

FACULDADE DOCTUM

**ANA CLARICE FERREIRA RABELLO
HUGO FERREIRA RABELLO**

**DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DE OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO E
DRENAGEM PLUVIAL: ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA NO MUNICÍPIO DE
ARACITABA-MG**

Juiz de Fora
2020

**ANA CLARICE FERREIRA RABELLO
HUGO FERREIRA RABELLO**

**DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DE OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO E
DRENAGEM PLUVIAL: ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA NO MUNICÍPIO
DE ARACITABA-MG**

Monografia de Conclusão de Curso Parcial, apresentada ao curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^{fa}. Me. Ana Cristina Ribeiro Junqueira

Juiz de Fora
2020

**ANA CLARICE FERREIRA RABELLO
HUGO FERREIRA RABELLO**

**DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DE OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO E
DRENAGEM PLUVIAL: ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA NO MUNICÍPIO
DE ARACITABA-MG**

Monografia de Conclusão de Curso Parcial, submetida à Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada pela seguinte banca examinadora.

Prof^a. Me. Ana Cristina Ribeiro Junqueira
Orientadora e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Prof^a. Me. Thássia Marchi Vieira
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Examinada em: ___/___/___.

AGRADECIMENTOS

À Deus por nos conceder força e coragem para aproveitar as oportunidades e ultrapassar obstáculos.

Aos nossos pais, Ormeu e Inês, pelo apoio e incentivo de sempre.

À nossa irmã, Ana Luiza, por não medir esforços para nos ajudar e acreditar em nós.

Às amigas que conquistamos durante esta caminhada, as quais foram fundamentais para que nós continuássemos o percurso.

À Profa. Me. Ana Cristina Junqueira Ribeiro por acreditar em nossa capacidade de trabalho, pelas oportunidades, orientações e conselhos que nos foram dados durante toda a graduação.

Aos Profs. Me. Thássia Marchi Vieira e Me. Ruben Christian Barbosa pelo apoio e compreensão.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar diretrizes para o planejamento operacional em obras de pavimentação e drenagem pluvial. O assunto é abordado a partir de análise teórica e empírica e, para o seu desenvolvimento, será realizada análise bibliográfica e documental, bem como levantamento de campo a partir da observação. Os dados obtidos em campo foram analisados em consonância com os dados levantados durante a execução da revisão bibliográfica. Por fim, foram apresentadas as diretrizes para planejamento operacional voltadas para obras de pavimentação com blocos intertravados e drenagem de águas pluviais. Com o intuito de facilitar a elaboração das diretrizes foi realizado um estudo de caso em uma obra no município de Aracitaba-MG. Almeja-se que os resultados desse trabalho auxiliem as equipes de obra a se prepararem para a execução da mesma, com base nas características do projeto de pavimentação, nos processos construtivos adotados e no prazo estabelecido para a construção.

Palavras-chaves: drenagem pluvial; pavimentação; blocos intertravados

ABSTRACT

This work aims to present guidelines for operational planning in paving and pluvial drainage works. The subject is approached from theoretical and empirical analysis and, for its development, bibliographic and documental analysis will be carried out, as well as field survey from observation . The data obtained in the field were analyzed in consonance with the data collected during the execution of the bibliographic review. Finally, the guidelines for operational planning were presented, aimed at paving works with interlocking blocks and rainwater drainage. In order to facilitate the elaboration of the guidelines, a case study was conducted in a work in the municipality of Aracitaba-MG. The objective is that the results of this work help the construction teams to prepare for its execution, based on the characteristics of the paving project, the construction processes adopted and the deadline established for the construction.

Keywords: rain drainage; paving; interlocking blocks

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO	13
3.1 Planejamento e Controle de Obra	13
3.1.1 Conceituação	13
3.1.2 Hierarquia do Planejamento.....	13
3.1.3 Planejamento Operacional na Construção Civil	15
3.2 Obra de Pavimentação	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1. Área de Estudo	32
4.2 Metodologia	33
5. RESULTADOS e DISCUSSÕES.....	36
5.1 Especificações de Projeto.....	36
5.2 Execução das Etapas da Obra	45
5.2.1 Execução Sistema de Drenagem Pluvial	46
5.2.2 Execução Pavimentação com Bloquetes Intertravados	52
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição do nível de atividade ao longo do ciclo de vida de um projeto	16
Figura 2: Representação da influência do projeto na construção.....	17
Figura 3: Diagrama de fluxo de dados característico das empresas de construção.....	18
Figura 4: Terraplanagem - Corte	20
Figura 5: Terraplanagem – Aterro.	20
Figura 6: Terraplanagem – Mista.	21
Figura 7: Exemplo de drenagem para os talvegues.	24
Figura 8:Exemplificação de drenagem superficial.	25
Figura 9: Drenagem longitudinal rasa.	26
Figura 10: Esquema de representação de drenagem profunda.	26
Figura 11: Estruturas de pavimentos.....	28
Figura 12: Classificação do revestimento.....	29
Figura 13: Modelos de assentamentos: (a) fileiras; (b) trama; e (c) espinha de peixe.....	29
Figura 14: Estrutura do pavimento intertravado.	30
Figura 15: Localização do Município de Aracitaba.	32
Figura 16: Croqui de localização das ruas a serem pavimentadas	33
Figura 17: Sequência de desenvolvimento do trabalho.....	34
Figura 18: Detalhamento do assentamento do tubo.....	38
Figura 19: Planta baixa e corte A-A do poço de visita.....	38
Figura 20: Planta baixa caixa de ralo.	39
Figura 21: Corte caixa de ralo. (A)Corte A-A. (B) Corte B-B.	39
Figura 22: Representação projeto - rua B	41
Figura 23: Representação projeto - rua C	41
Figura 24: Representação projeto - rua D	41
Figura 25: Representação projeto - rua E	41
Figura 26: Representação projeto - rua São Roque.....	42
Figura 27: Representação projeto - seção básica das vias e o detalhamento da sarjeta e meio fio.	43

Figura 28: Fases de execução da obra de drenagem pluvial. (A) Escavação mecânica de valas. (B) Valas sistema de drenagem.....	47
Figura 29: Fases de execução das obras de drenagem pluvial. (A) Assentamento de tubos de concreto com o auxílio de maquinário; (B) Tubo de concreto assentado.....	48
Figura 30: (A) Fases de execução das obras de drenagem pluvial- Compactação solo com compactador portátil. (B) Recalque após a finalização por falha de execução.....	49
Figura 31: (A) Vista geral da caixa de ralo em execução. (B) Vista interna da caixa de ralo.....	50
Figura 32: (A) Vista superior poço de visita em execução. (B) Vista geral poço de visita.....	50
Figura 33: (A) Execução do calçamento. (B) Execução de assentamento de meio-fio pré-moldado de forma manual (C) Vista geral da obra parcialmente finalizada.	54
Figura 34: Carreamento de solo devido a intensas chuvas durante a execução da obra. (A) Vista da erosão em um trecho da rua “”. (B) Solo depositado na rua “”.	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de máquinas para escavação de solos.....	23
Quadro 2: Discriminação dos serviços – cronograma físico.....	45
Quadro 3: Problemas identificados durante a execução da obra de drenagem.	51
Quadro 4: Problemas identificados durante a execução da obra de pavimentação com blocos intertravados.....	55

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Área a ser pavimentada e extensão de meio fio de cada rua.....	42
--	----

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil, de maneira geral, é marcada por não adotar métodos de planejamento, principalmente durante a execução do projeto. Por via de regra, o planejamento se dá somente em elaboração do projeto, orçamento e cronograma físico-financeiro.

Além disso, as etapas iniciais de empreendimento da construção civil, como concepção e planejamento do projeto, não geram rendimentos financeiros para a executora do serviço. Dessa forma, grande parte das empresas negligenciam essas etapas, visando um faturamento rápido. Entretanto essa solução gera como consequência o comprometimento do projeto.

O planejamento inicial da execução do serviço, bem como a efetiva execução do projeto, evita o comprometimento da rentabilidade, uma vez que quando os custos da obra, de forma direta ou indireta, se desviam dos previstos, por força de prazos não cumpridos ou necessidade de retrabalhos, implica custos financeiros agregados.

Ressalta-se que estudo do planejamento operacional é de fundamental importância para a melhoria do processo de construção, a fim de garantir resultados adequados sob diversos aspectos da construção.

Neste contexto, o presente trabalho visa realizar um estudo sobre planejamento de operacional, na fase de execução, em obras de pavimentação em blocos intertravados e obras de drenagem pluvial no município de Aracitaba -MG.

2. OBJETIVOS

Os objetivos são separados em duas etapas: Objetivo Geral e os Objetivos Específicos. O primeiro remete, de uma forma geral, qual é a principal meta a ser atingida ao término deste trabalho. Já a segunda demonstra as etapas a serem realizadas para se alcançar o objetivo principal.

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa apresentar diretrizes para o planejamento operacional em obras de pavimentação e drenagem pluvial.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar projetos de concepção de obras de pavimentação e drenagem;
- b) Verificar todas as etapas de uma obra de pavimentação;
- c) Verificar as dificuldades encontradas e soluções adotadas durante a execução da obra;
- d) Analisar planejamento operacional para execução da obra em questão, verificando pontos positivos e negativos;
- e) Apresentar diretrizes para planejamento operacional em obras de pavimentação com blocos intertravados e drenagem pluvial.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Nesta sessão será apresentada uma revisão da literatura abordando temas relevantes para subsidiar a realização desta pesquisa, dentre eles planejamento e controle de obra, terraplanagem, pavimentação e sistemas de drenagem de águas pluviais.

3.1 Planejamento e Controle de Obra

3.1.1 Conceituação

Planejamento é conceituado de diversas maneiras por diversos autores, de acordo com Formoso *et al.* (2001), planejamento é um processo gerencial, que envolve a definição de metas e determina os procedimentos para atingi-las.

Segundo Assumpção (1998), o planejamento define planos e os controla, além de estabelecer parâmetros para uma maior racionalização da produção. Neste contexto o planejamento tem um caráter de manipulação e geração de informação e diretrizes.

Varalla (2003), que entende planejamento como um processo de previsão de decisões, que envolve o estabelecimento de metas e a definição dos recursos necessários para atingi-las. Varalla (2003) sugere que as principais atividades que caracterizam o processo de planejamento são:

- Definição das pessoas envolvidas e as suas responsabilidades;
- Definição e coleta das informações a serem utilizadas (projetos das diferentes disciplinas envolvidas, especificações técnicas, orçamento);
- Estabelecimento do prazo para realizar o planejamento;
- Definição do grau de detalhe que se deseja atingir; e
- Definição dos recursos necessários para realizar o planejamento (técnicas e ferramentas para executar o planejamento).

Por fim, o autor supracitado acrescenta, ainda, mais duas atividades que considera importantes no processo: monitoração dos resultados e tomada de decisões.

3.1.2 Hierarquia do Planejamento

O planejamento pode ser classificado em três níveis hierárquicos principais de acordo com a abrangência: estratégico, tático e operacional.

Ressalta-se que a classificação citada anteriormente pode ser subdividida em outros subníveis e etapas de acordo com a necessidade de cada empresa ou empreendimento (FORMOSO *et al.*, 2001).

3.1.2.1 Planejamento estratégico

O planejamento estratégico abrange toda a organização, definindo sua relação com seu ambiente. Neste nível são estabelecidos a missão, os produtos e serviços a serem oferecidos, os clientes e mercados a serem atendidos e outros objetivos (MAXIMIANO, 2004).

De acordo com Neale & Neale (1986) *apud* Formoso *et al.* (2001) o planejamento estratégico é realizado pela alta direção da empresa e tem como meta analisar alternativas de investimento para atingir seus objetivos de médio e longo prazo. Além disso, é responsável pela definição dos objetivos do empreendimento, a partir do perfil do cliente.

Para Antonioli (2003), o planejamento estratégico possui a finalidade de identificar corretamente os problemas relevantes que impedem a organização de atingir seus objetivos. Logo, torna-se necessário nesta etapa contemplar visões sobre as expectativas que a organização e seus usuários têm sobre seus negócios e produtos.

3.1.2.2 Planejamento Tático

Para Formoso *et al.* (2001) e Pastor Jr. (2007), o planejamento tático envolve principalmente a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento, como: tecnologia construtiva, materiais a serem empregados e mão de obra.

Os parâmetros para decisão no nível tático são de caráter econômico e financeiro e são influenciados por variáveis de mercado. Neste nível são definidos os empreendimentos que irão viabilizar as políticas definidas no plano estratégico. Além disso, durante o planejamento tático são geradas definições sobre produtos a serem lançados, produtos já lançados e aqueles em fase de implementação (ASSUMPÇÃO, 1998).

De acordo com Antonioli, 2003, para ser eficiente e atender os objetivos previstos, o planejamento tático dever ser:

- “objetivo: possibilitando o fácil entendimento a respeito dos objetivos, metas e prioridades estabelecidas;
- estruturado: coerente e vinculado ao planejamento de longo prazo;
- manipulável: atualizações e correções precisam ser regularmente efetuadas em função de alterações e mudanças que ocorrem durante sua execução;
- exequível: devem ser previstos os recursos necessários que possibilitem a execução de ações estabelecidas.”

Ainda segundo Antonioli (2003), os planos do nível tático subsidiam o planejamento operacional e sua correta implantação é imprescindível para o sucesso do planejamento estratégico.

3.1.2.3 Planejamento Operacional

O planejamento Operacional define atividades e recursos que permitem a realização dos objetivos dos níveis anteriores (MAXIMIANO, 2004). Para o autor, nesta etapa são gerados cronogramas, decisões, projetos e outros tipos de planos como normas e procedimentos para o dia a dia.

De acordo com Pastor Jr. (2007) este nível de planejamento refere-se à seleção do curso das ações através das quais as metas são alcançadas. Além disso estabelece a definição detalhada das atividades, momentos e prazos para execução e alocação de recursos.

De forma semelhante ao autor anterior, Formoso *et al.* (2001), relaciona o planejamento operacional com a definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e o momento de execução.

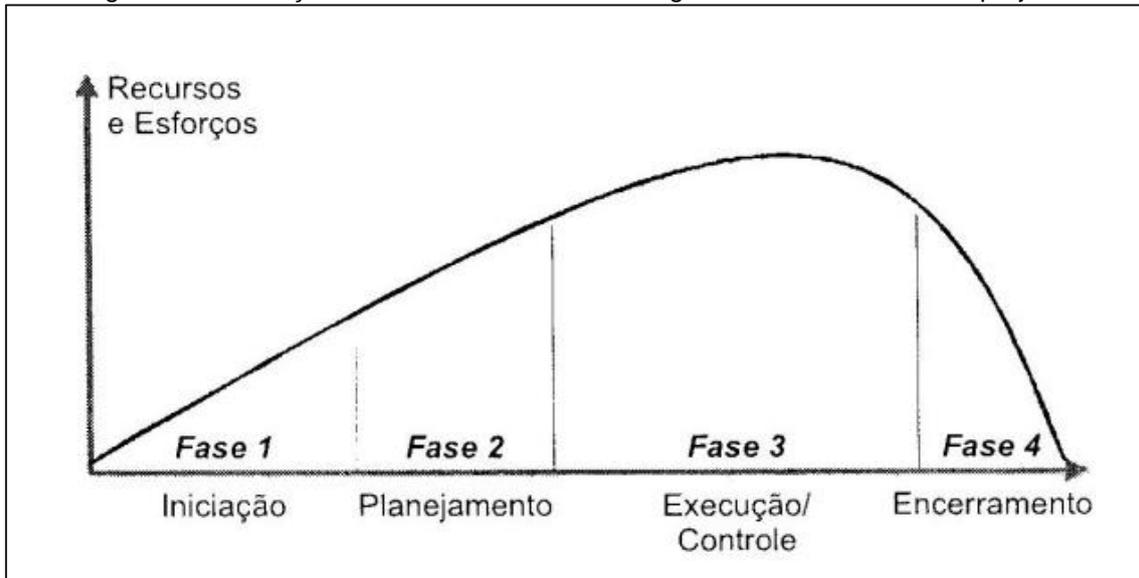
Para Oliveira (2002) *apud* Fachini (2004), este nível de planejamento, têm-se basicamente planos de ação e operacionais.

Diante do exposto, este trabalho focará no planejamento operacional na construção civil, especificamente no planejamento operacional no canteiro de obra.

3.1.3 Planejamento Operacional na Construção Civil

O planejamento é uma das etapas que compõe o ciclo de vida de um projeto ou empreendimento na construção civil. A figura 1 exemplifica as etapas de um projeto desde a sua concepção até a sua conclusão e o nível de esforço exigido em cada uma delas.

Figura 1: Distribuição do nível de atividade ao longo do ciclo de vida de um projeto



Fonte: DINSMORE, 2004.

Segundo Dinsmore (2004), as fases do ciclo de vida do projeto (empreendimento) são caracterizadas pelas seguintes atividades:

Fase 1 - Iniciação: inclui identificação de necessidades, estabelecimento de viabilidade, procura das alternativas, desenvolvimento de orçamentos e cronogramas iniciais, nomeação da equipe e preparação da proposta.

Fase 2 -Planejamento: envolve a realização de estudos e análises, a programação de recursos humanos, materiais e financeiros, o detalhamento do projeto e a preparação do plano do projeto, para se obter aprovação para a fase de execução.

Fase 3 – Execução e controle: inclui o cumprimento das atividades programadas. Inclui a monitoração e o controle das atividades programadas e as modificações dos planos no que for necessário, com a comparação do status atual do projeto com o status do que foi previsto pelo planejamento, de modo a propor ações corretivas e preventivas no menor espaço de tempo após a detecção de problemas.

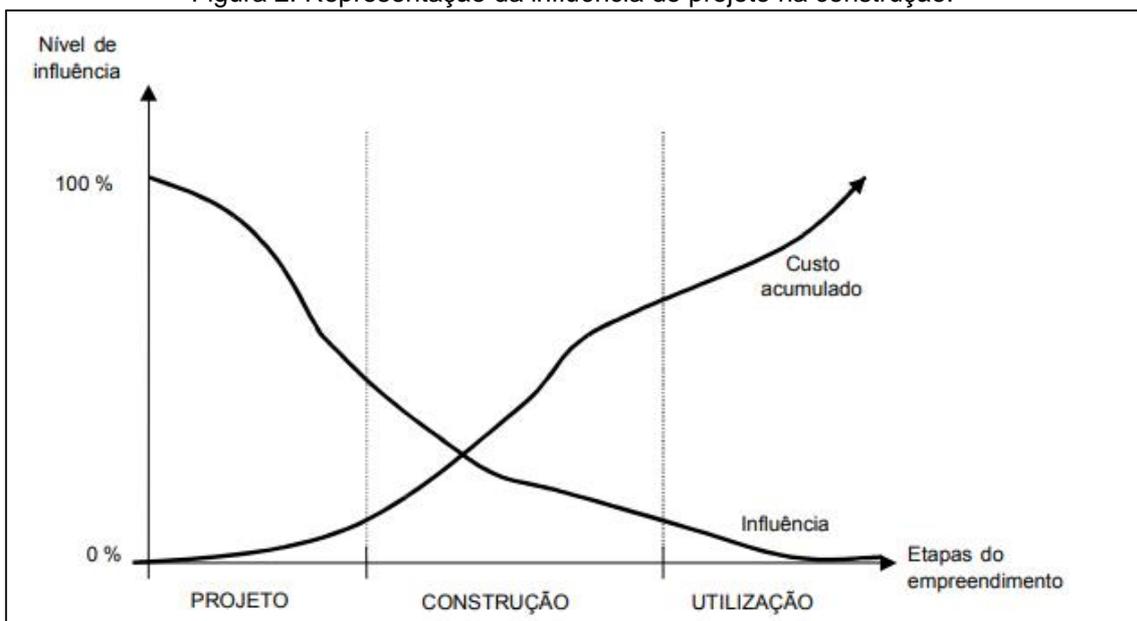
Fase 4 - Encerramento: inclui a conclusão das atividades do projeto, treinamento do pessoal operacional, o comissionamento e a realocação dos membros da equipe do projeto.

Observa-se que as atividades de iniciação e planejamento, embora necessitem de muito menos recursos e esforços quando comparados com as atividades de execução e controle e encerramento, são fundamentais para o sucesso das atividades subsequentes.

De acordo com Gonçalves (2009) as decisões e informações geradas na fase de concepção e planejamento fornecem subsídios para que a execução seja feita de forma racional e otimizada, uma vez que os problemas que podem ocorrer nesta etapa são refletidos na conclusão tendo como consequência transtornos significativos, que pode envolver custos, mobilização de equipes, desgastes com os clientes, entre outros.

Além disso, segundo este autor, à medida que o projeto evolui, a capacidade de reduzir custos diminui. Logo, quanto maior o investimento nas etapas de concepção e planejamento, maior a chance de bons resultados econômicos no projeto, na construção e no desempenho do produto final. Como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2: Representação da influência do projeto na construção.



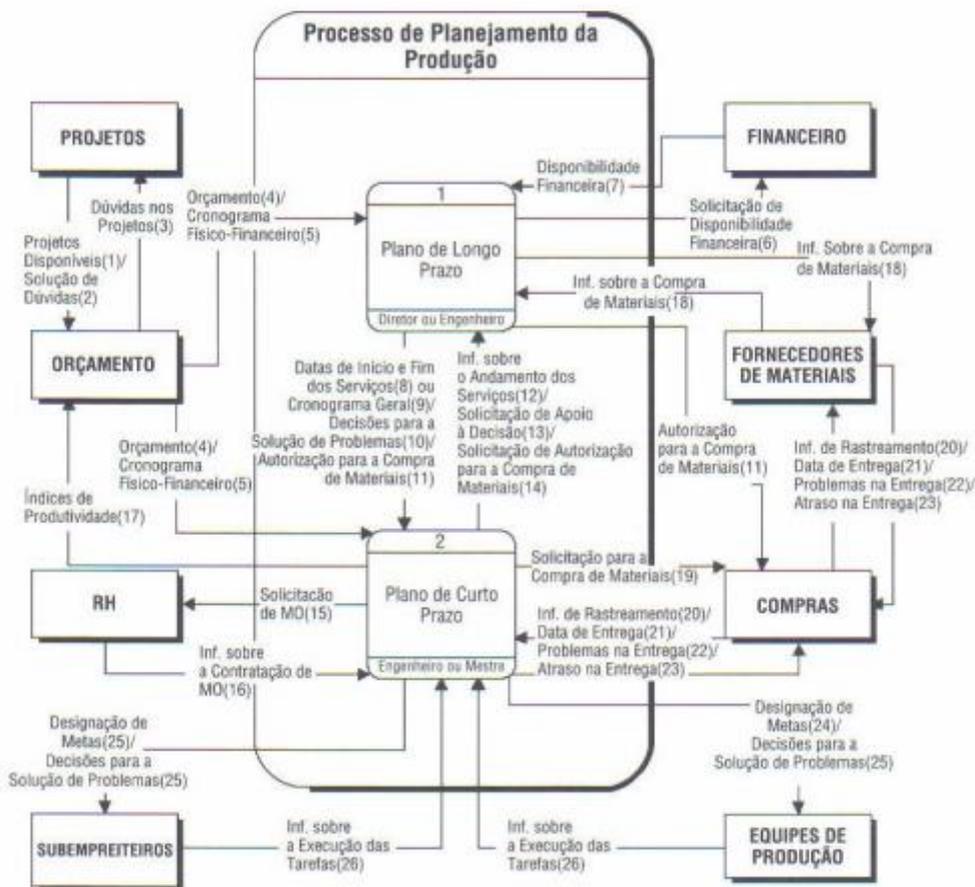
Fonte: GONÇALVES, 2009

Ressalta-se que grande parte dos lucros das empresas de construção são provenientes das etapas de execução. Logo essas empresas induz o início da obra visando um faturamento rápido, negligenciando a etapa de planejamento, tendo como consequência o comprometimento do projeto.

Quando as etapas de concepção e planejamento são bem conduzidas proporcionam benefícios de redução de custos e prazos de execução e encerramento, além de permitir um melhor desenvolvimento do produto, que terá mais qualidade e, conseqüentemente, maior valorização(PASTOR JR., 2007).

Segundo Bernardes (2003) desenvolvimento das etapas de planejamento operacional de empresas de construção civil pode ser resumido por meio da apresentação de um diagrama de fluxo de dados genérico, representativo de grande parte das empresas de construção (Figura 3).

Figura 3: Diagrama de fluxo de dados característico das empresas de construção.



Fonte: Bernardes (2003)

O Planejamento na Construção Civil, é definido como um conjunto de técnicas, conceitos e ações de planejamento voltados diretamente para as

atividades de produção, ou seja, para as atividades de construção no âmbito do canteiro de obras (PASTOR JR, 2007). Este conjunto tem as seguintes etapas principais:

- a) Conhecimento do projeto a ser realizado;
- b) Especificações de desempenho do produto final;
- c) Estabelecimento de objetivos e metas;
- d) Identificação das atividades necessárias à execução do projeto;
- e) Definição de como realizar as suas diversas atividades e as suas sequências;
- f) Procedimentos e práticas de projeto - administrativas e operacionais;
- g) Alocação dos recursos necessários (financeiros, físicos e temporais) a cada uma das etapas construtivas;
- h) Montagem da matriz de responsabilidades;
- i) Gestão dos riscos do projeto – detecção e respostas;
- j) Monitoramento e controle da evolução do processo à luz do que foi previsto; e
- k) Encerramento e retroalimentação.

3.2 Obra de Pavimentação

A Obra de pavimentação consiste em uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas , construída sobre a superfície final da terraplenagem, com intuito de resistir aos fatores climáticos e principalmente os esforços verticais oriundos do tráfego. Além disso, a pavimentação propicia aos usuários melhoria nas condições de rolamento, conseqüentemente, conforto, economia e segurança para os mesmos. A estrutura do pavimento pode variar quanto a espessura, aos materiais utilizados e também com a função que a via poderá exercer.

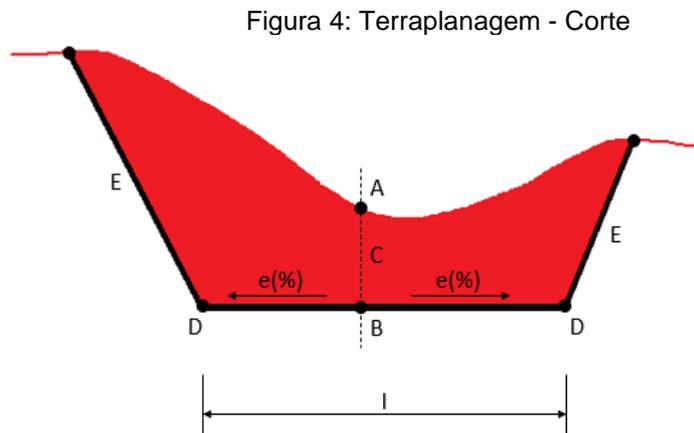
3.3.1 Terraplanagem

A movimentação de terra é uma das etapas da implantação de um pavimento. Esta movimentação se faz, geralmente, através da terraplenagem.

Segundo Senço (1980), a terraplenagem é o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executadas a fim de transformar o terreno natural na plataforma projetada.

Para obter o nivelamento do terreno, existem três situações no que se refere à posição natural do terreno em relação a plataforma projetada. São elas:

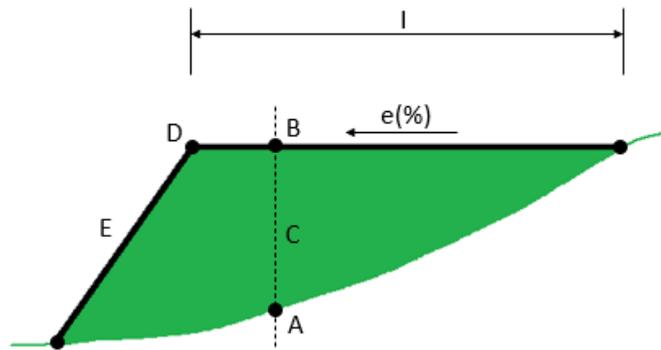
- a) Plataforma abaixo do terreno natural (Corte): consiste na escavação do material em excesso até atingir o nivelamento de acordo com o projeto da plataforma.



Fonte: Autoria própria

- b) Plataforma acima do terreno natural (Aterro): consiste no depósito e compactação com intuito de atingir o nível da plataforma.

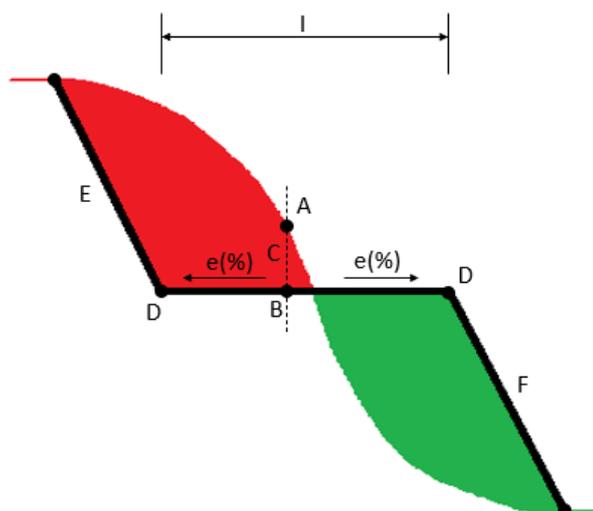
Figura 5: Terraplanagem – Aterro.



Fonte: Autoria própria

- c) Plataforma mista: consiste no conjunto das duas situações acima, onde é feito um corte e um aterro para atingir a plataforma.

Figura 6: Terraplanagem – Mista.



Fonte: Autoria própria

Onde:

- A- Cota do terreno natural no eixo;
- B- Cota no greide de terraplenagem no eixo;
- C- Cota vermelha (Cota do terreno);
- D- Bordo da plataforma de terraplenagem;
- E- Talude de corte;
- F- Talude de aterro;
- G- Off-set de corte;
- H- Off-set de aterro;
- I- Plataforma de terraplenagem;

e (%) - Declividade transversal ou abaulamento.

A terraplenagem tem como função, estabelecer o suporte para a plataforma e esta deve atender as condições exigidas no projeto para obter o nivelamento previsto.

3.3.1.2 Etapas da Serviços de Terraplenagem

Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1996), a terraplenagem constitui em duas etapas de serviços, são elas: serviços ordinários e serviços especiais.

Os serviços ordinários caracterizam-se pelas seguintes etapas:

- a) Serviços preliminares:
 - Instalação do canteiro de obra;
 - Transporte dos equipamentos;
 - Consolidação dos terrenos e fundação dos aterros;
 - Locação Topográfica;
 - Limpeza da faixa, desmatamento e deslocamento.
- b) Caminhos dos serviços:
 - Construção de estradas de serviço e obras provisórias.
- c) Cortes;
- d) Empréstimo;
- e) Aterros;
- f) Depósito de material excedente (DME) ou “bota fora”.

Os serviços especiais abrangem as seguintes etapas:

- a) Aterros sobre solos inconsistentes: que constitui por aterros não reforçados sobre solos moles e aterros reforçado sobre solos moles.

b) Sistema de contenção.

3.3.1.3 Equipamentos utilizados na terraplenagem

Os equipamentos de terraplenagem são divididos de acordo com sua principal função. A terminologia dos equipamentos e máquinas de terraplenagem seguem as normas da NBR 6141, ABNT (1996). As máquinas utilizadas na execução da escavação estão listadas na Tabela 1, a seguir:

Quadro 1: Tipos de máquinas para escavação de solos.

Unidades de escavação	Tipo	Características	Aplicações e limitações
Escavo empurradoras	Tratores com implementação de lâmina frontal ou escarificador traseiro (para desmonte prévio de material de 2ª categoria).	De pneus para terrenos planos e bom suporte. De esteiras para terrenos íngremes, baixo suporte ou pouca aderência.	Pequenas distâncias (até 50 m). Empurra, não carrega.
Escavo transportadoras	Scraper rebocado com tratores de esteiras Moto-scraper (só pneus).	Os moto-scrapers podem ter um ou dois motores e tração nas quatro rodas; possuem lâmina de corte móvel no fundo da caçamba.	Scrapers rebocados são para distâncias de até 200 m; moto-scrapers, de 100 m a 1.000 m.
Escavo carregadeiras	Pás-carregadeiras	Tratores sobre esteiras ou pneus com caçamba frontal carregadeira.	Dependem de unidades específicas para o transporte.
	Escavadeiras ou pás-mecânicas	Trator sobre plataforma com esteira ou pneus com lança e pá frontal (<i>shovel</i>).	Dependem de unidades específicas para o transporte.

Fonte: Balbo (2007)

Os equipamentos listados acima referem-se somente àqueles utilizados em escavações de jazidas e cortes.

O planejamento de máquinas e de equipes mecânicas (“Patrulhas”) é controlado pela produção horária e atinge diretamente os custos de execução dos serviços. A formação do planejamento está ligada aos tipos de equipamentos disponíveis e os que serão utilizados. Nas imagens abaixo, são apresentadas as máquinas que geralmente são empregadas nos serviços de terraplenagem. São elas: trator de esteira com lâmina frontal, moto-scraper, pá carregadeira sobre esteiras, pá carregadeira sobre pneus, escavadeira hidráulica, retroescavadeira, rolo compactador, motoniveladora:

3.3.2 Drenagem Pluvial

Um dos principais motivos de patologia em um pavimento, é a presença de água. Para que esse tipo de patologia não venha ocorrer no pavimento projetado, é necessário um sistema de drenagem, para evitar que a água fique acumulada em seu interior. Um pavimento sem um sistema de drenagem bem projetado e eficaz, demanda mais manutenções do que um com sistema de drenagem (SENÇO, 2001). Assim, “(...) todos os elementos que se deterioram, que são destruídos e mesmo subtraídos, devem ser repostos (...)” (SENÇO, 2001, p.445)

Segundo Sinaprocim, ABCP, Bloco Brasil e Soluções para Cidades (2011, p. 1), “pavimento permeável é aquele capaz de suportar cargas e ao mesmo tempo permitir a percolação ou acúmulo temporário de água de chuva, diminuindo o coeficiente de escoamento superficial.”

Existem 4 tipos de drenagem que podem evitar a presença de água no pavimento, evitando patologias futuras. São elas: Drenagem de talvegues, Drenagem superficial, drenagem do pavimento e drenagem subterrânea ou profunda.

a) Drenagem de Talvegues

Seu objetivo é principalmente permitir que as águas escoam de maneira natural no terreno. Estes dispositivos são estruturas projetadas para conduzir bacias e córregos que foram interceptados pela estrada (MARTINS, 2017). A figura 7 representa um tipo de dreno por talvegues.

Figura 7: Exemplo de drenagem para os talvegues.

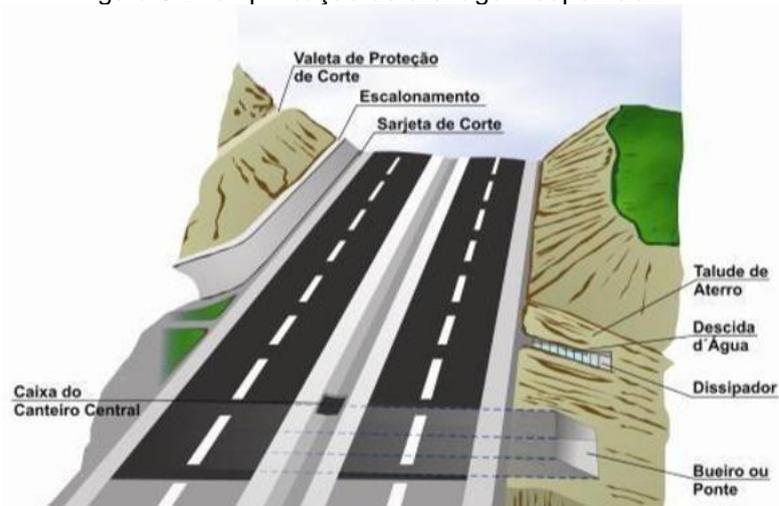


Fonte: Google, 2020.

b) Drenagem superficial

Tem como objetivo a remoção e captação das águas precipitadas sobre o pavimento e áreas adjacentes, que escoam na sua superfície. A água que fica na superfície é o que resta de uma chuva e que não foi filtrada por outros métodos, normalmente a água é conduzida para do pavimento ou para lugares apropriados de deságue seguro, para evitar o acúmulo na estrada (MARTINS, 2017).

Figura 8:Exemplificação de drenagem superficial.



Fonte: Suzuki,2010.

c) Drenagem do pavimento

Tem como principal objetivo a rápida e eficiente coleta e condução da água que infiltra no pavimento (MARTINS, 2017).

São drenos estruturais os seguintes modelos: Transversal raso, longitudinal raso (Figura 9), base drenante e lateral da base (sangra) (MARTINS, 2017).

Figura 9: Drenagem longitudinal rasa.

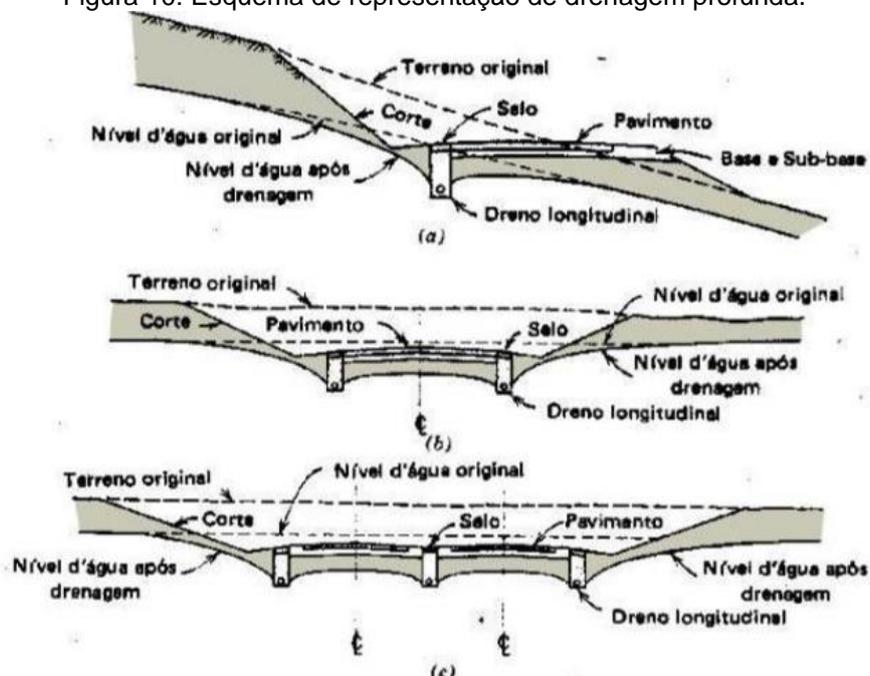


Fonte: Google, 2020.

d) Drenagem profunda

Tem como objetivo interceptar fluxos de águas subterrâneas e rebaixar o lençol freático, fazendo cortes no solo ou rochas, assim captando e escoando as águas, com objetivo de impedir a deterioração progressiva do suporte das camadas dos terraplenos e pavimento (MARTINS, 2017).

Figura 10: Esquema de representação de drenagem profunda.



Drenos Longitudinais rodoviários – (a) Construção em meia encosta. (b) Rodovia estreita, em terreno plano. (c) Rodovia larga, em terreno plano.

Fonte: (MARTINS, 2017)

3.3.3 Pavimentação

O pavimento é composto por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito, adequada para atender estruturalmente e operacionalmente o tráfego. (BALBO, 2007).

Segundo Balbo (2007) o pavimento é composto pelas seguintes camadas:

- Subleito: é a camada mais interna do pavimento, sendo considerada a fundação do pavimento, ou seja, é o material natural da região onde se pretende inserir o pavimento.

- Reforço do subleito: é a camada com espessura variável, melhora a capacidade de suporte de carga do subleito, com característica técnica inferior à da camada superior (sub-base), e superior à do material do subleito. Sendo usado, se a capacidade de suporte à carga do material de subleito for muito baixa.

- Sub-base: é a camada que possui a mesma função da base, é executada sobre o subleito ou o reforço do subleito.

- Base: é a camada de pavimentação destinada a receber os esforços verticais do tráfego e distribuir as camadas subjacentes.

- Revestimento: é a camada que recebe cargas verticais e horizontais oriundas do tráfego, transmitindo as camadas subjacentes. Além de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, e resistir aos desgastes

A estrutura de um pavimento pode ser classificada em: pavimentos flexíveis, rígidos e semirrígidos.

a) Pavimentos Flexíveis

São aqueles que as camadas do pavimento não trabalham à tração. Geralmente, são constituídos de revestimento betuminoso delgado sobre camadas granulares pura. Essas camadas são sobrepostas, na qual a camada que suporta mais carga encontra-se mais próxima da superfície onde a carga é aplicada.

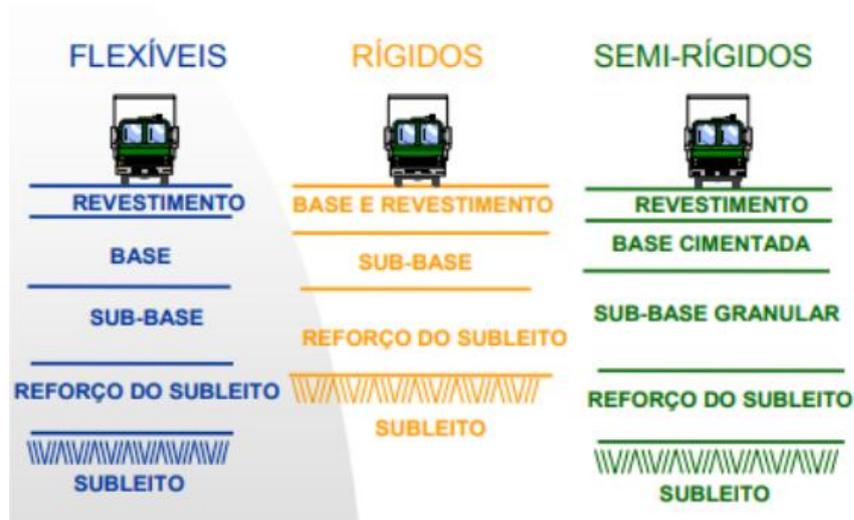
b) Pavimentos Rígidos

São constituídos por camadas que trabalham basicamente à tração. O seu dimensionamento é baseado nas propriedades resistentes de placas de concreto de cimento Portland, as quais são apoiadas em uma camada de transição a sub-base. Esse tipo de pavimento possui uma vida útil maior e tem pouca deformação.

c) Pavimentos semirrígidos (semiflexíveis):

São constituídos pela situação intermediária entre pavimentos flexíveis e rígidos, ele possui uma resistência razoável à tração. Exemplos: misturas de solo-cimento, solo-cal, solo-betume entre outros.

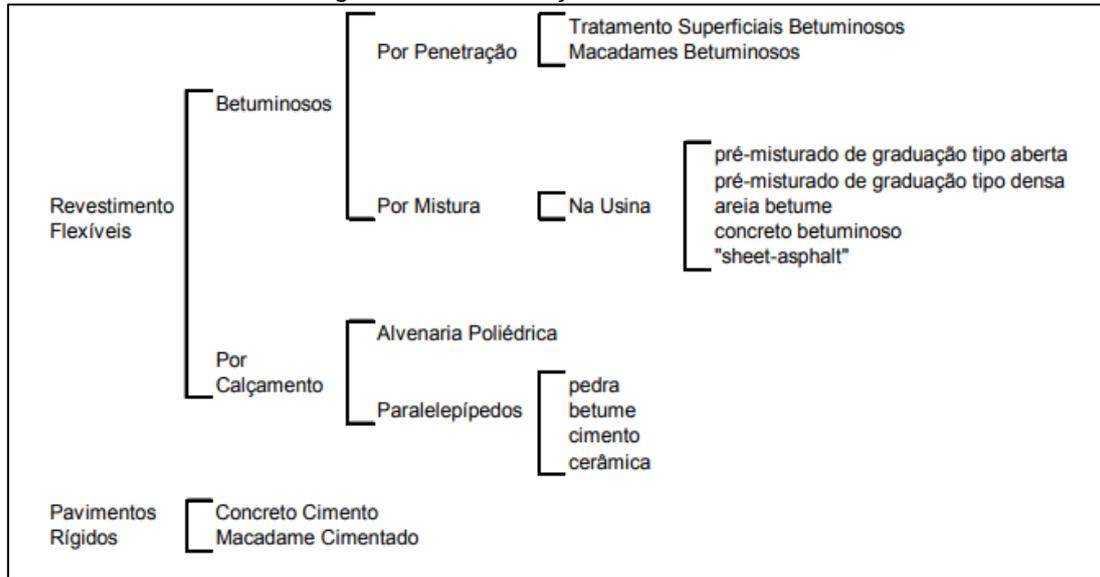
Figura 11: Estruturas de pavimentos.



Fonte: Adaptado de Adada, 2008.

Os revestimentos podem ser agrupados conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12: Classificação do revestimento.



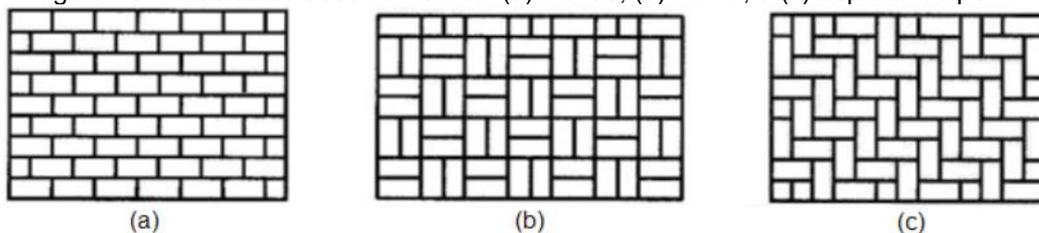
Fonte: DNIT, 2006.

Neste trabalho será analisado obra de pavimentação por calçamento com blocos intertravados. Ressalta-se este tipo de pavimento é utilizado principalmente em vias urbanas e acessos viários.

3.3.3.1 Pavimentação Blocos Intertravados

O pavimento de blocos de concreto intertravados constitui-se em um pavimento flexível, no qual os blocos são usados como revestimento sobre a base corretamente compactada e que as peças são intertravadas, formando um quebra cabeça. Esse sistema permite que as peças travem uma à outra, portanto é necessário que todos os blocos estejam bem colocados, sem danos e que suas juntas sejam preenchidas com rejunte (ABNT, 2013). Na figura 13 são apresentados alguns modelos de assentamento de blocos intertravados.

Figura 13: Modelos de assentamentos: (a) fileiras; (b) trama; e (c) espinha de peixe.

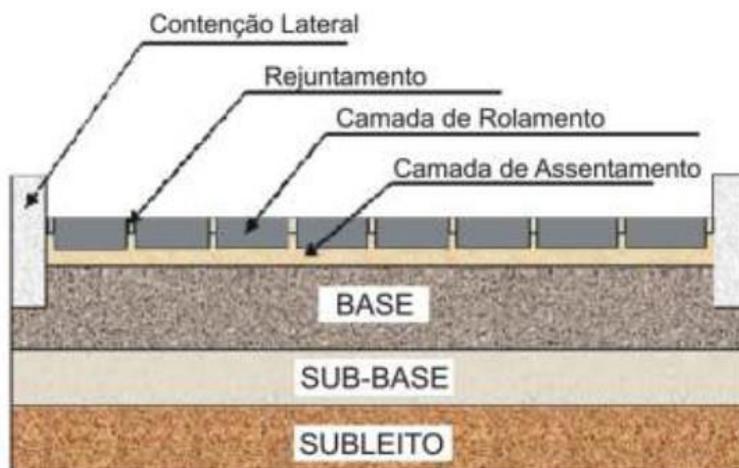


Fonte: Cruz (2003, p. 19)

A Norma Técnica 9781/2013 define pavimento intertravado sendo:

“Pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justaposta sem uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção.” (ABNT, 2013)

Figura 14: Estrutura do pavimento intertravado.



Fonte: CRUZ, 2003.

Segundo a NBR 9781 (2013, p.3), o concreto utilizado para produção dos blocos é o mesmo concreto utilizado em obras na construção civil, sendo utilizado o cimento Portland, agregados e água, até o processo de cura do concreto também é utilizado para os blocos. Após esse processo, são realizados ensaios de laboratório que vão avaliar a resistência e a capacidade de absorção da água. (SENÇO, 2001)

A dosagem do concreto vai diversificar de acordo com o tipo de tráfego e com a frequência que vai ser exercida sobre o concreto, quanto mais pesado for o tráfego e a frequência do mesmo os blocos necessitam de uma resistência mais elevada para suportar a carga sobre o pavimento. As dimensões dos blocos são definidas de modo que ocorra o intertravamento e que as juntas entre os blocos sejam pequenas. A espessura da peça também sofre a influência das cargas e da frequência de tráfego, quanto maior as cargas e a frequência do

tráfego as peças necessitam de uma espessura maior para suportar as cargas, elas podem variar de 6 a 10cm.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este tópico foi dividido em duas fases: área de estudo e metodologia. A primeira remete ao local onde será realizado a pesquisa, já o segundo como se desenvolverá.

4.1. Área de Estudo

O estudo será realizado na área urbana do município de Aracitaba situado no Estado de Minas Gerais, conforme observados na Figura 15.

Figura 15: Localização do Município de Aracitaba.



Fonte: Google Maps, 2020.

Para a seleção do local de estudo foi levado em consideração, a priori, a execução de obras de pavimentação e drenagem, posteriormente tipos de pavimentações a serem executadas. Na figura 16 está representado o croqui de localização das ruas que serão pavimentadas no Município de Aracitaba-MG.

Figura 16: Croqui de localização das ruas a serem pavimentadas



Fonte: Google Earth, 2020.

4.2 Metodologia

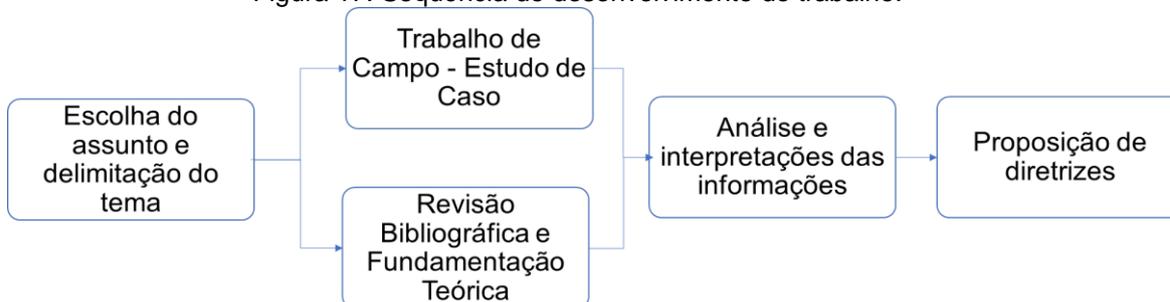
O trabalho apresentará uma abordagem de pesquisa qualitativa, uma vez que enfatiza o processo e seu significado (TERENCE & ESCRIVÃO FILHO, 2006). Logo, “preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais”. (GERHARDT et al., 2009, p. 32).

Quanto à sua natureza, este estudo enquadra-se como pesquisa exploratória porque visa “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. (GERHARDT et al., 2009, p. 35). Além disso a exploração visa “facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto”. (PRODANOV et al., 2013, p. 52).

A pesquisa em questão consiste em um estudo de caso de natureza exploratória e descritiva. As pesquisas descritivas têm como propósito principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então o relacionamento de variáveis. E as pesquisas exploratórias têm o intuito de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista de torná-lo mais explícito ou constituir hipóteses (GIL, 2002).

A Metodologia será realizada em cinco etapas, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17: Sequência de desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Autoria própria

- a) Etapa 1: Revisão da Literatura para realizar a escolha do assunto e delimitação do Tema.
- b) Etapa 2 - Continuação da revisão bibliográfica: Nessa etapa serão realizados estudos em artigos publicados em periódicos científicos e trabalhos inerentes o tema a fim de adquirir um embasamento teórico para proposição das diretrizes.
- c) Etapa 3 - Estudo de Caso/ Trabalho de Campo: Será realizado visita nas obras de pavimentação para coleta de dados. Será utilizado o procedimento de observação que, segundo Oliveira (2010, p.23), “é o instrumento que mais fornece detalhes ao pesquisador, por basear-se na descrição e para tanto utilizar-se de todos os cinco sentidos humanos”, as observações do entrevistador acerca das características dos aterros serão registradas por meio de fotografias e caderno de campo. Além disso será realizado ainda, uma análise dos documentos inerentes à obra, como projetos. Ressalta-se que esta etapa ocorrerá concomitantemente a revisão de literatura.
- d) Etapa 4 – Análise e interpretação as informações: nesta etapa serão analisados os dados coletados em campo e na literatura para a criação das diretrizes.

- e) Etapa 5 – Proposição de diretrizes: após as análises dos dados serão propostas diretrizes de planejamento operacional para obras de pavimentação e drenagem de águas pluviais, considerando o empreendimento estudado e as dificuldades encontradas durante a execução da obra.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas seções a seguir serão apresentados os resultados obtidos neste trabalho. Para este trabalho foi considerado somente as etapas de planejamento a partir da execução, controle de obra e encerramento. Uma vez que , o estabelecimento de viabilidade, procura das alternativas, desenvolvimento de orçamentos, cronogramas iniciais, preparação da proposta, detalhamento do projeto foi realizado previamente pela contratante, não sendo possível o acompanhamento dessas etapas pelos autores.

5.1 Especificações de Projeto

Neste tópico serão apresentadas as especificações do projeto de drenagem de águas pluviais e pavimentação com blocos sextavados.

5.1.1 Rede de Drenagem Pluvial

As Especificações e forma de execução a seguir se aplicam à construção dos dispositivos de drenagem superficial, para escoamento de águas pluviais, de acordo com o projeto (Anexo 1)

a) Tubos

Todos os tubos de concreto utilizados durante a execução da obra devem atender ao constante do projeto, de acordo com a presente especificação:

- Os diâmetros dos tubos são de 300mm, 400mm e 600 mm, conforme estipulado na planta de drenagem;
- Tubos de concreto simples, tipo ponta e bolsa, rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço 1:4;
- Os tubos não podem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos visíveis a olho nu prejudiciais à qualidade do tubo quanto à resistência, impermeabilidade e durabilidade, devendo dar som característico de tubo não trincado, quando percutido com martelo leve;

- O assentamento do tudo deve ocorrer de jusante para montante e com as bolsas voltadas para montante;
- As argamassas para o rejuntamento dos tubos: cimento e areia no traço 1:4, em volume, podendo ser preparadas manualmente ou em betoneira.

De acordo com o documento, o assentamento da tubulação deve seguir paralelamente à abertura da vala. Não havendo a necessidade de cuidados especiais quanto à base de assentamento (berço), desde que o terreno seja firme, devendo ser colocada uma camada de areia nivelada ou pó de pedra para permitir o arraste dos tubos para encaixe. Considerando terrenos de má qualidade (argila orgânica), se prevê a substituição de todo o material ou a construção de uma estrutura de concreto armado de apoio de tubos.

Com o interrompimento do trabalho, é sugerido o tamponamento do último tubo assentado, a fim de evitar a entrada de elementos estranhos. Além disso os é recomendado o lastreamento dos tubos, evitando-se assim a sua flutuação no caso de inundação da vala.

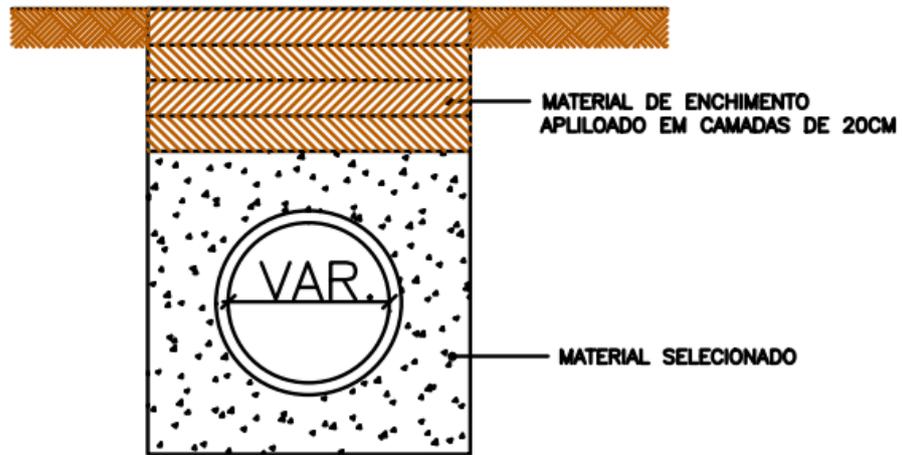
É recomendado a limpeza das pontas e bolsas a serem acopladas utilizando escovas ou ferramentas leves. Em relação ao alinhamento lateral, este deverá ser efetuado através de alavancas, como estipulado pelo projetista.

Vale ressaltar que esses serviços são executados em áreas públicas, logo é importante observar os aspectos relativos à segurança dos transeuntes e veículos. Além disso é necessário a utilização de sinalização de modo a preservar a integridade dos próprios operários e equipamentos utilizados.

No projeto é destacado que a execução dos serviços deve ser observada, além destas especificações, as instruções dos fabricantes, normas da ABNT e outras aplicáveis.

Na imagem a seguir é apresentado o detalhamento do assentamento dos tubos.

Figura 18: Detalhamento do assentamento do tubo

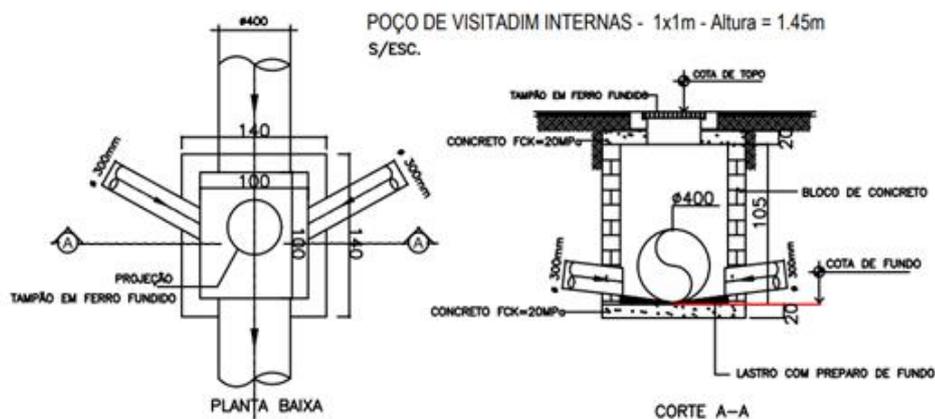


Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba - MG

b) Poços de visita

Os poços de visita foram projetados conforme apresentado na figura 19.

Figura 19: Planta baixa e corte A-A do poço de visita



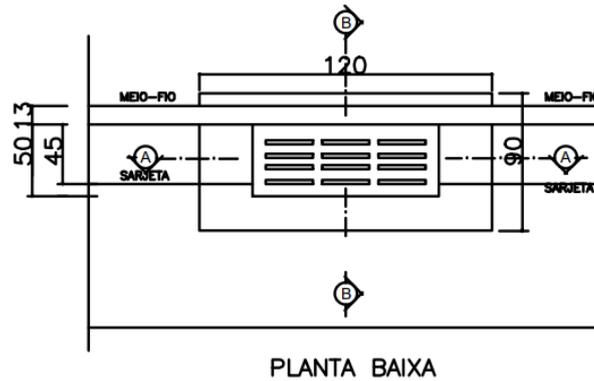
Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba – MG

Os poços foram projetados com dimensão interna de 1x1m, fundo em concreto magro ($f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$), paredes em blocos de tijolo maciço (10x20x20cm) ou de cimento (15x20x40cm) preenchidos com concreto $f_{ck} = 10 \text{ Mpa}$. Tampa em concreto armado $f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$, sendo a tampa da visita em ferro fundido. Internamente é previsto o revestimento das paredes com argamassa de cimento e areia (espessura de 2,50 cm). Vale ressaltar que foi previsto um lastro de preparo de fundo.

c) Caixas de Ralo

De acordo com o projetista as caixas de ralo possuem 120mm de comprimento por 90 mm largura, conforme apresentado na figura 20.

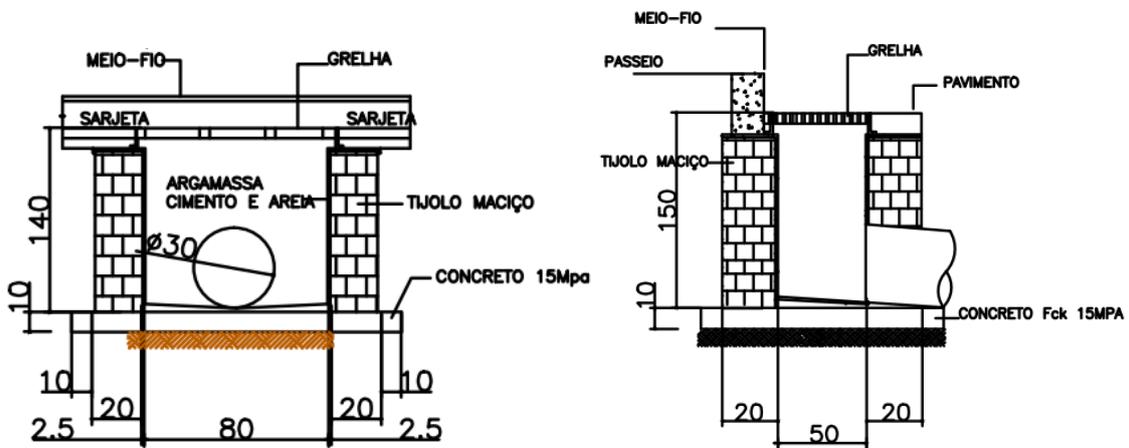
Figura 20: Planta baixa caixa de ralo.



Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba - MG

No tocante a construção das caixas de ralo é previsto que esta apresente fundo em concreto simples ($f_{ck} = 15 \text{ Mpa}$), apoiado em lastro de concreto magro ($f_{ck} = 10 \text{ Mpa}$), paredes em blocos de tijolo maciço ($10 \times 20 \times 20 \text{ cm}$) ou cimento ($15 \times 20 \times 40 \text{ cm}$) preenchidos com concreto $f_{ck} = 10 \text{ Mpa}$ (Figura 21). O projeto prevê tampa do tipo grelha em F^0F^0 para permitir a drenagem da água, com cantoneiras de aço ao redor de toda periferia.

Figura 21: Corte caixa de ralo. (A) Corte A-A. (B) Corte B-B.



Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba - MG

d) Escavações

Com relação as escavações, estas devem ser executadas preferencialmente de forma mecânica e não sendo possível, serão efetuadas manualmente. O fundo das cavas deve ser nivelado e apiloado. O material considerado reaproveitável, pela boa qualidade pode ser utilizado no reaterro. Vale ressaltar que é imprescindível que as escavações sejam realizadas de acordo com os alinhamentos, cotas e locações constantes do projeto. Além disso, para poços de visita/caixa de ralo a largura da vala é igual à dimensão da base acrescida de 0,40 metros.

e) Reaterros

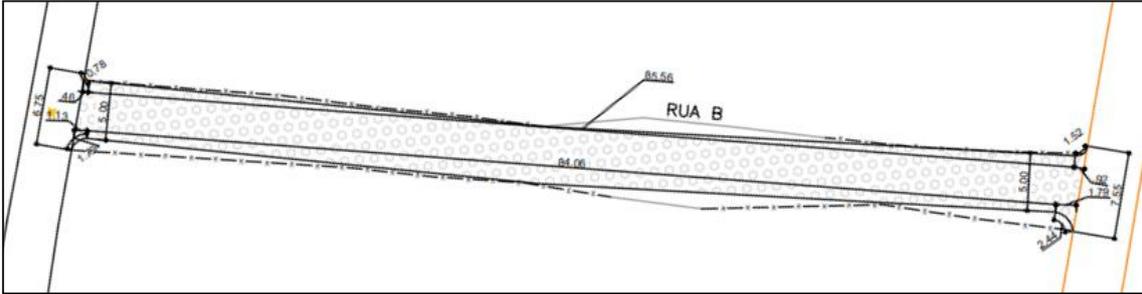
Os reaterros necessários devem ser executados com material de boa qualidade, com compactação utilizando equipamento mecânico de controle manual (sapo), sendo aceito também o emprego de soquetes manuais com peso mínimo de 15 Kg e superfície de contato com o solo de 400 cm². A espessura máxima das camadas, após a compactação, é de 25 cm.

Ressalta-se que para o reaterro, é preferido o uso solo argilo-arenoso procedente de área de empréstimo e isento de matéria orgânica, ou outros materiais estranhos. Poderá ser admitido reaproveitamento de material escavado, desde que tenha boa qualidade, conforme já mencionado anteriormente.

5.1.2 Pavimentação Blocos Sextavados

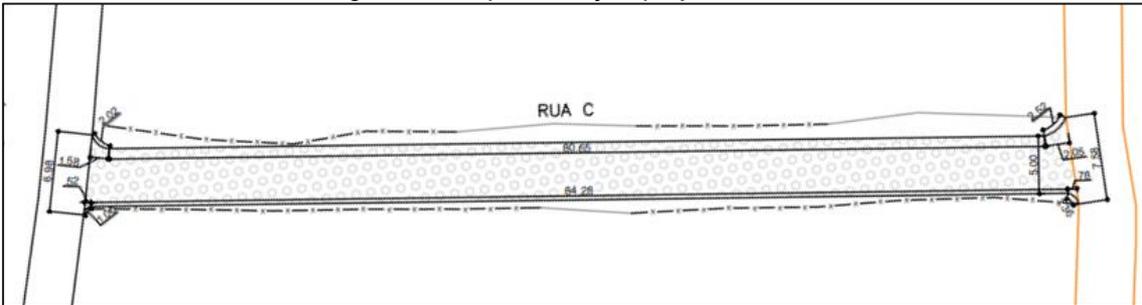
O projeto prevê a pavimentação de blocos sextavados de 5 ruas no município de Aracitaba. As figuras 22, 23, 24, 25, 26 e 27 apresentam as ruas a serem pavimentadas.

Figura 22: Representação projeto - rua B



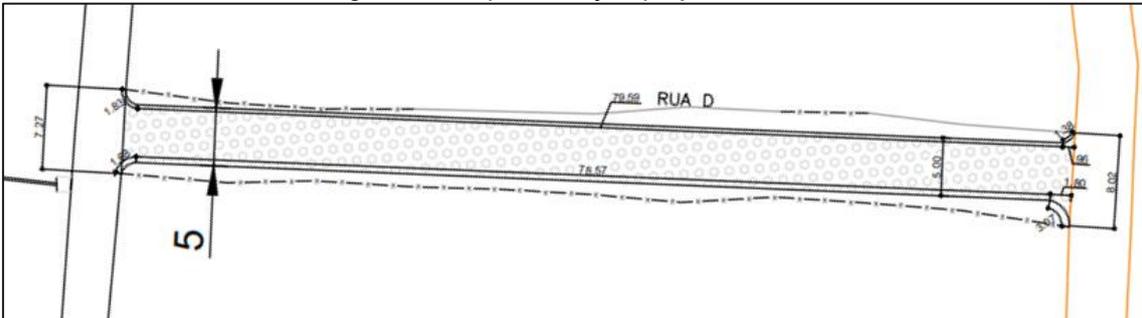
Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba – MG

Figura 23: Representação projeto - rua C



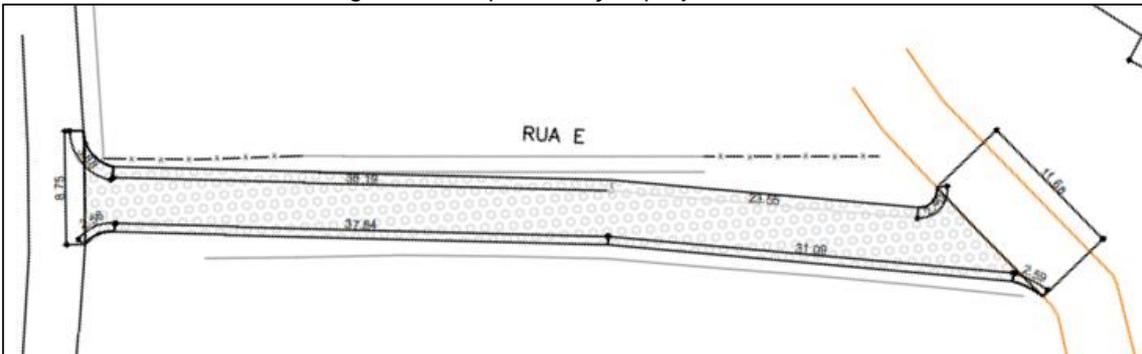
Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba – MG

Figura 24: Representação projeto - rua D



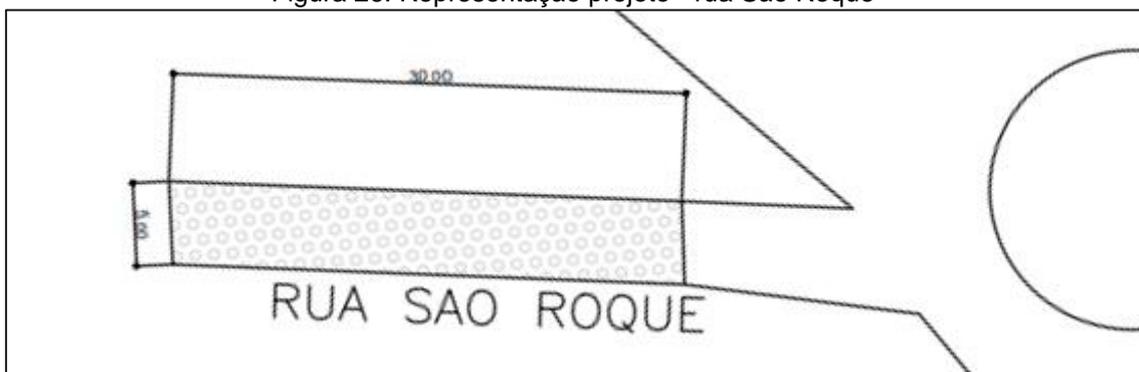
Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba – MG

Figura 25: Representação projeto - rua E



Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba - MG

Figura 26: Representação projeto - rua São Roque



Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba - MG

A área a ser pavimentada e extensão de meio fio de cada rua está apresentada na tabela 1.

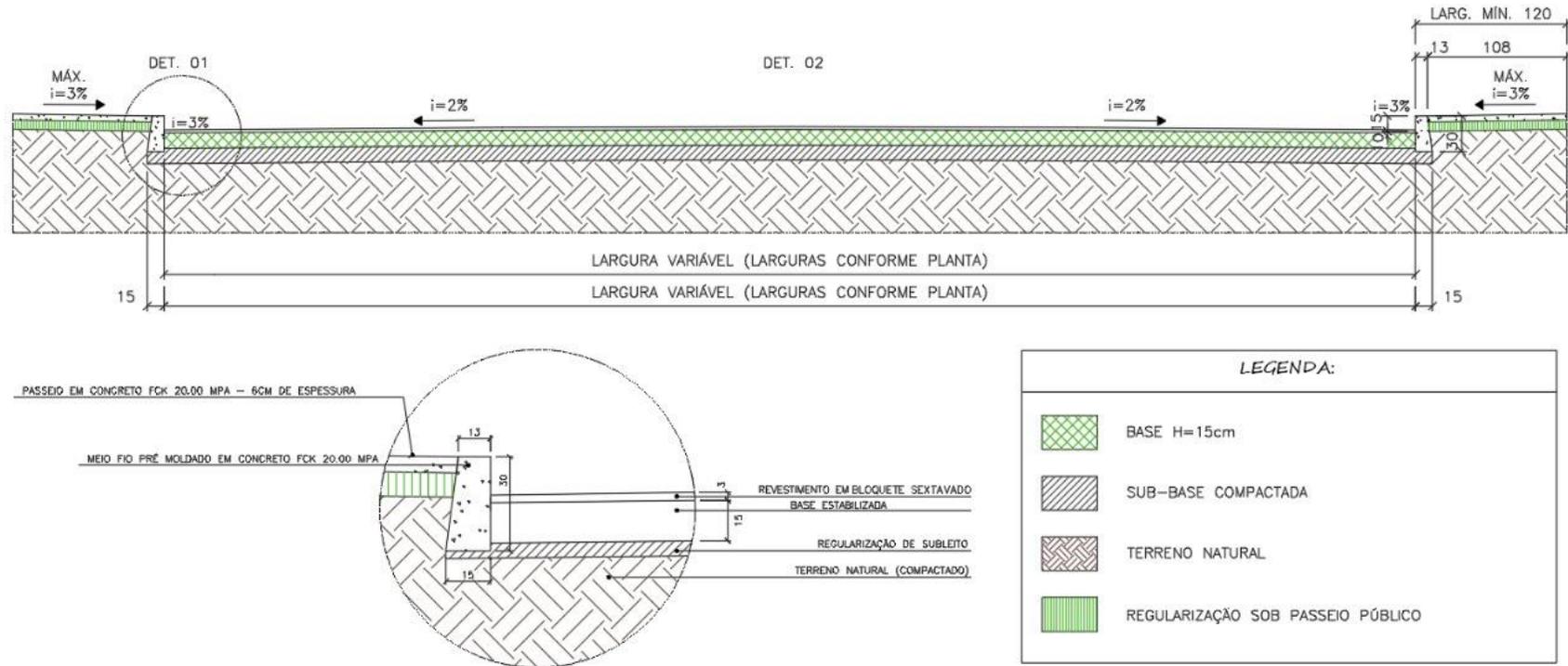
Tabela 1: Área a ser pavimentada e extensão de meio fio de cada rua.

Rua	Área (m²)	Meio-fio (m)
B	409,87	176,15
C	426,76	171,83
D	439,14	166,12
E	353,25	142,1
São Roque	150	70

Fonte: Autoria própria

Na figura 27 está representado a seção básica das vias e o detalhamento da sarjeta e meio fio.

Figura 27: Representação projeto - seção básica das vias e o detalhamento da sarjeta e meio fio.



Fonte: Prefeitura Municipal de Aracitaba – MG.

Os procedimentos e demais especificações de projeto estão descritos a seguir:

a) Movimentação de terra

A preparação da base com raspagem superficial com média de 14 cm de espessura se faz necessário, pois a região é de base em terra batida, tendo sido colocado cascalho, devendo ser retirado antes da execução do calçamento por meio de raspagem. Além disso, faz necessário a compactação manual com consertos de possíveis irregularidades.

b) Bloquetes

Os bloquetes aplicados nas ruas devem possuir resistência mínima de 35Mpa, diâmetro de 30 cm e altura 8 cm.

c) Agregado Miúdo (preparo da base)

De acordo com projeto o agregado Miúdo a ser utilizado pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. As partículas individuais que compõe o material deve apresentar resistência, moderada angulosidade, livre de torrões de argila e substâncias nocivas.

d) Material de rejunte (pó de pedra)

O projeto prevê a utilização de pó de pedra após a colocação dos bloquetes.

e) Compactação

Por fim, o assentamento dos bloquetes e respectivo rejuntamento o projeto requer a compactação mecânica com equipamento adequado. Esse procedimento deve ser realizado com cuidado para que não se prejudique e homogeneidade da superfície.

5.1.3 Retirada e Recolocação de Bloquetes

Visando a execução de rede de drenagem na rua existente, faz-se necessário recolocar o pavimento em bloquetes existente. Para este momento será reutilizados os blocos já existentes, entretanto será necessário o material de base e rejunte, bem como mão de obra.

5.1.4 Rampas se Acessibilidade

Como não há previsão de execução de passeios a empreiteira deve deixar, nos locais indicados, rebaixo dos meios-fios, tomando cuidado em relação ao desnível de 1,50cm como desnível máximo entre rampa e calçamento.

5.2 Execução das Etapas da Obra

No Quadro 2, estão apresentadas as etapas das obras de drenagem pluvial e de pavimentação com blocos sextavados, bem como os prazos para o cumprimento de cada fase.

Quadro 2: Discriminação dos serviços – cronograma físico.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	QUANT.	MESES					
				1	2	3	4	5	6
1.DRENAGEM PLUVIAL									
1.1	Escavação mecânica de valas de material de 1ª categoria, incluindo remoção para bota fora do leito estradal e regularização e compactação do fundo de valas com soquete.	m³	450,18		👍	👎	👎		
1.2	Fornecimento, assentamento e rejuntamento de tubo de concreto	m³	425,95		👍	👎	👎		
1.3	Reaterro de vala/cava com material de boa qualidade utilizando vibro compactador portátil, exclusive material.	m	364,00		👍	👎	👎		
1.4	Boca de lobo em alvenaria tijolo maciço, revestida com argamassa de cimento e areia 1:3, sobre lastro de concreto 10 cm e tampa de concreto armado	un	22,00		👍	👎	👎		

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	QUANT.	MESES					
				1	2	3	4	5	6
1.5	Poço de visita para rede tubular tipo A DN 500, exclusive escavação, reaterro e bota fora. Tampão de ferro fundido para poço de visita	un	8,00		👍	👎	👎		
2. PAVIMENTAÇÃO BLOCOS SEXTAVADOS									
2.1	Regularização do subleito (Proctor normal)	m³	1779,02					👎	👎
2.2	Calçamento em bloquete, retirada e reassentamento sobre coxim de areia.	m²	411,00					👎	👎
2.3	Fornecimento e execução de meio-fio de concreto pré-moldado tipo A - (12 X 16,7 X 35) cm, inclusive escavação e reaterro.	m	726,20					👎	👎
2.4	Execução de calçamento em bloquete - E= 8cm - FCK =35 Mpa, incluindo fornecimento e transporte de todos os materiais, colchão de assentamento E= 6cm.	m²	1779,02					👎	👎
2.5	Limpeza Final de Obra	m²	1779,02					👎	👎

Legenda:  Previsão de projeto;  Execução dentro do prazo de contrato;  Execução fora do prazo de contrato.

Fonte: Autoria própria

Conforme apresentado no quadro 2, a obra iniciou com atraso de um mês, o que acarretou o não cumprimento de prazo para as demais etapas. logo. Além disso, durante a execução houve problemas que acarretaram o retardo da entrega da infraestrutura urbana. Dessa forma, a fim de proporcionar um melhor entendimento serão apresentados nos tópicos seguintes a execução de cada etapa da obra, bem como as dificuldades encontradas na execução.

5.2.1 Execução Sistema de Drenagem Pluvial

No que se refere a execução do sistema de drenagem as etapas de escavação mecânica, regularização e compactação do fundo da vala, fornecimento, assentamento e rejuntamento de tubo de concreto, reaterro da cava e construção de poços de visita foram realizadas gradativamente da jusante para montante. As descrições das etapas de execução da obra serão apresentadas a seguir.

5.2.1.1 Escavação mecânica de valas

As escavações foram executadas de forma mecânica, utilizando retroescavadeira da marca Case, Modelo 580N. Posteriormente, o fundo das valas foi nivelado e apiloado de forma manual devido a profundidade e inclinação da cava.

No que se refere a cotas constantes do projeto, estes foram alterados por não apresentar desnível necessário para o escoamento das águas pluviais. Além disso, os alinhamentos das valas também foram modificados, uma vez que no local do projeto já estavam presentes os sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário. Nas figuras 28 A e 28 B estão apresentadas fases de execução da obra de drenagem pluvial.

Figura 28: Fases de execução da obra de drenagem pluvial. (A) Escavação mecânica de valas. (B) Valas sistema de drenagem.



Fonte: Acervo dos autores

Vale ressaltar que, nesta etapa, além dos problemas de projetos, também houve dificuldade na contratação de mão de obra qualificada, e na disponibilidade de maquinário. Além disso, o município não possuía projeto do sistema de esgotamento sanitário, logo este sofreu danificação durante as escavações, dificultando o trabalho. Por fim, os postos de iluminação pública estavam locados incorretamente, devendo ser realocados posteriormente.

5.2.1.2 Fornecimento, assentamento e rejuntamento de tubo de concreto

Os tubos de concreto utilizados durante a execução da obra apresentaram as especificações constante do projeto: diâmetros dos tubos foram de 300mm, 400mm e 600 mm; tipo ponta e bolsa, rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço 1:4.

O assentamento da tubulação ocorreu paralelamente à abertura da vala, com auxílio de maquinário (Figura 29A). Vale ressaltar que não houve a necessidade de cuidados especiais quanto à base de assentamento (Figura 29B). Com o interrompimento do trabalho, foi realizado o tamponamento do último tubo assentado, para evitar a entrada de elementos estranhos. Além disso, foi realizada a limpeza das pontas e bolsas a serem acopladas utilizando ferramentas leves.

Esses serviços foram executados em áreas públicas, logo foram instaladas placas de sinalização para garantir a segurança dos transeuntes e veículos.

Figura 29: Fases de execução das obras de drenagem pluvial. (A) Assentamento de tubos de concreto com o auxílio de maquinário; (B) Tubo de concreto assentado.



Fonte: Acervo dos autores

No tocante a dificuldade dessa etapa é importante citar aquela relacionada à entrega dos materiais, uma vez que a localidade apresenta uma topografia sinuosa. Diante disso, os materiais eram entregues na parte superior da via, sendo necessário o transporte individual de cada tubulão até o local da obra, acarretando gasto de tempo, maquinário e mão de obra.

5.2.1.3 Reaterro de vala/cava

Para os reaterros necessários foram utilizados material de boa qualidade, realizando a compactação com equipamento mecânico de controle manual (sapo) (Figura 30A). Nesta etapa ocorreu falha de execução, onde a espessura máxima das camadas, após a compactação, foi superior a 25 cm, o que acarretou recalque após a finalização (Figura 30B).

Figura 30: (A) Fases de execução das obras de drenagem pluvial- Compactação solo com compactador portátil. (B) Recalque após a finalização por falha de execução.



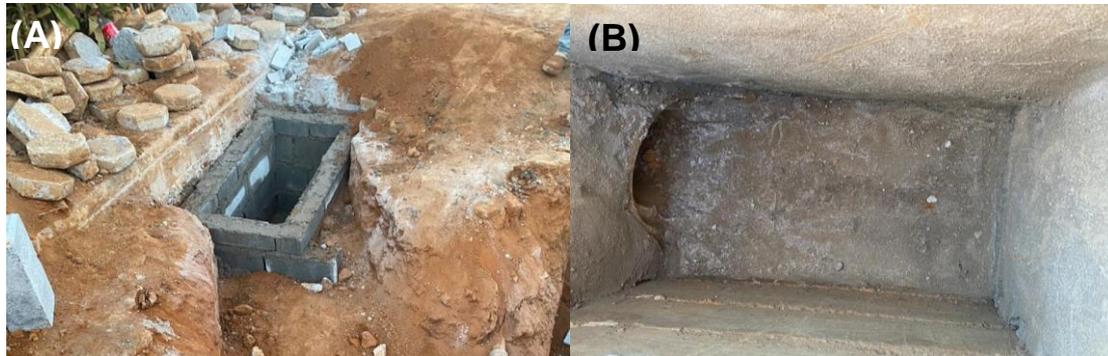
Fonte: Acervo dos autores

5.2.1.4 Boca de lobo em alvenaria

As caixas de ralo foram construídas com 120mm de comprimento por 90 mm largura, considerando a largura do bloco. O foi realizado fundo em concreto simples ($f_{ck} = 15 \text{ Mpa}$), apoiado em lastro de concreto magro ($f_{ck} = 10 \text{ Mpa}$), paredes em blocos de cimento (15x20x40cm) preenchidos com concreto $f_{ck} = 10 \text{ Mpa}$ (Figuras 31A e 31B), posteriormente as caixas foram embolsadas com argamassa de cimento e areia (espessura 2,5 cm).

A tampa alocada é do tipo grelha em F⁰F⁰ para permitir a drenagem da água. Vale ressaltar que, na planilha orçamentária estava descrito como grelha de concreto, entretanto, no memorial descritivo ela apresentava como especificação grelha em F⁰F⁰.

Figura 31: (A) Vista geral da caixa de ralo em execução. (B) Vista interna da caixa de ralo.



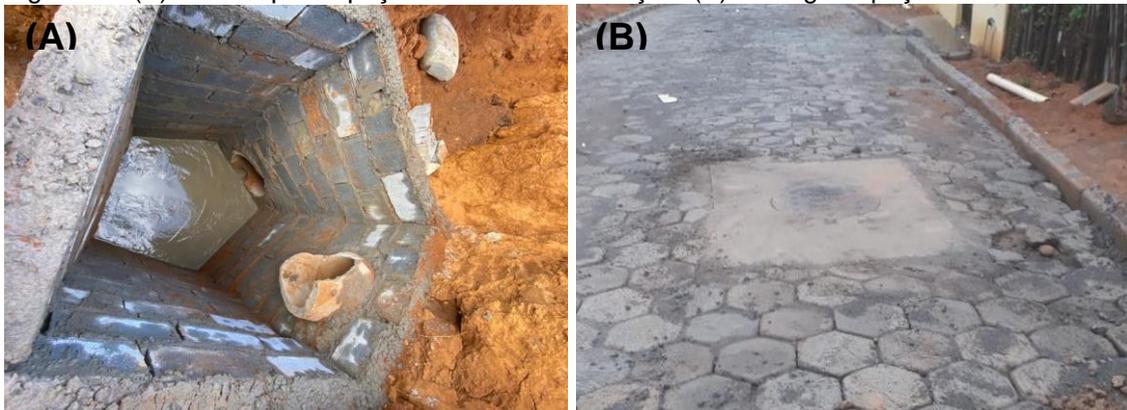
Fonte: Acervo dos autores

5.2.1.5 Poço de visita

Os poços foram projetados com dimensão interna de 1x1m, entretanto durante a execução não foi possível manter essa dimensão devido a quantidade de ligação de tubos de concreto. Dessa forma, cada PV foi construindo com tamanho que permitiu todas as ligações.

No tocante as especificações, os poços foram executados com fundo em concreto magro ($f_{ck} = 20$ Mpa), paredes em blocos de cimento (15x20x40cm) preenchidos com concreto $f_{ck} = 10$ Mpa (Figura 32A). Internamente as paredes dos PVs foram revestidas argamassa de cimento e areia (espessura de 2,50 cm). A tampa do PV colocada foi de concreto armado $f_{ck} = 20$ Mpa, com tampa da visita em ferro fundido (Figura 32B).

Figura 32: (A) Vista superior poço de visita em execução. (B) Vista geral poço de visita.



Fonte: Acervo dos autores.

Além das etapas apresentadas, também foi realizada a inclusão de ala de rede tubular com enrocamento de pedra arrumada e um poço de visita, que não estavam previstos no projeto. Para essa etapa foram utilizados tubos de concreto com 800mm. O PV foi executado conforme as especificações dos demais PV's apresentados.

Como pode ser observado durante o desenvolvimento da obra foram observadas falhas de projeto e execução que acarretaram retrabalhos e gastos adicionais de materiais e de mão de obra. O quadro 3 apresenta resumidamente as etapas e as falhas de projeto e execução.

Quadro 3: Problemas identificados durante a execução da obra de drenagem.

DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS- PROJETO	DIVERGENCIAS PROJETO	FALHA DE EXECUÇÃO
Escavação mecânica de valas de material de 1ª categoria, incluindo remoção para bota fora do leito estradal	Necessitou-se de aumentar a profundidade das valas e dos PV's para obter a inclinação da tubulação prevista em projeto	Por consequência da falha de projeto, houve a necessidade de reexecução dessa etapa, a fim de se obter a profundidade e inclinação necessária para escoamento
Regularização e compactação do fundo de valas com soquete.	-	-
Reaterro de vala/cava com material de boa qualidade utilizando vibro compactador portátil, exclusive material.	-	Não foi compactado conforme previsto em projeto, o que acarretou recalque do solo.
Fornecimento, assentamento e rejuntamento de tubo de concreto	Projeto não contemplou ala de encoramento, logo necessitou de um aumento de tubulação	-
Boca de lobo em alvenaria tijolo maciço, revestida com argamassa de cimento e areia 1:3, sobre lastro de concreto 10 cm e tampa de ferro	Memorial descritivo apresentou como descrição tampa de ferro, já na planilha orçamentária tampa de concreto pré-moldada	Apesar da descrição ser concreto, o valor da planilha refere-se a grelha de ferro. Logo necessitou de alteração da grelha de concreto para a de ferro.

DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS- PROJETO	DIVERGENCIAS PROJETO	FALHA DE EXECUÇÃO
Poço de visita para rede tubular tipo A DN 800, exclusive escavação, reaterro e bota fora	Projeto não contemplou ala de encoramento, logo necessitou de mais um Poço de Visita. Além disso, em projeto, as dimensões dos poços era de 1mx1mx1m, entretanto essa dimensão não suportava a quantidade de manilhas previsto	
Tampão de ferro fundido para poço de visita	-	-
Outros	Inclusão de ala de enrocamento dissipação de água com pedras	-

5.2.2 Execução Pavimentação com Bloquetes Intertravados

No que se refere a execução da pavimentação com bloquetes intertravados essa ocorreu da jusante para montante. Vale ressaltar que uma das ruas já apresentava calçamento e este teve que ser retirado e recolocado devido o sistema de drenagem. As descrições das etapas de execução da obra serão apresentadas a seguir.

5.2.2.1 Regularização do subleito (Proctor normal)

A regularização do subleito ocorreu inicialmente com a preparação da base com raspagem superficial com média de 14 cm de espessura, posteriormente foi realizada a compactação manual para os consertos de irregularidades.

5.2.2.2 Fornecimento, assentamento e rejuntamento de tubo de concreto e meio fio pré-moldado

O preparo da base foi realizado utilizando agregado miúdo e pó-de-pedra. Após o preparo da base os bloquetes foram assentados da jusante para montante, conforme apresentado na Figura 33A. Os bloquetes apresentavam resistência mínima de 35Mpa, diâmetro de 30 cm e altura 8 cm. Posteriormente foi utilizado pó de pedra como material de rejunte, após a colocação dos bloquetes (Figura 33C). Por fim, o assentamento dos bloquetes e respectivo rejuntamento o foi realizado a compactação mecânica com equipamento adequado.

Ressalta-se que para a execução de rede de drenagem na rua existente, foi necessário a remoção e recolocação do pavimento em bloquetes existente. Durante a execução dessa fase, com a remoção, ocorreu a quebra de bloquetes, os quais foram substituídos pela executora.

Devido a falha de execução na compactação do sistema de drenagem, que acarretou recalque, e em alguns trechos foi necessário o ajuste e recolocação de bloquetes, tendo como consequências atraso da obra e gastos extras.

No tocante ao assentamento de meio-fio pré-moldado, este foi realizado de forma manual, atendendo as especificações de projeto (Figura 33B) .

Figura 33: (A) Execução do calçamento. (B) Execução de assentamento de meio-fio pré-moldado de forma manual (C) Vista geral da obra parcialmente finalizada.



Fonte: Acervo dos autores

De forma semelhante ao que ocorreu na entrega dos materiais para sistema de drenagem, nessa etapa os materiais também foram entregues na parte superior da via, sendo necessário o transporte manual até o local da obra, acarretando gasto de tempo e mão de obra. Além da dificuldade na entrega, por um período da obra, houve escassez de bloquetes para compra.

Além disso, iniciou-se o período de chuva e estas acarretaram a paralização temporária da obra e carregamento de solo para a área a ser calçada (Figuras 34 A e 34B).

Figura 34: Carreamento de solo devido a intensas chuvas durante a execução da obra. (A) Vista da erosão em um trecho da rua “”. (B) Solo depositado na rua “”.



Fonte: Acervo dos autores

Como já mencionado, nessa fase da obra ocorreram atrasos e retrabalhos, principalmente acarretados por falhas da etapa de drenagem pluvial, os quais serão apresentadas resumidamente no quadro 4.

Quadro 4: Problemas identificados durante a execução da obra de pavimentação com blocos intertravados.

DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS- PROJETO	DIVERGENCIAS PROJETO	FALHA DE EXECUÇÃO
Regularização do subleito (Proctor normal)	-	Necessidade de refazer a regularização, para ajustar o abaulamento da via
Calçamento em bloquete, retirada e reassentamento sobre coxim de areia.	-	Necessidade de refazer locais que ocorreram recalques devido etapa de drenagem com falhas na execução
Fornecimento e execução de meio-fio de concreto pré-moldado tipo A - (12 X 16,7 X 35) cm, inclusive escavação e reaterro.	-	-
Execução de calçamento em bloquete - E= 8cm - FCK =35 Mpa, incluindo fornecimento e transporte de todos os materiais, colchão de assentamento E= 6cm.	-	Necessidade de refazer locais que ocorreram recalques devido etapa de drenagem com falhas na execução
Limpeza de final de obra	-	-

Fonte: Autoria própria

Diversos problemas apresentados poderiam ser evitados com o planejamento de obra para a fase de execução, dessa forma, serão apresentados no tópico a seguir diretrizes para obras de pavimentação com blocos intertravados e drenagem pluvial.

5.3 Diretrizes para planejamento operacional em obras de drenagem pluvial e pavimentação com blocos intertravados

As informações provenientes das fases de concepção e planejamento fornecem subsídios para que a execução seja feita de forma otimizada. Entretanto, as diretrizes apresentadas neste trabalho serão para a fase de

execução da obra, uma vez que o planejamento inicial e o projeto já foram fornecidos pelo contratante. Vale ressaltar que os problemas encontrados no projeto refletem na conclusão, tendo como consequência transtornos significativos. Diante disso, diretrizes serão traçadas a fim de minimizar impactos negativos nos empreendimentos.

Em obras de drenagem pluvial é essencial ter em conta os seguintes fatores básicos:

- a) Verificar planta topográfica do terreno, a fim de verificar o nivelamento geométrico em todas as esquinas, mudanças de direção e mudanças de greides nas vias públicas;
- b) Analisar o cadastro de redes de esgotos ou de outros serviços que possam interferir na área de projeto;
- c) Analisar o projeto, o memorial descritivo e memorial de cálculo, verificando se está de acordo com a realidade do local, com o intuito de evitar retrabalhos;
- d) Verificar a necessidade de contratação de mão de obra local com antecedência, buscar sempre uma pessoa com experiência na equipe;
- e) Verificar a necessidade de maquinário com antecedência, uma vez que a região pode não contemplar prestação de serviço ou locação de maquinário;
- f) Considerar o fornecimento de materiais, bem como o descarregamento e armazenamento dos mesmos;
- g) Sugere-se iniciar as escavações das valas de montante para jusante, pois assim pode verificar se a profundidade estabelecida no projeto é satisfatória;
- h) Sugere-se realização desse tipo de obra no período de estiagem.

No tocante a obra de pavimentação com blocos intertravados devem ser observadas as seguintes diretrizes:

- a) Analisar o projeto, o memorial descritivo e memorial de cálculo;
- b) Verificar, com antecedência, a necessidade de contratação de mão de obra local, buscando pessoas com experiência na equipe;

- c) Verificar a necessidade de maquinário para realizar o abaulamento da via, uma vez que a região pode não possuir pessoas que prestam esse tipo de serviço;
- d) Considerar o fornecimento de materiais, bem como o descarregamento e armazenamento dos mesmos;
- e) Verificar as especificações dos materiais constante no projeto, a fim de garantir a qualidade e durabilidade do material;
- f) Sugere-se a realização da pavimentação de jusante para montante;
- g) Recomenda-se a realização desse tipo de obra no período de estiagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a realização desse trabalho ratificou-se que o planejamento e as etapas iniciais da obra são fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos a serem executados, cumprindo o orçamento previsto e o prazo estabelecido para a construção.

No que se refere-se aos resultados, notou-se de grande parte dos atrasos e gastos extras foram oriundos de falhas de projeto que acarretaram lapsos de execução que, conseqüentemente, gerou aditivos de tempo e custos não previstos. Diante disso, a análise e verificação inicial dos projetos tornam-se essenciais para a minimização de possíveis divergências.

Por fim, vale ressaltar que é de extrema importância verificar a necessidade de contratação de mão de obra local, bem como locação de equipamento, pois são ferramentas de suma importância para o desenvolvimento dos trabalhos.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Máquinas rodoviárias - Equipamentos, máquinas e implementos deterraplenagem e compactação - Terminologia e classificação**. Rio de Janeiro, 1996.

ADADA, Lucas Bach. Programa de integração e capacitação –DER/ 2008.

ANTONIOLI, P.E. Estudo crítico sobre subsídios conceituais para suporte do planejamento de sistemas de gerenciamento de facilidades em edificações produtivas. 2003. 241p. ed. rev. – Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil Modelo para Planejamento Estratégico da Produção. São Paulo: 1996. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BERNARDES, M. Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil. Editora LTC. 190 pág. Rio de Janeiro: 2003.

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

CRUZ, Luiz M. Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento. 2003, 281 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

DINSMORE, P. Gerenciamento de Projetos. Qualitymark Editora. 150 pág. Rio de Janeiro: 2004.

DNER. Departamento Nacional de Estrada e Roldagem. Manual de Pavimentação. Rio de Janeiro. 1996.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. Manual de Pavimentação. 2006.

FACHINI, A. C. Subsídios para a programação de estruturas de concreto armado no nível operacional. 2005. 215p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; ALVES, T. C. L.; OLIVEIRA, K. A. Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção. NORIE/UFRGS. 50 pág. Porto Alegre: 2001.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GERHARDT, T.E. et al. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GONÇALVES, D.T.R. planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios: estudo de caso em obra com restrições e limitações operacionais. Monografia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politecnica. São Paulo, 2009.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2020.

GOOGLE. Google website. <http://google.com/>, 2020.

MAXIMIANO, A. C. A. Teoria geral da administração: da revolução urbana à digital. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 521p.

MARTINS, L.G.B. Avaliação do Potencial de aplicação de técnicas

compensatórias em áreas urbanas consolidadas. Tese de Doutorado. Universidade de São paulo. 2017.

PASTOR JR, R. Diretrizes para planejamento operacional no canteiro de obras. 2007. 97p. Monografia (MBA Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politecnica. São Paulo, 2007.

PRODANOV, C. C. et al. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

Sinaprocim, ABCP, BlocoBrasil e Soluções para Cidades; 2011. **13 passos para executar um pavimento permeável e armazenar água da chuva** Disponível em: www.abcp.org.br/. Acesso em: 30/06/2020

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação. vol. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001. SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação. vol. 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SUZUKI, Carlos Yukio. Drenagem de obras viárias Rodovias e Ferrovias.2010.

TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. **Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais**. 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr540368_8017.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2015.

VARALLA, R. Planejamento e Controle de Obras. O Nome da Rosa Editora. 118 pág. São Paulo: 2003.