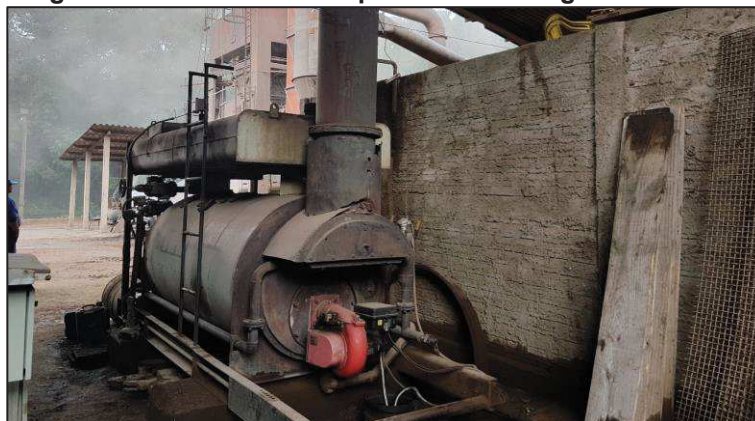


Fonte: Aatoria Própria, 2018.

O terceiro tanque, da esquerda para a direita da Figura 32, também com capacidade de armazenar 27.000 litros, mantém o óleo de xisto tipo “E” OTE que é utilizado como fonte de energia do aquecedor.

O ligante asfáltico e o óleo de xisto são mantidos no interior dos tanques na temperatura de 150°C, sendo aquecidos através de um sistema de óleo térmico, exibido na Figura 33, de forma a se manter fluido.

Figura 33 — Sistema de aquecimento do ligante asfáltico



Fonte: Aatoria Própria, 2018.

O sistema de óleo térmico funciona através do aquecimento do óleo por meio de uma caldeira. O óleo aquecido flui por serpentinas nas paredes dos tanques de armazenamento e transmite a temperatura para os materiais, sendo constantemente aquecido pela caldeira.

A caldeira opera a partir de combustível diesel, que é armazenado na usina em um tanque de 3.800 litros, e tem um consumo de aproximadamente 13 litros por hora.

4.1.2 Agregados

Os agregados utilizados na fabricação da mistura asfáltica da usina de Toledo são a areia e a brita, sendo a última de duas granulometrias distintas, utilizadas de acordo com o tipo de mistura a ser executada.

Esses materiais ficam armazenados separadamente em um pátio da usina, sendo depositado diretamente sobre o solo, como pode ser visto na Figura 34. O pátio está localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 24°41' 23" Sul e 53° 46' 09" Oeste.

Figura 34 — Pátio de armazenamento de agregados na usina de asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Com o objetivo de proteger os agregados da umidade proveniente das intempéries, são utilizadas lonas plásticas, como visto na Figura 34, de maneira a cobrir todo o montante de material armazenado, sendo descobertos durante a usinagem.

A quantidade de material a ser armazenada é estimada de maneira empírica de acordo com a quantidade a ser produzida, possibilitando o funcionamento contínuo da usina por determinado período de tempo.

As britas são extraídas da jazida presente na propriedade onde está instalada a usina, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 24° 41' 28" Sul e 53° 46' 10" Oeste. A rocha é extraída (Figura 35) e fragmentada por meio de explosões,

realizadas por empresas especializadas que são contratadas através de licitação, garantindo o manuseio das rochas.

Figura 35 — Local de extração de brita na Usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

A rocha fragmentada é transportada em caminhões até a Pedreira Municipal de Toledo – PR, localizada nas margens da rodovia PR-317 com direção a Ouro Verde do Oeste, como indica a Figura 36.

Figura 36 — Indicação da localidade da Pedreira Municipal de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Na Pedreira Municipal de Toledo – PR, a rocha é cominuída em dois tipos de britas, classificadas segundo suas peneiras em brita 3/4 e brita 3/8 com material de fundo, com granulometria entre 4,76 a 19,1 mm e 4,76 a 9,52 mm, respectivamente, sendo a última acrescida de material inferior a 4,76 mm.

Segundo a classificação de britas para concreto de Senço (2007), habitualmente utilizada, as britas correspondem às Britas 1 e 0, respectivamente, sendo a última acrescida de material fino, pó de pedra.

As britas são carregadas em caminhões e transportadas de volta ao pátio da usina, onde são armazenadas em dois grandes volumes, de acordo com a sua classificação granulométrica.

Os agregados são estocados até sua utilização na fabricação do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), tendo suas proporções definidas de acordo com o tipo de traço da mistura a ser produzida.

4.2 TIPOS DE MISTURAS FABRICADAS

Na usina de asfalto de Toledo – PR são executados dois tipos diferentes de CBUQ, que se diferenciam nas granulometrias de agregados graúdos utilizados, e a quantidade de cada material na mistura. Em pavimentações de vias de tráfego intenso utiliza-se uma massa grossa, enquanto que em vias de tráfego leve é empregada uma massa fina.

Na massa fina, a mistura é composta de brita 0, pó de pedra, areia e CAP 50/70, enquanto que na mistura grossa são utilizados os mesmos materiais e sendo ainda acrescida uma parcela de brita 1.

No laboratório da usina, através da análise granulométrica das amostras retiradas das cargas de agregados entregues, são definidas as parcelas que cada um deles compõe em cada uma das misturas.

Durante a realização deste trabalho, verificou-se que as porcentagens de agregados utilizados em cada uma das misturas produzidas na Usina de Asfalto de Toledo – PR foram as descritas na

Tabela 5.

Tabela 5 — Porcentagem em massa de agregados em cada tipo de mistura

Matéria Prima	Massa Fina (%)	Massa Grossa (%)
Brita 1	0,00	30,00
Brita 0 + pó de pedra	85,00	65,00
Areia	15,00	5,00
Total	100,00	100,00

Fonte: Autoria própria, 2018.

Determinadas as frações de agregados que compõem cada uma das misturas, são realizados ensaios a fim de determinar o teor ótimo de CAP a ser utilizado em cada mistura.

Ao longo da realização deste trabalho, os ensaios realizados determinaram o teor ótimo de CAP de 5% da massa seca dos agregados para a massa grossa, e 5,7% para a massa fina.

Através das frações de agregados e o teor ótimo de CAP utilizado em cada uma das massas, é possível determinar, em massa, as quantidades necessárias de cada uma das matérias primas para a preparação de uma batelada (638kg) de CBUQ, de massa fina e grossa, como são descritas na Tabela 6.

Tabela 6 — Quantidade em massa das matérias primas para produção das misturas asfálticas

Matéria Prima	Massa Fina (kg)	Massa Grossa (kg)
CAP 50-70	34,40	30,38
Brita 1	0,00	182,29
Brita 0 + pó de pedra	513,06	394,95
Areia	90,54	30,38
Batelada	638,00	638,00

Fonte: Autoria própria, 2018.

Definidas as quantidades de cada uma das matérias primas em cada mistura, realiza-se o proporcionamento das misturas no processo de produção das misturas asfálticas.

4.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA

Inicialmente, os agregados são transportados do pátio de onde estão armazenados aos silos frios, estruturas responsáveis pelo proporcionamento dos agregados, através de uma pá carregadeira. Os silos frios e a pá carregadeira podem ser vistos na Figura 37.

Figura 37 — Pá carregadeira utilizada no carregamento dos silos frios



Fonte: Autorial Própria, 2018.

A usina conta com três silos frios, conforme a Figura 38, cada um com capacidade de 12 metros cúbicos e sendo ocupado por cada tipo de agregado empregado nas misturas.

Figura 38 — Silos frios da usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autorial Própria, 2018.

As aberturas inferiores dos silos são as estruturas responsáveis pela dosagem dos agregados na mistura. Por meio de sua abertura controlam a quantidade de material liberada a uma taxa constante na correia dosadora, que é encarregada de transportar os agregados que saem pelas aberturas dos silos até a correia transportadora, que os conduz até o secador.

O secador da usina pode ser caracterizado como um secador de contra fluxo, visto que, conforme a Figura 39, os agregados seguem em um sentido, enquanto que o fluxo de ar no interior do equipamento segue em sentido contrário.

Figura 39 — Secador de contra fluxo da Usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Os agregados, dosados pelos silos frios e transportados pela correia transportadora, são secos através da chama do secador, produzida através da queima do xisto betuminoso armazenado em um dos tanques da usina, e atingem a temperatura de 190°C.

O fluxo de ar no interior do secador carrega em si partículas de finos dos agregados e gases da combustão do xisto betuminoso, sendo coletado na parte superior do secador, na extremidade onde também são inseridos os agregados.

Esse fluxo é então conduzido a um coletor primário do tipo ciclone, que pode ser visto na Figura 40, onde as partículas de finos são depositadas no seu interior e reintegrados a mistura de agregados após a saída dos mesmos do secador.

Figura 40 — Coletor primário da Usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Em seguida, o fluxo de ar que sai do coletor primário é então guiado até um coletor secundário do tipo coleta úmida, apresentado na Figura 41, onde são retirados os gases da combustão do xisto e o restante dos finos, para que o fluxo de ar possa ser expelido pela chaminé.

Figura 41 — Coletor secundário da Usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

A solução aquosa contendo os materiais retirados do coletor secundário é encaminhada às piscinas de decantação por meio de tubulações, como pode ser visto na Figura 42, onde o resíduo fica armazenado e com o decorrer do tempo decanta. As três piscinas de decantação possuem capacidade de armazenar 100 toneladas de resíduo.

Figura 42 — Piscinas de decantação da Usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Os agregados aquecidos e secos que saem do secador são misturados aos finos provenientes do coletor primário, e então elevados por meio de caçambas elevatórias à torre gravimétrica, representada na Figura 43, onde essa mistura seca é segregada por peneiras em diversas porções granulométricas, que ficam depositadas nos silos quentes até serem liberadas ao misturador.

Figura 43 — Torre Gravimétrica da Usina de Asfalto de Toledo – PR

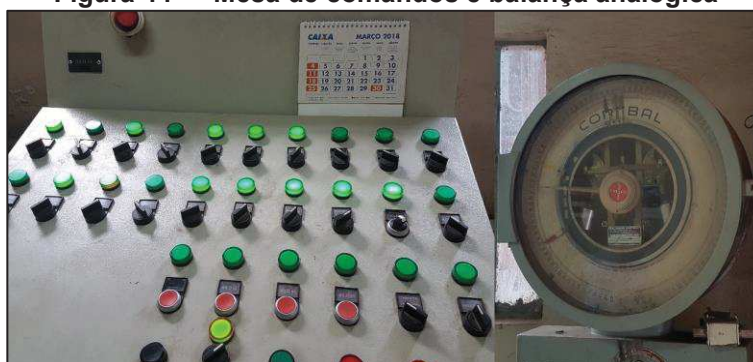


Fonte: Autoria Própria, 2018.

No misturador, o CAP 50/70 é inserido através de uma barra espargidora na temperatura de 150°C e misturado com os agregados por pás, até que o concreto betuminoso usinado a quente fique pronto, momento em que a mistura é descarregada em caminhões.

Todo o processo é controlado a partir de uma sala de controle, próxima a torre gravimétrica da usina, através de balanças analógicas e uma mesa de comando, conforme a Figura 44.

Figura 44 — Mesa de comandos e balança analógica



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Cada batelada, ou produção unitária de CBUQ na usina de asfalto de Toledo – PR corresponde a 638 kg. Os caminhões utilizados no transporte da mistura até o local de aplicação têm capacidade de transportar 18 toneladas de CBUQ, o que corresponde a aproximadamente 28 bateladas.

A Usina de Asfalto de Toledo – PR possui capacidade instalada de produção de 40 a 60 toneladas por hora, produzindo atualmente a uma faixa de 55 toneladas de CBUQ por hora.

4.4 DESTINO DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO

Para obter a Autorização Ambiental, a usina de Asfalto de Toledo – PR segue a recomendação do IAP – Instituto Ambiental do Paraná, que indica que a solução aquosa proveniente do coletor secundário deve ser enviada a uma piscina de decantação.

Esse material é retirado das piscinas anualmente e deixado secar ao ar livre, como pode ser visto na Figura 45, até que reste apenas a parte sólida do material, composta por partículas de finos de agregados.

Figura 45 — Secagem do resíduo do coletor secundário da Usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Autoria Própria, 2018.

O material quando seco é retirado do local e transportado até o Aterro Sanitário do município de Toledo – PR, onde é depositado em seu destino final, nas seguintes coordenadas geográficas: 24° 44' 59" Sul e 53° 48' 15" Oeste.

4.5 COMPARATIVO ENTRE USINAS

Por meio das informações alcançadas com a realização deste trabalho, foi possível estabelecer parâmetros que pudessem ser empregados em comparação às usinas de asfaltos utilizadas como referencial para esta pesquisa. Este item traz um estudo comparativo entre a Usina de Asfalto de Toledo – PR e as usinas utilizadas como referencial bibliográfico deste trabalho em relação à suas estruturas e capacidade de produção, suas matérias primas e métodos produtivos.

Em contrapartida, não há qualquer informação em relação à forma de aquisição de produtos, ao destino do resíduo de produção e às características e

especificações dos CBUQs produzidos nas usinas empregadas como referencial desta pesquisa, não sendo possível sua comparação.

No que se refere a estrutura, a Usina de Asfalto de Toledo – PR possui em sua propriedade, além da usina em questão, sala de controle, laboratório, portaria, pátio de armazenamento de agregados, local para extração de britas, piscinas de decantação e local para secagem de resíduos, conforme se observa na Figura 46.

Figura 46 — Mini mapa da Usina de Asfalto de Toledo – PR



Fonte: Adaptado de Google, 2018.

De acordo com os equipamentos da Usina de Asfalto de Toledo – PR e a forma que são produzidas as misturas asfálticas, é possível classificar a usina como sendo do tipo gravimétrica ou por batelada, segundo o método classificatório exemplificado por Bernucci et al., (2006).

Em relação à quantidade produzida, a Usina de Asfalto de Toledo – PR possui capacidade instalada de produção de 60 toneladas por hora, enquanto que a de Santana e Rody (2017) possui capacidade de 160 t/h.

No que está relacionado às vias de tráfego, a usina em estudo possui vias internas não pavimentadas, utilizadas no transporte das matérias primas e das misturas asfálticas produzidas, propiciando as emissões fugitivas, caracterizadas pelo DNIT (2006b). Não há informações sobre as vias internas das usinas de Santana e Rody (2017) e RibPav (2010) a respeito das mesmas emissões.

Quanto às matérias primas, os agregados da Usina de Asfalto de Toledo – PR são armazenados em grandes volumes depositados diretamente sobre o solo,

diferentemente da Santana e Rody (2017), onde o material é armazenado sobre o piso de concreto em um grande espaço coberto.

Ademais, a forma de armazenamento dos agregados utilizada na Usina de Asfalto de Toledo – PR não evita a transmissão da umidade proveniente do solo e ainda possibilita uma grande emissão de partículas, visto que no período de usinagem as pilhas de estocagem estão descobertas.

Esses agregados utilizados na Usina de Toledo – PR são o pó de pedra, a brita 0, brita 1 e areia, enquanto que na usina de Santana e Rody (2017) são utilizados os mesmos com exceção da areia. Já na usina da RibPav (2010) não há informação além dos materiais finos utilizados, que são o calcário, cal e cimento.

No que tange os ligantes asfálticos, a Usina de Toledo utiliza apenas o CAP 50/70, enquanto que a usina de Santana e Rody (2017) utiliza, além CAP 50/70, o CAP 30/45, CAP 70/90, asfalto polímero 70/90 e alto módulo 10/25.

Em relação ao armazenamento dos ligantes asfálticos, a Usina de Toledo utiliza apenas 2 tanques horizontais de 27.000 litros, a quantidade mínima de tanques segundo Bernucci et al. (2006), enquanto que a usina de Santana e Rody (2017) possui 6 tanques de 30.000 litros e a da RibPav (2010) possui 4 tanques verticais.

É característica comum em todas as usinas, que os tanques de armazenamentos dos ligantes asfálticos possuem sistema de aquecimento com o objetivo de manter os materiais fluidos e permitir sua utilização na produção das misturas asfálticas.

Ademais, o sistema de aquecimento utilizado na Usina de Toledo e na de Santana e Rody (2017) funciona a partir de óleo diesel, ainda que o desta última funcione também por gás natural.

Quanto ao método produtivo empregado, as etapas de produção empregadas em cada uma das usinas se diferem em alguns aspectos. No que diz respeito ao proporcionamento dos agregados das misturas, tanto na usina em estudo como as citadas em bibliografia, é realizado por meio das aberturas dos silos frios nas correias. A Usina de Toledo possui 3 (três) silos frios com capacidade de 12 (doze) metros cúbicos, enquanto a de Santana e Rody (2017) possui 4 (quatro) e a da RibPav (2010) 5 (cinco) silos frios, sem informações em relação a suas capacidades.

Nas usinas em bibliografia, os silos frios não são carregados além da sua estrutura, diferentemente do que ocorre nos silos da Usina de Toledo, onde acabam

ocorrendo misturas entre os tipos de agregados, o que pode acarretar no incorreto proporcionamento dos agregados que serão encaminhados ao secador.

Em relação aos materiais finos, enquanto que na Usina de Toledo os mesmos estão incluídos com uma parcela dos agregados, na usina de Santana e Rody (2017) são utilizados 2 (dois) silos frios para o seu proporcionamento individual e na da RibPav (2010) 2 (dois) silos de inclusão.

As quantias de cada agregado que saem dos silos frios da usina em estudo, são lançadas em uma única correia dosadora e transportadora, ao passo que nas usinas referenciadas em bibliografia, cada silo tem sua própria correia dosadora, que encaminha os materiais à correia transportadora.

A Usina de Toledo, assim como todas as citadas em bibliografia, possui o secador do tipo contra fluxo, que de acordo com Bernucci et al. (2006), é o tipo utilizado nas usinas mais modernas, visto que a troca de energia é mais eficiente nesse tipo de secador.

No que se refere aos coletores, na Usina de Toledo é utilizado coletor primário, do tipo ciclone, e secundário, do tipo coleta úmida. Enquanto que em Santana e Rody (2017) são utilizados como coletor primário e secundário, o separador estático e o filtro de mangas, respectivamente, e segundo RibPav (2010) é utilizado apenas o filtro de mangas, porém com um sistema que permite a recuperação e a reutilização dos materiais finos nas misturas.

Quanto ao tipo de misturador, na Usina de Toledo os agregados secos são misturados ao ligante no misturador da torre gravimétrica, tal qual a usina de Santana e Rody (2017), à medida que na usina da RibPav (2010) é utilizado um misturador externo.

Em referência à temperatura de usinagem dos ligantes, a Usina de Toledo utiliza o CAP 50/70 a temperatura de 150°C, enquanto que Santana e Rody (2017) retratam a temperatura máxima de usinagem para o mesmo tipo de ligante é de 155°C.

A produção de todas as usinas citadas neste trabalho se dá por meio de bateladas, ou seja, de uma quantidade pré-definida. Enquanto que na usina objeto de estudo e de RibPav (2010), as bateladas são descarregadas diretamente em caminhões, na usina de Santana e Rody (2017) a mistura é levada à um Sistema de Transporte e Armazenamento para então ser despejadas em caminhões para ser transportada ao seu local de aplicação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho, que teve como objetivo geral detalhar o processo de beneficiamento da mistura asfáltica da Usina de Mistura Asfáltica do município de Toledo – PR, além de comparar a metodologia com outras estudadas em bibliografia.

Ademais, são realizadas sugestões para trabalhos futuros, visando à continuidade da pesquisa sobre o tema.

5.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta informações sobre o processo de produção de CBUQ adotado pela Usina de Asfalto do município de Toledo – PR, especificando como as matérias primas são adquiridas e armazenadas e como se dá a destinação final do resíduo de produção. Além disso, possibilitou a comparação entre o método estudado com os empregados em outras usinas.

Em relação as matérias primas necessárias, as mesmas são adquiridas através de licitações de modalidade pregão, do tipo menor preço, efetuando o registro de preços de cada produto a adquirido pelo período de 12 (doze) meses.

No que se refere à forma de armazenamento das mesmas, os agregados são mantidos sobre o solo em um pátio descobertos, sendo suas pilhas cobertas por lonas plásticas para preservar o material das intempéries. Enquanto que o ligante asfáltico, do tipo CAP 50/70, é mantido em 2 (dois) tanques de 27.000 litros, conservado aquecido através de um sistema de caldeira.

A destinação final do resíduo de produção da Usina de Asfalto de Toledo é o Aterro Municipal, sendo encaminhado após a retirada anual das piscinas de decantação e sua secagem ao ar livre.

De maneira geral, o processo de produção adotado na Usina de Asfalto de Toledo é semelhante ao adotado em Santana e Rody (2017) e RibPav (2010), com pequenas ressalvas, que se devem principalmente à capacidade de produção das usinas.

Durante o desenvolvimento do trabalho, verificou-se que o acompanhamento da execução do CBUQ na Usina de Asfalto de Toledo – PR viabilizou a dissertação sobre o processo de beneficiamento adotado na usina, objeto de estudo.

Enquanto que as observações de campo realizadas na usina de asfalto objeto de estudo, juntamente com o uso de fotografias, permitiu elucidar as formas de armazenamento de matérias primas e a destinação final do resíduo de produção.

Ademais, o uso do GPS da marca Garmin 68sc permitiu localizar com precisão os locais de armazenamentos de matérias primas e de destinação final do resíduo de produção.

Deste modo, este trabalho tornou-se um documento de consulta, para fins acadêmicos, descrevendo detalhadamente o processo de produção de mistura asfáltica adotado na Usina de Asfalto de Toledo – PR, além de dar enfoque especial às formas de aquisição e armazenamento das matérias primas utilizadas e a destinação final do resíduo de produção.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o objetivo de aperfeiçoar e dar continuidade a esse estudo, propõe-se a realização das seguintes pesquisas:

- Obter o teor ótimo de CAP nas misturas de CBUQ produzidas na Usina de asfalto de Toledo – PR a partir de amostras de agregados entregues na usina;
- Estudo do processo de aplicação da mistura asfáltica produzida na Usina de asfalto de Toledo – PR nas vias do município de Toledo – PR;
- Determinação da Estabilidade e Fluência de corpos de prova de CBUQ produzido na Usina de Asfalto de Toledo – PR;
- Determinação da Resistência à compressão diametral de corpos de prova de CBUQ produzido na Usina de Asfalto de Toledo – PR; e
- Estudo da influência do teor de CAP na resistência à compressão diametral de corpos de prova de CBUQ da Usina de Asfalto de Toledo – PR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, Emanuel. Rio inaugura nova usina de asfalto no Caju. O Globo. Rio de Janeiro, ago., 2013. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/rio/rio-inaugura-nova-usina-de-asfalto-no-caju-9388854>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007.

BAPTISTA, António Miguel Costa. Misturas Betuminosas Recicladas a Quente em Central: Contribuição para o seu estudo e aplicação. 2007.

BAUER, Luiz AF. **Materiais de Construção**. vol. 1 e. LCT–Livros Técnicos e Científicos Editora SA Minas Gerais, 2000.

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G. da; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, v. 504, 2006.

BIRDSEYE. **Imagem de satélite**. 2017.

BRITTO JÚNIOR, Álvaro Francisco de; FERES JÚNIOR, Nazir. **A utilização da técnica da entrevista em trabalhos científicos**. Evidência, Araxá, v. 7, n. 7, p. 237-250, 2011.

CIBER. **Catálogo de Tanques 2017**. 2016. Disponível em: < https://media.wirtgen-group.com/media/06_sasww/_local_content/06_ciber/informative_material/products_6/tanks_1/20170629_6/Catlogo_Tanques_2017_-_PT_20170629.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2018.

COELHO, Daniel. **Usina de Asfalto de Antônio Ramos**. 2013. Fotografia. Disponível em: < <http://www.rio.rj.gov.br/igstatic/43/24/02/4324020.jpg>>. Acesso em: 10 de dez. de 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial**. Brasília: 2017. Disponível em: < [http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2017\)%20-%20ALTA.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2017)%20-%20ALTA.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

CUNHA, Anna Beatriz. Prefeitura inaugura nova Usina de Asfalto da cidade. **Prefeitura do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, ago., 2013. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=4285074>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - **DNIT EM 095/2006 – Cimentos asfálticos de petróleo – Especificação do material**. Rio de Janeiro, 2006a.

_____ - **DNIT ES 031/2006 – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006b.

_____ - **DNIT ME 155/2010 – Material Asfálticos – Determinação da Penetração – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2010.

DUARTE, Rosália. **Entrevistas em pesquisas qualitativas**. Educar em revista, n. 24, 2004.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da Pesquisa Científica**. 2002.

GAZETA TOLEDO. **Toledo possui 18% das estradas do interior asfaltadas**. Disponível em <http://www.gazetatoledo.com.br/NOTICIA/32970/TOLEDO_POSSUI_18_DAS__ESTRADAS_DO_INTERIOR_ASFALTADAS#.WZRaxFGGPIU>. Acesso em: 12 set. 2017.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.5.1557. 2018. **Pedreira Municipal de Toledo - PR**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Pedreira+Mun.+de+Toledo+-+PR-317,+Toledo+-+PR/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ILOS. Panorama Custos Logísticos no Brasil. Rio de Janeiro, 2014.

NAKAMURA, Juliana. Pavimentação asfáltica: Os tipos de revestimento, o maquinário necessário e os cuidados na contratação, projeto e execução. **Infraestrutura urbana: projetos, custos e construção**, São Paulo, ano 2, n. 16, jul. 2012.

RIBPAV. **Concreto Betuminoso Usinado a Quente**. 2010. Disponível em: <<http://www.ribpav.com.br/Produtos/CBUQ>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

ROSA, Maria Virgínia de Figueiredo Pereira. do Couto; ARNOLDI, Marlene Aparecida Gonzalez Colombo. **A entrevista na pesquisa qualitativa**, 2006.

SANTANA, Ana Clara Roque da Silva; RODY, Henrique Apolinário. **Processo de fabricação de misturas a quente realizadas em usina gravimétrica: o caso da usina de asfalto Antônio Ramos**. Projectus, v. 1, n. 3, p. 106-118, 2017.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2007. v. 1.

TOLEDO. **Decreto nº114/84, de 11 de dezembro de 1984**. Constitui a Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo, aprova seus Estatutos e dá outras providências. Toledo, 1984.

USINA de Asfalto do Caju. Celeiro Digital. Copa Engenharia. Rio de Janeiro, 2013. 4min. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=nKP7utvU138> > Acesso em: 10 dez. 2017.

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA



SOLICITAÇÃO

15 de maio de 2017.

Ao senhor Diretor,

Rodrigo Bortolotto Sales

Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo – EMDUR

Assunto: Solicitação de autorização para realização de pesquisa na usina de mistura asfáltica do município de Toledo – PR.

Senhor Diretor,

1. Tendo em vista o exímio trabalho realizado na usina de mistura asfáltica do município de Toledo – PR, a cargo da Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo – EMDUR.
2. Tendo em vista ainda a função da universidade e do setor público de divulgar e incentivar a produção de conhecimentos relativos aos processos ocorrentes na referida usina.
3. Venho, por meio deste, solicitar a autorização do eminente Diretor para realização de pesquisa nas dependências da usina. O projeto de estudo será conduzido pelo aluno Lucas Flois Ferreira do curso de Engenharia Civil, sob meu acompanhamento e orientação, e seu escopo básico encontra-se descrito em anexo.
4. Colocamo-nos à disposição para demais esclarecimentos, caso julgue necessário.

Atenciosamenté,

PROTOCOLO:	1111
DATA:	15/05/17
	<i>Michele A. M. Gomes</i>
HORA:	8:52

Elmagnno Catarino Santos Silva
Elmagnno Catarino Santos Silva
 Professor do Magistério Superior
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Contato: (45) 98409-8920

Rodrigo Bortolotto Sales
 15/05/17
Rodrigo Bortolotto Sales
Rodrigo Bortolotto Sales
 Diretor Superintendente
 EMDUR