

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Andrey Reichelt Azambuja

**PAVIMENTOS ASFÁLTICOS: ANÁLISE DE PATOLOGIAS
NA REPAVIMENTAÇÃO DE TRECHOS DEVIDO A OBRAS
DE REDE DE ESGOTO SANITÁRIO**

Porto Alegre
dezembro 2009

ANDREY REICHELT AZAMBUJA

**PAVIMENTOS ASFÁLTICOS: ANÁLISE DE PATOLOGIAS
NA REPAVIMENTAÇÃO DE TRECHOS DEVIDO A OBRAS
DE REDE DE ESGOTO SANITÁRIO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Suyen Matsumura Nakahara

Porto Alegre
dezembro 2009

ANDREY REICHELT AZAMBUJA

**PAVIMENTOS ASFÁLTICOS: ANÁLISE DE PATOLOGIAS
NA REPAVIMENTAÇÃO DE TRECHOS DEVIDO A OBRAS
DE REDE DE ESGOTO SANITÁRIO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2009

Suyen Matsumura Nakahara
Doutora pela Universidade de São Paulo, Brasil
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Eng. Larry Rivoire Júnior (SMOV/ PMPA)
Mestre em Engenharia pela ULBRA

Prof. Washington Perez Nuñez (UFRGS)
Dr. em Engenharia pela UFRGS

Profa. Suyen Matsumura Nakahara (UFRGS)
Dra. em Engenharia pela USP

Dedico este trabalho a meus pais, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio durante todo o curso.

Aos amigos, pela amizade e confiança.

À minha linda, pelo carinho, atenção e apoio para execução deste trabalho.

À professora Suyen, pela orientação intensa durante todo o trabalho de diplomação.

À professora Carin, pela dedicação em desenvolver um Trabalho de Diplomação de alto nível ao curso de Engenharia Civil da UFRGS.

Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe
provando o contrário.

Albert Einstein

RESUMO

AZAMBUJA, A. R. **Pavimentos Asfálticos**: análise de patologias na repavimentação de trechos devido a obras de rede de esgoto sanitário. 2009. 85 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A repavimentação de trechos devido a obras sob vias urbanas tem causado problemas no pavimento devido à má execução, gerando desconforto e insegurança aos usuários da via. Com o objetivo de identificar as causas e soluções para as patologias encontradas nos remendos de pavimentos asfálticos, foi realizada uma coleta totalizando 2 km de extensão em trechos repavimentados devido a obras de rede de esgoto sanitário. Para o levantamento foram anotadas a extensão ou área e a severidade do defeito, que juntamente de uma pesquisa bibliográfica e um acompanhamento em campo da execução da obra do caso em estudo, resultou na identificação das causas dos defeitos. As soluções apresentadas no trabalho tiveram duas finalidades: preventiva e corretiva. As preventivas estão relacionadas a como deve ser executado o serviço a fim de evitar futuros aparecimentos das patologias encontradas e a corretiva em como pode-se concertar aquela já presente. Por fim, o trabalho relata a importância do controle do grau de compactação dos materiais, utilização de materiais adequados e da mão de obra qualificada para um bom desempenho da repavimentação.

Palavras-chave: repavimentação; patologias; rede coletora de esgoto sanitário.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 seção transversal típica urbana	12
Figura 2: delineamento do trabalho	16
Figura 3: marcação do corte do pavimento	23
Figura 4: métodos de assentamento	27
Figura 5: procedimentos para execução de remendo permanente	31
Figura 6: defeitos devido a execução inadequada	36
Figura 7: exemplos de sinalização utilizados na obra em estudo	39
Figura 8: comparação entre remoção do pavimento asfáltico com base de brita graduada (a) e paralelepípedo (b).....	40
Figura 9: rompimento do pavimento	41
Figura 10: escavação com retroescavadeira (a) e com escavadeira (b)	42
Figura 11: escoramento especial	43
Figura 12: dificuldades de escavação com presença de água (a) e esgotamento de vala.....	44
Figura 13: perfis dos tubos de PVC DN 150 mm e concreto DN 700 mm	45
Figura 14: assentamento de tubo de concreto sobre camada de rachão (a) e assentamento de tubo de PVC sobre camada de areia	46
Figura 15: compactador mecânico	47
Figura 16: compactação por rolo mecânico	48
Figura 17: instrumentos auxiliares para levantamento em campo	49
Figura 18: carros estacionados na rua João Mora sobre remendo	50
Figura 19: afundamento da repavimentação (a) e trincamento de pavimento existente com remendo (b)	51
Figura 20: PV desnivelados e a tendência da repavimentação em se nivelar com o mesmo	52
Figura 21: marcas da retroescavadeira no pavimento (a) e reperfilagem (b)	52
Figura 22: afundamento do remendo (a) causando trincas longitudinais com o pavimento existente (b)	54
Figura 23: PV com desnivelamento de afundamento (a) e de elevação (b)	55
Figura 24: afundamento com solevamento lateral	55
Figura 25: dano causado no pavimento (a) pelo afundamento da repavimentação (b)	56
Figura 26: afundamento sem solevamento e trincas longitudinais	58
Figura 27: afundamento e falta de acabamento em torno dos PV	58
Figura 28: desnivelamento de PV e o aparecimento de trincas	60
Figura 29: panela de severidade média	60

Figura 30: elevação de remendos	62
Figura 31 trinca tipo couro de jacaré	62
Figura 32: acabamento do concreto asfáltico para base de paralelepípedo	64
Figura 33: trincas de fadiga no pavimento existente	65
Figura 34: poço de visita desnivelado e a presença de trincas longitudinais	65
Figura 35: elevação causada pelo asfalto dos ramais	66
Figura 36: afundamento criando ondulações na repavimentação.....	66
Figura 37: porcentagem de contribuição das patologias	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: resumo dos defeitos encontrados para a rua Victor Silva.....	53
Quadro 2: resumo dos defeitos encontrados na rua Joaquim Louzada no primeiro trecho.....	57
Quadro 2: resumo dos defeitos encontrados na rua Joaquim Louzada no segundo trecho.....	59
Quadro 4: resumo dos defeitos encontrados para a rua João Pitta Pinheiro Filho	61
Quadro 5: resumo dos defeitos encontrados para a rua Padre João Batista Réus.....	63
Quadro 6: resumo dos defeitos encontrados para a rua Liberal.....	67
Quadro 7: resumo geral.....	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MÉTODO DE PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	14
2. OBJETIVOS	14
2.2.1 Objetivo Primário	14
2.2.2 Objetivos Secundários	14
2.3 DELIMITAÇÕES	15
2.4 LIMITAÇÕES	15
2.5 DELINEAMENTO	15
3 SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA SUBTERRÂNEA	17
3.1 SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO	17
3.2 OUTROS SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA SUBTERRÂNEA	18
3.2.1 Sistema de drenagem pluvial	18
3.2.2 Sistema de abastecimento de água	18
3.2.3 Sistema de comunicações	19
4 IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE ESGOTO SANITÁRIO	20
4.1 LIBERAÇÃO DE VIA URBANA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA SUBTERRÂNEA EM PORTO ALEGRE	21
4.2 LOCAÇÃO	21
4.3 SINALIZAÇÃO	22
4.4 LEVANTAMENTO OU ROMPIMENTO DE PAVIMENTO	23
4.5 ESCAVAÇÃO	34
4.6 ESCORAMENTO	25
4.7 ESGOTAMENTO	25
4.8 ASSENTAMENTO	26
4.9 REATERRO	28
4.10 REPAVIMENTAÇÃO	28
4.10.1 Execução de remendos	29
4.10.1.1 Remendo simples	29
4.10.1.2 Remendo compactado	30
4.10.1.3 Remendo permanente	30
5 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	32
5.1 DEFINIÇÕES DE DEFEITOS.....	32

5.2 DEFEITOS DEVIDO À EXECUÇÃO INADEQUADA.....	36
5.3 PROCESSO DE REPARO ADEQUADO.....	37
6 CASO EM ESTUDO.....	39
6.1 OBRA EM ESTUDO.....	39
6.1.1 Locação.....	39
6.1.2 Sinalização.....	40
6.1.3 Rompimento da pavimentação.....	41
6.1.4 Escavação.....	42
6.1.5 Escoramento.....	43
6.1.6 Esgotamento.....	44
6.1.7 Assentamento.....	45
6.1.8 Reaterro.....	47
6.1.9 Repavimentação.....	48
6.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO.....	50
6.2.1 Critério para coleta de dados.....	51
6.2.2 Análise dos trechos.....	51
6.2.2.1 Análise da rua Victor Silva.....	52
6.2.2.2 Análise da rua Joaquim Louzada.....	56
6.2.2.3 Análise da rua João Pitta Pinheiro Filho.....	62
6.2.2.4 Análise da rua Padre João Batista Réus.....	64
6.2.2.5 Análise da rua Liberal.....	67
6.2.3 Resumo dos dados	71
6.3 ANÁLISE DAS CAUSAS.....	74
6.4 SOLUÇÕES.....	74
7 CONCLUSÕES.....	74
REFERÊNCIAS	75
ANEXO A	76
ANEXO B.....	79
ANEXO C.....	84

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a pavimentação de vias urbanas é alvo de atenção e costuma ficar em primeiro plano no cronograma de execução. Já as redes de saneamento, por serem obras subterrâneas e, portanto, não visíveis aos olhos da população, são colocadas em segundo plano. No entanto, essas obras, com o tempo, tornam-se indispensáveis para a população, acabando por serem implementadas após a execução da pavimentação, gerando custos de recuperação e comprometendo a função estrutural e funcional destes pavimentos.

O meio urbano é compartilhado por várias redes subterrâneas de infraestrutura e para qualquer obra de manutenção ou ampliação da capacidade destas redes, é necessária a intervenção nos pavimentos. A figura 1 mostra uma seção transversal típica urbana. Cada rede de serviço está associada a um único método de construção em termos de ocupação, proteção, espaço e profundidade.



Figura 1: seção transversal típica urbana
(AL-SWAILMI, 1994 apud STUCHI, 2005, p. 7)

A redução do ciclo de vida dos pavimentos por intervenções subterrâneas, chegou a 32,4%, para um estudo realizado na região de Ottawa-Carleton, Canadá (LEE; LAUTER, 1999 apud DANIELESKI, 2004, p. 51). Esse dado demonstra a importância de se realizar um estudo sobre as principais patologias encontradas em remendos, além de identificar suas causas e buscar soluções para os problemas apresentados.

Portanto, o trabalho fundamenta-se em uma coleta de dados patológicos realizado em campo para um caso em estudo na cidade de Porto Alegre. Sua finalidade é o levantamento e identificação das causas das principais patologias encontradas em pavimentos asfálticos causadas pela repavimentação, trazendo soluções não só corretivas como também preventivas para os problemas encontrados.

2 MÉTODO DE PESQUISA

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa apresentada pelo trabalho é: quais as causas e soluções para as patologias encontradas em pavimentos asfálticos causadas pela repavimentação de trechos devido a obras da rede coletora de esgoto sanitário no caso em estudo?

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo principal

O trabalho tem como objetivo principal a descrição das causas e soluções para as patologias encontradas em pavimentos asfálticos causadas pela repavimentação de trechos devido a obras da rede coletora de esgoto sanitário no caso em estudo.

2.2.2 Objetivos secundários

Para identificar as causas e buscar soluções para as patologias encontradas deve-se:

- a) identificação das etapas de execução da rede de esgoto sanitário;
- b) análise das patologias em pavimentos asfálticos;
- c) apresentação de métodos de execução utilizados para repavimentação segundo bibliografia e normas.

2.3 DELIMITAÇÕES

O caso em estudo está delimitado aos pavimentos asfálticos.

2.4 LIMITAÇÕES

O trabalho está limitado ao caso em estudo de redes coletoras de esgoto sanitário e a coleta de dados à repavimentações que tenham sido executadas há no máximo 10 meses antes do levantamento.

2.5 DELINEAMENTO

O delineamento é apresentado nas etapas descritas abaixo:

- a) pesquisa bibliográfica e em normas técnicas referentes à execução de redes de esgoto sanitário, repavimentação e patologias em pavimentos asfálticos;
- b) acompanhamento da execução da rede de esgoto em campo;
- c) descrever o processo de execução da rede de esgoto sanitário do caso em estudo;
- d) coletar as patologias relativas a remendos em pavimentos asfálticos na obra do caso em estudo;
- e) identificar as causas das patologias coletadas do caso em estudo;
- f) descrever soluções para as patologias encontradas;
- g) conclusões e considerações finais.

O trabalho foi iniciado através de uma pesquisa bibliográfica e em normas referentes à execução de rede de esgoto sanitário, repavimentação e patologias em pavimentos asfálticos. Paralelamente a essa pesquisa, foi realizado um acompanhamento em campo do processo de execução da rede coletora no caso em estudo. Através da observação das etapas da obra em estudo foi descrito seu processo de execução, para que fosse possível, juntamente com o conhecimento da pesquisa em normas e bibliografia, a coleta das patologias dos pavimentos asfálticos e a identificação das suas causas, a fim de que se encontrem soluções tanto de caráter preventivo como corretivo. Finalmente foram realizadas as conclusões do trabalho. A figura 2 demonstra o delineamento do trabalho.

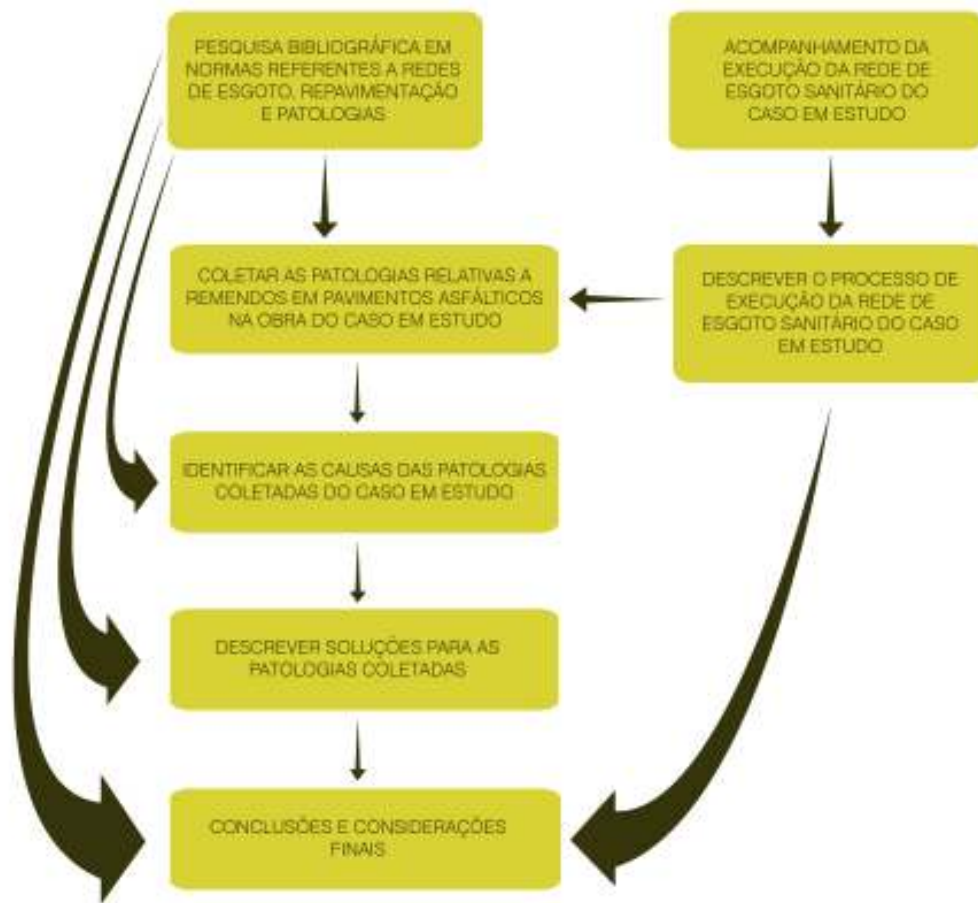


Figura 2: delineamento do trabalho

3 SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA SUBTERRÂNEA

O espaço urbano não é constituído simplesmente pela tradicional combinação de áreas edificadas e áreas livres, interligadas através dos sistemas viários. As redes de infraestrutura também fazem parte do espaço urbano e o pleno desenvolvimento das cidades está diretamente relacionado a elas. Através da sua existência, melhoram-se as condições ambientais e de produção e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população (STUCHI, 2005, p. 5).

As redes de infraestrutura são classificadas também quanto a sua localização em diferentes níveis e faixas. No nível subterrâneo localizam-se as redes profundas do sistema de drenagem pluvial, de água, de gás e, principalmente, de esgoto. Portanto, este capítulo busca esclarecer as funções das modalidades de serviço subterrâneas.

3.1 SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

A água é de elementar necessidade para o ser humano, porém, sua utilização combinada com seu despejo sem tratamentos adequados está afetando diretamente o ecossistema e a qualidade de vida do ser humano. Com a finalidade de complementação do sistema de água surgiu o sistema de esgoto sanitário, cuja função é a coleta de esgotos domésticos, comerciais e industriais para posterior tratamento e despejo em local adequado. Esse percurso até o destino final, muitas vezes, precisa auxílio de estações elevatórias, principalmente quando o terreno onde foi implantada a rede apresenta-se plano. Portanto, existem diversos elementos que constituem o sistema de esgoto sanitário, e são definidos por Stuchi (2005, p. 15):

A rede de esgotos sanitários é um conjunto de condutos ramificados, com traçado que lembra, no seu funcionamento, um sistema fluvial. O desenvolvimento das tubulações é sempre feito dos pontos mais altos e trechos de menores dimensões até os pontos mais baixos, onde estão os trechos de maiores dimensões. Os condutos de pequenas dimensões afluem para condutos cada vez maiores, até atingirem os condutos principais do sistema de esgoto.

A ligação predial é um conjunto de elementos que têm por finalidade estabelecer a comunicação entre a instalação predial de esgotos de um edifício e o sistema público correspondente.

O poço de visita destina-se à concordância, inspeção, limpeza e desobstrução dos trechos coletores. Devem ser construídos em pontos críticos ou convenientes das instalações, tais como mudança de direção ou declividade.

A estação elevatória é indispensável em cidades ou áreas de pequena declividade e onde o ponto de lançamento se encontra em locais distantes. Em cidades médias e grandes, raramente os sistemas funcionam inteiramente por gravidade.

A estação de tratamento é a responsável pela recuperação total ou parcial das águas servidas, por meio de processos que retiram as matérias orgânicas ou de outros tipos. Devido a problemática da poluição dos rios, esse é um elemento que tem papel cada vez mais importante no sistema

As tubulações a serem utilizadas dependerão da vazão calculada para cada trecho, da disponibilidade do material, facilidade de manuseio e custo. Os materiais mais empregados na área são tubulações de concreto, manilha cerâmica e PVC.

3.2 OUTROS SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA SUBTERRÂNEA

Além do sistema de esgoto sanitário, existem outros sistemas subterrâneos, e dentre os principais, os sistemas de drenagem pluvial, de abastecimento de água e comunicações.

3.2.1 Sistema de drenagem pluvial

Os sistemas de drenagem têm função de coletar a água da chuva e transportá-la até local adequado a fim de evitar grandes inundações em ambientes urbanos. Possui como elementos principais meios-fios ou guias, sarjetas, bocas-de-lobo, poços de visitas, galerias e bacias de estocagem (STUCHI, 2005, p. 11).

3.2.2 Sistema de abastecimento de água

A rede de distribuição de água funciona sob pressão, o que confere baixas profundidades de escavação para implementação, ao contrário de redes por gravidade, e sua função é suprir as demandas diárias de fornecimento a toda população. Sua dependência está vinculada principalmente as estações de tratamento de água, onde após o processo de purificação, está apropriada para consumo e pode ser distribuída. Os materiais mais aplicados na execução de tubulações nas redes de distribuição são o ferro fundido e o PVC (STUCHI, 2005, p.12).

3.2.3 Sistema de comunicações

Esse é o sistema em maior desenvolvimento na atualidade, pois é representado por redes de telefonia, televisão e internet. Suas redes são formadas por cabos de diferentes tipos de materiais, porém, os que mais se destacam na atualidade são os de fibra ótica. A proteção do cabeamento é através de galerias subterrâneas complementadas com poços de visitas para inspeções e possíveis reparos (STUCHI, 2005, p. 18).

4 IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE ESGOTO SANITÁRIO

Como qualquer obra de construção civil, as redes coletoras de esgoto sanitário apresentam uma sequência de procedimentos descritos por normas e bibliografia a fim de garantir tanto qualidade no serviço executado como condições de segurança exigíveis. Portanto, o capítulo em questão é destinado a apresentar as etapas de implementação da rede coletora, desde sua locação até sua repavimentação, seguindo orientações bibliográficas e normativas. Porém, como para a implementação de qualquer infraestrutura subterrânea na cidade de Porto Alegre é necessária a realização de procedimentos para liberação da via, esse conteúdo é também citado nesse capítulo.

Logo, o capítulo apresenta o processo de implementação da rede coletora de esgoto sanitário, dividido nas etapas de:

- a) liberação de via urbana: procedimentos para liberação de via;
- b) locação da obra: marcações iniciais para abertura da vala;
- c) sinalização: delimitação da área de trabalho a fim de manter a segurança para motoristas, pedestres e trabalhadores;
- d) levantamento ou rompimento da pavimentação: etapa relativa à remoção da pavimentação inicial da via;
- e) escavação: processo de retirada do solo da vala;
- f) escoramento: manutenção da segurança dos trabalhadores a partir da estabilidade concedida;
- g) esgotamento: retirada de água da vala;
- h) assentamento: colocação da tubulação;
- i) reaterro: reposição de material na vala;
- j) repavimentação: reposição do pavimento.

4.1 LIBERAÇÃO DE VIA URBANA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA SUBTERRÂNEA EM PORTO ALEGRE

Para implementação de infraestrutura subterrânea em via pública na cidade de Porto Alegre é preciso inicialmente liberação através de licenças. A página na internet da Empresa Pública de

Transporte e Circulação (EPTC), responsável pela regulação e fiscalização das atividades relacionadas com trânsito e os transportes no município de Porto Alegre, contém informações sobre os procedimentos para obtenção dessa liberação. Nela consta que primeiramente é necessário não só apresentar um projeto de sinalização como também licença para trabalhar na via concedida pela Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV) (PORTO ALEGRE, 2009).

Para liberação concedida pela SMOV é necessária a emissão de um documento por parte da empresa executante da obra, que deverá ser entregue a Divisão de Conservação de Vias Urbanas, para aprovação. O modelo de ofício encontra-se no anexo A deste trabalho.

Após o trâmite de liberação com a SMOV, o documento deve ser encaminhado para EPTC para avaliação. É importante relatar que tipo de serviço será realizado, como execução de rede de esgoto na via ou colocação de caixas de inspeção no passeio, por exemplo, para que possa ser avaliado o tipo de bloqueio necessário, parcial ou total. A entrega do projeto de sinalização também é indispensável e deve ser elaborado pela empresa executante da obra com o objetivo de advertir pedestres e veículos a respeito das mudanças do trânsito. Como elementos pertencentes ao projeto estão placas de trânsito, balizadores, cavaletes e etc. Vale lembrar que o projeto de sinalização também está sujeito a aprovação, portanto, é possível que melhorias sejam exigidas pelo órgão responsável (no anexo A com modelo de projeto de sinalização de via).

4.2 LOCAÇÃO

A locação da obra é a primeira etapa em campo na execução de uma rede de esgoto sanitário. Nela são definidos os pontos iniciais da rede, especificando também onde serão locados os poços de visita (PV) e outros elementos constituintes da rede.

A NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) estabelece requisitos para a locação da vala de esgoto sanitário:

- a) adensar a rede de Referências de Nivelamento (RN), implantando no mínimo uma RN secundária por quadra, e pontos de segurança notáveis da via não sujeitos a interferência da obra, pelo menos nos cruzamentos;

- b) restabelecer a locação primeira reconstituindo os piquetes do eixo da vala e do centro dos poços de visita;
- c) demarcar no terreno as canalizações, dutos, caixas, etc., subterrâneos, interferentes com a execução da obra.

Reforçando a idéia da demarcação no terreno das interferências na rede, é afirmado (MISAWA et al., 1975 apud STUCHI, 2005, p. 25):

Os órgãos que administram os serviços de água, esgoto, gás, telefone e águas pluviais, para considerar apenas os que dizem respeito às cidades brasileiras, utilizam a via pública para suas instalações. Na maioria das cidades, essa utilização tem sido desordenada e sem um critério geral que possa evitar os inconvenientes da interferência de um sistema no outro, [...].

4.3 SINALIZAÇÃO

A NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) fixa as seguintes condições exigíveis em nível de sinalização:

- a) cercar o local de trabalho por meio de cavaletes e tapumes de contenção do material escavado;
- b) manter livre o escoamento superficial de água de chuvas;
- c) deixar, sempre que possível passagem livre para o trânsito de veículos;
- d) deixar passagem livre e protegida para pedestres;
- e) colocar, no local da obra, dispositivos de sinalização em obediência às leis e regulamentos em vigor.

Os sinais de trânsito, segundo Stuchi (2005, p. 30) podem ser classificados em três classes principais:

- a) de advertência, cuja finalidade é avisar aos motoristas e pedestres sobre a existência de algum perigo na rua;
- b) de regulamentação, cujo objetivo é informar aos motoristas sobre proibições;
- c) de indicação, cujo objetivo é fornecer informações úteis aos motoristas e pedestres.

A sinalização noturna é feita com os mesmos sinais citados acima, acrescidos de elementos luminosos ou refletivos (STUCHI, 2005, p. 29).

4.4 LEVANTAMENTO OU ROMPIMENTO DA PAVIMENTAÇÃO

A execução do levantamento ou rompimento do pavimento pode ser feita manualmente ou de forma mecânica, dependendo da dificuldade de remoção. No caso de pavimentos asfálticos, a largura a ser retirada é de 15 cm para cada lado da vala (STUCHI, 2005, p. 32).

Stuchi (2005, p. 31) ainda adverte que a área de trabalho deve ser previamente limpa devendo-se retirar, quando possível, ou escorar solidamente, árvores, rochas, equipamentos, materiais, muros, edificações vizinhas e todas estruturas que possam ser afetadas. O primeiro passo para remoção do pavimento é a realização de marcação da faixa de corte, conforme figura 3.

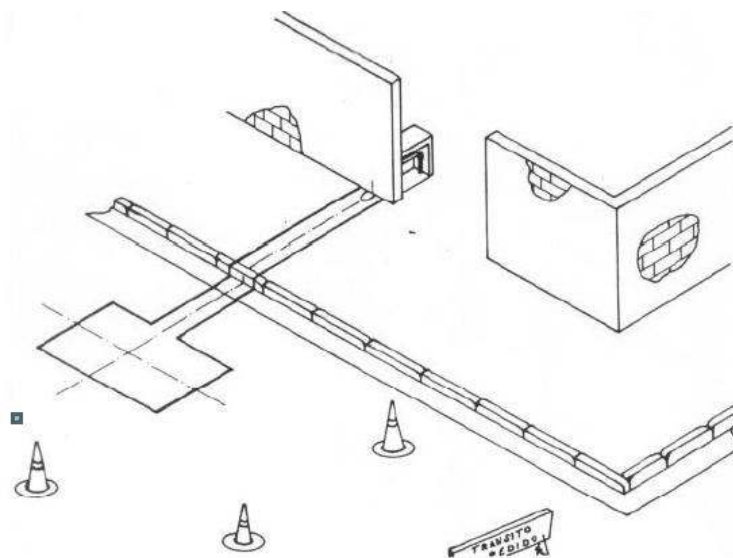


Figura 3: marcação do corte do pavimento
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1978 apud STUCHI, 2005, p. 31)

4.5 ESCAVAÇÃO

Segundo a NBR 12.266 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992), durante toda a fase de execução e durante a existência da escavação é indispensável ter-se no canteiro de obra um arquivo contendo os seguintes documentos:

- a) resultados das investigações geotécnicas e perfis geotécnicos do solo;
- b) profundidade e dimensões da escavação bem como as etapas a serem atingidas durante a execução e reaterro;
- c) condições da água subterrânea;

- d) levantamento das fundações das edificações vizinhas e redes de serviços públicos;
- e) projeto detalhado do tipo de proteção das paredes da escavação.

Segundo a NBR 9061 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985), Segurança de Escavação a Céu Aberto, o levantamento topográfico do terreno, das edificações vizinhas (tipos de fundações, cotas de assentamento das fundações, distância à borda da escavação) e das redes de utilidades públicas é indispensável para que se possa determinar sobrecargas, realizar estudos de deslocabilidade e deformabilidade a fim de evitar possíveis danos nas edificações através da escavação e manter segurança aos trabalhadores.

A norma NBR 9814 indica que as valas devem ser escavadas seguindo a linha de eixo e respeitando as cotas indicadas pelo projeto, que estão apresentadas na ordem de serviço. É importante a execução da vala de jusante para montante, a partir dos pontos de lançamento ou de pontos onde seja viável o uso de galerias pluviais para o seu esgotamento por gravidade, caso ocorra presença da água na escavação. A largura da vala será determinada em função das características do solo, tubulação, profundidade, tipo de escoramento e processo de escavação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987).

Stuchi (2005, p. 33) acrescenta “Os materiais retirados das escavações devem ser depositados a uma distância superior à metade da profundidade, medida a partir da borda do talude. As escavações com mais de 1,25 m de profundidade devem dispor de estacas próximas ao posto de trabalho, [...]”.

4.6 ESCORAMENTO

O escoramento “É importante porque age de duas maneiras: tem o fator físico da segurança e também o aspecto psicológico, pois em valas profundas, mesmo em terreno consistente, tal medida possui a sensação de segurança.” (STUCHI, 2005, p. 35).

Segundo a NBR 9061 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985), escavações de até 1,5 m de profundidade podem, geralmente, ser executadas sem especial

segurança com paredes verticais. Isto se as condições de vizinhança e tipo de solo permitirem. Porém, em situações de cargas de tráfego próximas a vala, solo afogado por trabalhos anteriores e vibrações junto às escavações, escoramentos podem se tornar necessários.

A NBR 9814, Execução de Rede Coletora de Esgoto Sanitário, o escoramento é dividido em 4 tipos, variando de acordo com a natureza do terreno e a profundidade da vala. Fica a critério do construtor e condicionado à aprovação prévia da fiscalização qual deve ser o mais adequado para cada situação apresentada em campo. Os quatro tipos apresentados são pontaleamento, descontínuo, contínuo e especial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987).

De acordo com a NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987), como critério de segurança, quando o terreno não for de boa qualidade, em termos de estabilidade, o escoramento não deve ser retirado antes do reenchimento da vala atingir 0,6 m acima do coletor ou 1,5 m abaixo da superfície natural do terreno. Na pior hipótese a vala deve ser totalmente coberta e somente após o escoramento pode ser retirado.

4.7 ESGOTAMENTO

A água encontrada nas valas pode ser por decorrência de chuvas, vazamentos de outras canalizações e lençóis ou minas de água (STUCHI, 2005, p. 34). A NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) orienta que o terreno deverá ficar permanentemente drenado quando a escavação atingir o lençol freático além de que se deve tomar cuidado em situações onde o solo encontra-se saturado, calafetando as fendas entre as tábuas, vigas e pranchas do escoramento, para impedir que o material do solo seja carregado para dentro da vala, evitando o solapamento desta e o abatimento da via.

4.8 ASSENTAMENTO

A NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) indica que o greide do coletor poderá ser obtido por meio de régua niveladas com a declividade do projeto que devem ser colocadas na vertical do centro dos PV e em pontos intermediários do trecho, distanciados de acordo com o método de assentamento a empregar, ou seja:

- a) cruzeta: máximo de 30 m;
- b) gabarito: máximo de 10 m.

A NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) ainda indica que alinhando-se entre duas réguas consecutivas a cruzeta ou o gabarito, de madeira, respectivamente, por visada a olho ou por meio de fio de náilon fortemente estirado, obtêm-se as cotas intermediárias para o assentamento da tubulação. As réguas e cabeças das cruzetas ou do gabarito devem ser pintadas com cores vivas e que apresentem contraste com as outras, a fim de facilitar a determinação da linha visada.

No assentamento de tubos diretamente sobre o terreno, a NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) indica que após a regularização e apiloamento do fundo da vala ou sobre o leito de material fino, uma vez concluído o nivelamento e o adensamento do material, deve-se preparar uma cava para o alojamento da bolsa ou luva de união, e do próprio tubo, abrangendo no mínimo um setor de 90^0 da seção transversal. Além de detalhar o assentamento, a figura 4 demonstra o processo de alinhamento através de cruzeta e gabarito.

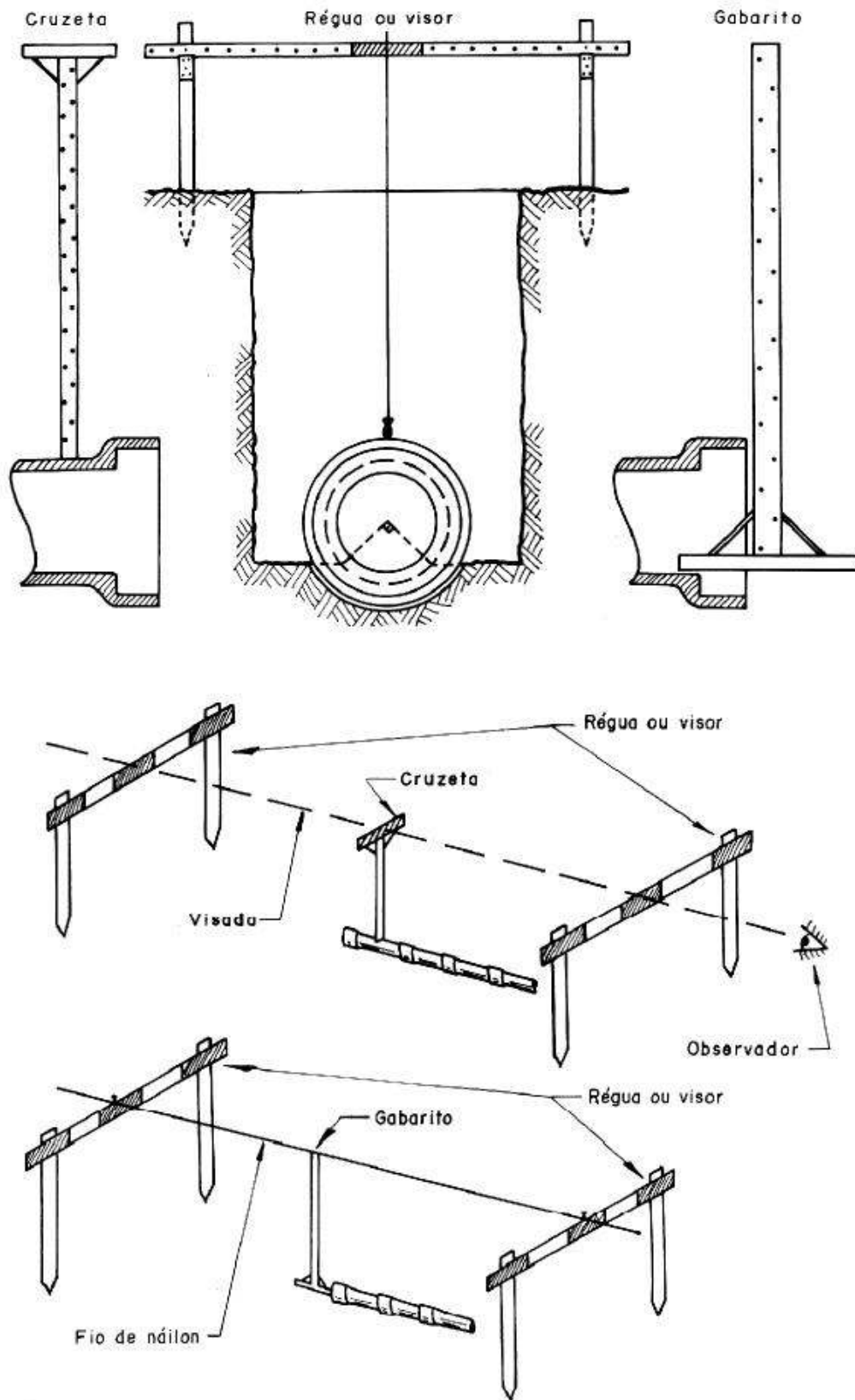


Figura 4: métodos de assentamento
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987)

4.9 REATERRO

O fechamento da vala ou reaterro é executado após o envolvimento lateral do tubo na etapa de assentamento. Sua finalidade é completar a vala com material de boa qualidade.

A NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) orienta:

O restante da vala, até atingir o nível da base do pavimento ou então o leito da rua ou do logradouro, se em terra, deve ser reenchido com material de boa qualidade em camadas de 20 cm de espessura, compactadas mecanicamente, de sorte a adquirir uma compactação aproximadamente igual a do solo adjacente.

Segundo Stuchi (2005, p. 36), o reaterro influencia não só a qualidade de reposição do pavimento como também exerce influência sobre as cargas verticais que atuam sobre as tubulações.

4.10 REPAVIMENTAÇÃO

A reposição da pavimentação em vias públicas deve objetivar o estabelecimento do pavimento com características iguais ou superiores as do pavimento original, obedecendo às recomendações e exigências municipais (STUCHI, 2005, p. 37).

Segundo a NBR 9814 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987), “Devem ser providenciadas as diversas reposições, reconstruções e reparos, de qualquer natureza, de modo a tornar o executado melhor, ou no mínimo igual ao que foi removido, demolido ou rompido.”

Stuchi (2005, p. 37) salienta que:

Grande parte dos problemas dos pavimentos urbanos estão diretamente associados a má qualidade dos serviços de recomposição de valas abertas para instalação ou reparo de redes de infraestrutura urbana. Portanto é de grande importância o controle de qualidade dos remendos, que é considerado o método de reparo mais utilizado na manutenção de vias e ruas.

4.10.1 Execução de remendos

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, remendo é uma porção do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material (similar ou diferente). Remendos existentes são em geral consideradas falhas, portanto, a área remendada também deve ser avaliada (BRASIL, 2006).

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos indica ainda que remendos são considerados defeitos quando provocam desconforto devido às seguintes causas (BRASIL, 2006):

- a) solicitação intensa do tráfego;
- b) emprego de material de má qualidade;
- c) agressividade das condições ambientais;
- d) problemas construtivos.

Para salientar a importância da qualidade dos reparos, em uma pesquisa realizada na região de Ottawa-Carleton, no Canadá, através da avaliação da irregularidade, capacidade estrutural e degradação superficial, concluíram que a abertura de valas reduz o ciclo de vida dos pavimentos urbanos daquela região em 7,8% quando os impactos destas obras são analisados sobre a área total da rede viária. Quando estes impactos são analisados proporcionalmente a área atingida pelas aberturas de valas, a redução do ciclo de vida alcança 32,4% (LEE; LAUTER, 1999 apud DANIELESKI, 2004, p. 51).

Dentre os vários métodos de reparo de pavimentos asfálticos os mais tradicionais são os remendos simples localizados (tapa-buraco), os remendos superficiais, os remendos compactados e os remendos permanentes.

4.10.1.1 REMENDO SIMPLES

É o método de reparo mais difundido, não só no Brasil. Consiste no simples lançamento da mistura asfáltica, sem cuidados prévios (limpeza e drenagem) ou posteriores (compactação). Embora não represente uma técnica adequada, sua elevada produtividade o torna muito popular entre as equipes de manutenção e reabilitação de pavimentos (STUCHI, 2005, p. 39).

A norma DNIT 005/2003 – TER define remendo um termo técnico empregado como um defeito superficial. Segundo a norma, o defeito **panelas** em pavimentos flexíveis quando são preenchidas por uma ou mais camadas de material asfáltico são denominadas **tapa-buraco** (BRASIL, 2003).

4.10.1.2 Remendo compactado

O remendo compactado representa uma transformação do método do remendo simples. Consiste no lançamento de material asfáltico sobre uma superfície limpa e seca, seguida de compactação. A norma do DNIT 005/2003 – TER define este tipo de procedimento como remendo superficial, ou seja, correção, em área localizada, da superfície do revestimento pela aplicação de uma camada betuminosa (BRASIL, 2003).

4.10.1.3 Remendo permanente

Com relação a remendos permanentes Stuchi (2005, p. 39) orienta:

Neste método de reparo deve-se remover a água e a sujeira. Se a presença de água for a causa do defeito, deve ser efetuada a instalação de drenagem. O procedimento inicia-se com o corte em forma de retângulo da área a ser remendada. Esta área deve ser delimitada, em torno de 20 cm além das extremidades do buraco, e sua profundidade deve atingir uma camada com material consistente.

Após o processo de retirada do material aplica-se o ligante asfáltico nas faces verticais e no fundo da escavação nesse caso para impermeabilizar, caso seja material granular. Enfim, pode-se lançar a mistura asfáltica no buraco escavado para que seja compactada através de equipamento adequado, menor que a área do remendo (STUCHI, 2005, p. 40). A figura 5 demonstra os procedimentos para execução de um remendo permanente.

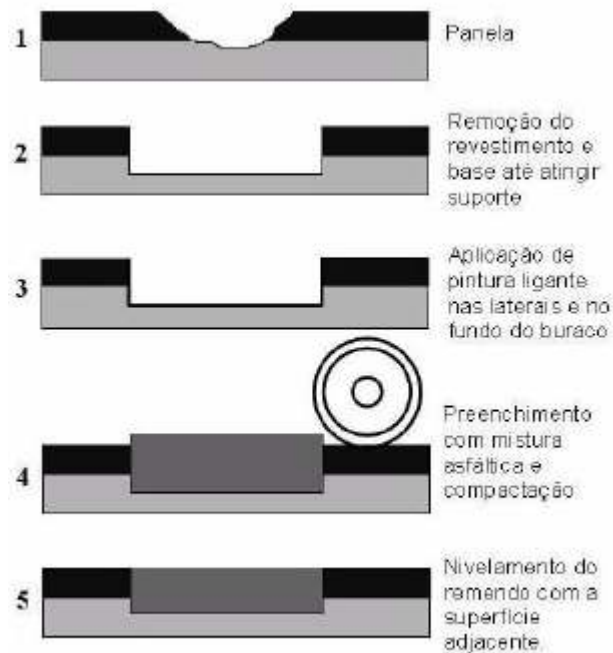


Figura 5: procedimentos para execução de remendo permanente (STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM, 1993 apud STUCHI, 2005, p. 40)

A norma do DNIT 005/2003 – TER define este tipo de procedimento como remendo profundo, ou seja, aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente apresentam forma retangular (BRASIL, 2003).

5 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

5.1 DEFINIÇÕES DE DEFEITOS

A norma DNIT 005/2003 – TER fornece definições para as patologias encontradas em revestimentos asfálticos, apresentadas abaixo (BRASIL, 2003):

- a) fenda: qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, conforme adiante descrito. Subdivide-se em fissura e trinca,
 - fissura: fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m;
 - trinca: fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada;
- b) afundamento: deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação,
 - afundamento plástico: afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento;
 - afundamento de consolidação: afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento;
- c) ondulação ou corrugação: deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento;
- d) escorregamento: deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua;
- e) exsudação: excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento;
- f) desgaste: efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego;
- g) panela ou buraco: Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas;
- h) remendo: panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”.

Porém, Danieleski (2004, p. 56) além de definir os defeitos em pavimentos asfálticos urbanos, identifica a causa da patologia e ainda classifica quanto a severidade:

- a) trincas isoladas de retração ou reflexão: trincas isoladas apresentam direção concomitante com sua gênese. As trincas de retração apresentam, via de regra, configuração predominante perpendicular ou paralela ao eixo, com espaçamentos regulares. As trincas de reflexão externam patologias ou características de descontinuidade oriundas de camadas inferiores da estrutura, ou, ainda, um problema apenas do revestimento. Os níveis de severidade são,
 - inicial: abertura máxima de 2 mm;
 - médio: abertura máxima maior do que 2 mm e menor ou igual a 6 mm;
 - avançado: abertura máxima maior que 6 mm, podendo ocorrer formação de trincamento com direcionamento aleatório na proximidade da trinca;
- b) trincas interligadas de retração ou reflexão: também denominadas trincas de blocos, as trincas interligadas geralmente formam figuras definidas em função de sua gênese. As trincas de retração apresentam figuras aproximadamente quadriláteras, enquanto as trincas de reflexão repetem a configuração oriunda das camadas inferiores da estrutura. Os níveis de severidade são,
 - inicial: abertura máxima de 2 mm;
 - médio: abertura máxima maior do que 2 mm e menor ou igual a 6 mm;
 - avançado: abertura máxima maior que 6 mm, podendo ocorrer formação de trincamento com direcionamento aleatório na proximidade da trinca;
- c) trincas de fadiga: são trincas que, geralmente, formam peças de lados não paralelos, originadas em decorrência do fenômeno da fadiga, devido a repetição das cargas de tráfego. A área se assemelha a um couro de jacaré. Os níveis de severidade são,
 - inicial: quando as trincas se apresentam isoladas;
 - médio: quando as trincas já mostram interligações;
 - avançada: trincas interligadas apresentam erosão nos bordos;
- d) afundamento sem sollevamento lateral: irregularidade caracterizada pela formação de depressões causadas pela consolidação das camadas do pavimento, sem que estejam acompanhadas de deslocamentos laterais ou elevações das áreas adjacentes. Os níveis de severidade apresentados são,
 - inicial: desnível inferior a 25 mm;
 - médio: desnível entre 25 e 50 mm;
 - avançado: desnível superior a 50 mm;
- e) afundamento com sollevamento lateral: irregularidade caracterizada por formação de depressões no sentido longitudinal das vias acompanhadas de deslocamentos laterais ou elevações das áreas adjacentes. Os níveis de severidade são,

- inicial: desnível inferior a 25 mm;
 - médio: desnível entre 25 e 50 mm;
 - avançado: desnível superior a 50 mm;
- f) elevação: irregularidade caracterizada pela elevação da superfície em relação ao nível original do pavimento. Os níveis de severidade são,
- inicial: desnível inferior a 25 mm;
 - médio: desnível entre 25 e 50 mm;
 - avançado: desnível superior a 50 mm;
- g) corrugação: irregularidade caracterizada por movimentação plástica da massa asfáltica, formando ondulações ao longo da superfície. Podem ocorrer onde os veículos acelerem e desaceleram gerando ondas transversais, ou em curvas gerando ondulações com arranjo aleatório. Os níveis de severidades são;
- inicial: observam-se pequenas vibrações nos veículos, sem caracterizar desconforto;
 - médio: observam-se vibrações significativas nos veículos, caracterizando um certo grau de desconforto;
 - avançado: observam-se vibrações excessivas, caracterizando grande desconforto e risco em relação à segurança dos veículos e pedestres;
- h) panela: cavidade na superfície do pavimento denotando ausência de parte do revestimento e exposição das camadas inferiores. Os níveis apresentados são;
- inicial: quando a profundidade da panela for menor ou igual a 25 mm e sua menor dimensão menor ou igual a 20 cm, considerando-se uma forma retangular circunscrita a panela;
 - médio: quando a profundidade da panela for maior do que 25 mm e menor ou igual a 50 mm ou sua menor dimensão for maior do que 20 cm e menor ou igual a 40 cm, considerando-se uma forma retangular circunscrita à panela, ou na ocorrência de ambos;
 - avançado: quando a profundidade da panela for maior que 50 mm ou sua menor dimensão for maior do que 40 cm considerando-se uma forma retangular circunscrita à panela, ou na ocorrência de ambos;
- i) desgaste superficial: efeito do arrancamento progressivo do agregado, denotando evidente macrorrugosidade. Essa deficiência engloba os fenômenos de envelhecimento, endurecimento, volatilização e intemperização do ligante. Os níveis de severidade são;
- inicial: desprendimento do ligante com os agregados finos, tornando os agregados médios e graúdos salientes;
 - avançado: ocorrência de desprendimento dos agregados médios e graúdos;
- j) exsudação: excessiva presença de cimento asfáltico na superfície, caracterizado por manchas mais escuras na superfície responsáveis pelo fenômeno do espalhamento. Os níveis de severidade são,

- inicial: a superfície apresenta escurecimento em relação às áreas vizinhas devido ao excesso de asfalto. Geralmente esse escurecimento se apresenta ramificado com linhas tortuosas;
 - médio: a área afetada pela exsudação apresenta perda da textura devido ao excesso de asfalto;
 - avançado: a superfície apresenta aparência brilhante e ocultação dos agregados, podendo aparecer marcas de pneus em dias quentes;
- k) desnível de poço de visita: desnível observado junto às tampas dos poços de visita das redes subterrâneas em relação ao nível do revestimento. Os níveis de severidade apresentados são;
- inicial: desnível inferior a 25 mm;
 - médio: desnível entre 25 e 50 mm;
 - avançado: desnível superior a 50 mm.

5.2 DEFEITOS DEVIDO À EXECUÇÃO INADEQUADA

A abertura e fechamento de valas, principalmente nos serviços de infraestrutura urbana, particularmente água e esgoto podem acarretar vários problemas devido à repavimentação (AUGUSTO JR. et al., 1992 apud STUCHI, 2005, p. 42):

- a) deteriorização das áreas do pavimento próximas à vala, devido a demora na recomposição ou não execução de corte nas áreas afetadas (figura 6A);
- b) ruptura do pavimento reconstituído, devido a insuficiência de espessura ou má execução (figura 6B);
- c) recalque do pavimento constituído devido ao adensamento do solo de reaterro (figura 6C);
- d) reconstituição do pavimento em nível acima da superfície do pavimento primitivo, causando grande desconforto aos usuários (figura 6D);
- e) desagregação do pavimento asfáltico a quente devido a compactação a baixa temperatura (figura 6E).

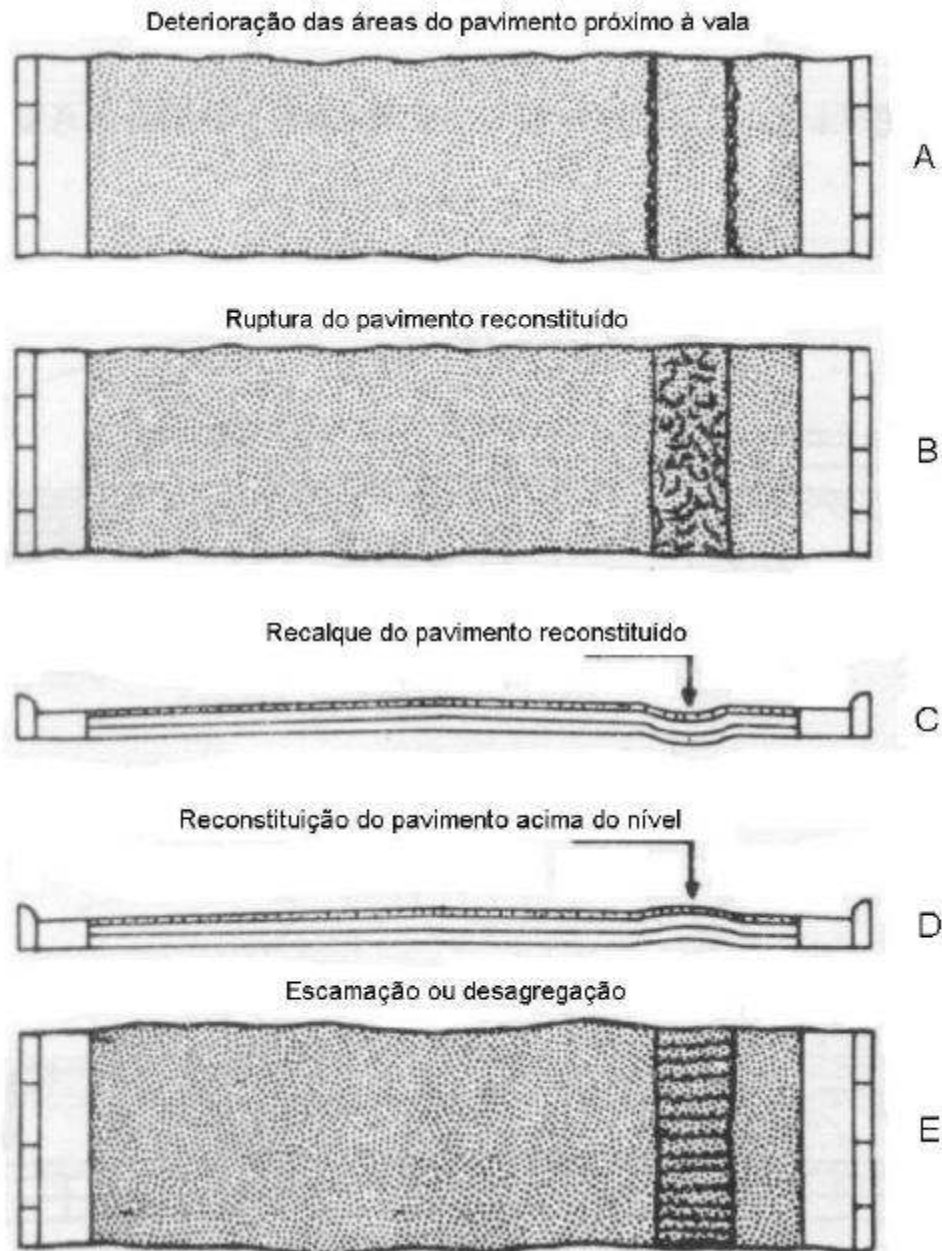


Figura 6: defeitos devidos a execução inadequada
(AUGUSTO JR. et al., 1992 apud STUCHI, 2005, p. 43)

5.3 PROCESSO DE REPARO ADEQUADO

Para o processo de reparos devem ser considerados os seguintes fatores (AUGUSTO JR. et al., 1992 apud STUCHI, 2005, p. 44):

- a) o tempo de execução do reparo deve ser o mais breve possível, pois toda interrupção significa risco ao usuário;
- b) os trechos a serem reparados devem ser o mais curtos possíveis, para não causar transtorno aos que utilizam a via;

- c) as mudanças freqüentes na cor do pavimento, bem como o emprego de materiais diferentes do restante do revestimento devem ser evitadas (conforto visual);
- d) a superfície do pavimento remanescente deve ter seu reparo nivelado, evitando, deste modo, superfícies irregulares (conforto auditivo).

6 CASO EM ESTUDO

O capítulo destina-se a apresentação da obra em estudo através das observações e levantamentos realizados em campo. É apresentado o processo executivo da rede coletora de esgoto, com a finalidade de identificar problemas de execução que possam se refletir no desempenho da repavimentação executada. Um levantamento em campo das patologias causadas pela repavimentação de pavimentos asfálticos na obra é também apresentada nesse capítulo, que tem por fim buscar as causas dos defeitos e trazer soluções para a correção dos problemas encontrados.

6.1 A OBRA EM ESTUDO

A obra em estudo refere-se à implantação de uma rede coletora de esgoto sanitário no bairro Camaquã, em Porto Alegre, do Projeto Integrado Socioambiental (PISA), pertencente ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), do Governo Federal e fiscalizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A observação do processo de execução da rede foi realizada durante 1 ano, período de estágio do realizador desse trabalho na obra em questão.

6.1.1 Locação

A locação foi realizada por marcações no meio-fio da calçada indicando os PV e pontos auxiliares. Através da ordem de serviço (OS), documento gerado através do projeto, foi indicada as profundidades de escavação para cada trecho, utilizando como referência os PV e pontos auxiliares marcados pela topografia. Portanto, ela foi um elemento indispensável enquanto a rede estava sendo executada. No anexo B encontra-se o modelo sugestivo do documento em questão para abertura de vala através do Departamento Municipal de Água e esgoto (DMAE).

A obra possuía o cadastro de todas as redes no entorno da vala o que é fundamental para evitar atrasos devido às interferências durante a execução da escavação. Os problemas

encontrados no caso em estudo são a falta de atualização de cadastros de água, esgotos pluviais, cabos de alta tensão enterrados próximos a postes além de canalizações clandestinas em geral.

6.1.2 Sinalização

A sinalização da obra foi realizada conforme projeto de sinalização aprovado pela Empresa Pública de Transporte de Circulação. Os elementos mais utilizados foram balizadores com fitas adesivas reflexivas, placas de advertência e cavaletes. A figura 7 mostra alguns exemplos de sinalização.



Figura 7: exemplos de sinalização utilizados na obra em estudo

6.1.3 Rompimento da pavimentação

Antes do rompimento da pavimentação asfáltica foi realizado o corte no pavimento, sempre que possível retilíneo, para facilitar a remoção do pavimento. A presença de camada de base em paralelepípedo ou pedra irregular comprometeu o acabamento do corte, pois a escavação das pedras com retroescavadeira danificaram as bordas do pavimento. A figura 8 ilustra uma

comparação entre as bordas do asfalto com base de paralelepípedo e outro de base de brita graduada.



Figura 8: comparação entre remoção do pavimento asfáltico com base de brita graduada (a) e paralelepípedo (b)

O rompimento do pavimento asfáltico após o corte foi realizado pela retroescavadeira, como mostra a figura 9. O pavimento rompido não foi reutilizado como preenchimento de outra camada, ou seja, foi levado pelo caminhão para local de bota-fora.



Figura 9: rompimento do pavimento

6.1.4 Escavação

A escavação foi realizada de forma manual ou mecânica. A profundidade escavada era observada através da OS e a largura da vala dependia da profundidade, tipo de tubulação assentada e seu diâmetro, tipo de solo e escoramento adotado. Para o caso em estudo de pavimentos flexíveis, a escavação foi mecânica com retroescavadeira ou escavadeira.

Porém, antes da escavação foi realizada uma inspeção nas construções próximas à obra, cuja finalidade era um registro fotográfico de todas as patologias já pertencentes aos mesmos para que se pudesse comparar antes e após o término da obra, caso algum problema fosse identificado pelo proprietário. Esse registro levava em conta a fachada da construção, muros e calçadas. No caso do pavimento da via não apresentar-se em bom estado, também era realizado um registro fotográfico de suas patologias.

Através da figura 11a observa-se uma escavação com retroescavadeira. O depósito de material próximo a vala significa que posteriormente esse material será reaproveitado para reaterro, decisão esta tomada pela fiscalização competente à obra, que avalia a qualidade do material. A figura 11b ilustra uma escavação com escavadeira, utilizada para escavações profundas.



Figura 10: escavação com retroescavadeira (a) e com escavadeira (b)

6.1.5 Escoramento

A utilização do escoramento dentro da vala estava vinculada a decisão do órgão fiscalizador da obra. Os critérios estabelecidos em campo para determinar qual tipo de escoramento a ser utilizado (descontínuo, contínuo ou especial) foram relativos à profundidade escavada e tipo de solo encontrado.

O escoramento descontínuo foi utilizado em escavações entre 1,25 e 2 m de profundidade em solos não saturados que apresentavam boa coesão. O tipo contínuo foi utilizado a partir de 2 m de profundidade para solos com boa coesão e em alguns casos de profundidades menores onde houve risco de desabamentos. O uso do escoramento especial esteve vinculado a valas a partir de 3 m que apresentaram solos não consistentes, como mostra a figura 11.



Figura 11: escoramento especial

6.1.6 Esgotamento

Uma das maiores dificuldades encontradas em escavações é quando a profundidade a ser atingida é abaixo do nível do lençol freático. Porém, essa situação ocorreu em poucas ocasiões durante o período de observação. Em ambientes urbanos, o mais comum foi o rompimento de ramais e redes de água durante a escavação, dano que causa o encharcamento da vala causando dificuldades no serviço. Apesar de sempre haver em mãos, no momento de escavação, o cadastro das redes próximas ao local da vala, isso não impediu que tubulações fossem rompidas, fato devido a cadastros desatualizados ou até mesmo a ausência deles em determinada rua ou beco.

A presença de água na vala causou outros problemas, como o desmoronamento das laterais da vala, fato que sempre foi observado, para a manutenção da segurança daqueles que ali trabalham.

A figura 12a ilustra a dificuldade de se trabalhar em um local com presença de água, devido ao rompimento de uma rede durante a escavação. Percebem-se as interferências de redes e ramais durante a escavação manual, além de desabamento lateral da vala. Para esgotar a água da vala, na obra em estudo, utilizaram-se motores e bombas para sucção e bombeamento do líquido para fora do local escavado, conforme a figura 12b.



Figura 12: dificuldades de escavação com presença de água (a) e esgotamento de vala (b)

6.1.7 Assentamento

Os tubos utilizados na obra são de policloreto de vinila (PVC) e concreto. Seus diâmetros nominais variam de 150 mm a 250 mm para o PVC e de 600 mm a 700 mm no concreto.

Após o nivelamento da escavação segundo OS, a primeira camada executada foi a de embasamento, cuja espessura foi de 10 cm de areia para tubos de PVC e 25 cm de rachão para

tubos de concreto. A areia foi compactada com soquetes manuais em uma só camada de 10 cm, enquanto que, a camada de rachão não foi compactada.

Os perfis da figura 13 ilustram as camadas de preenchimento das valas com tubos de PVC com diâmetro nominal de 150 mm e com tubos de concreto com diâmetro nominal de 700 mm. Foram executados 6 cm de concreto asfáltico, 30 cm de base de brita graduada, duas camadas de espessuras variáveis (em função da profundidade para sua definição) de saibro e do material local (caso de reaproveitamento). Em torno do tubo foi realizada uma camada de envolvimento de areia com espessura dependente do diâmetro da tubulação. O tubo de concreto apresenta diâmetro interno de 700 mm, porém, o diâmetro externo é de 860 mm. Não foi realizado o controle de compactação das camadas durante o assentamento.



Figura 13: perfis dos tubos de PVC DN 150 mm e concreto DN 700 mm

Tanto os tubos de PVC como os de concreto utilizados na obra foram do tipo de encaixe ponta-e-bolsa com uma borracha de vedação no encaixe, para evitar tanto contaminações do solo como infiltração de água na rede. A figura 14 ilustra o assentamento dos tubos de PVC e concreto.



Figura 14: assentamento de tubo de concreto sobre camada de rachão (a) e assentamento de tubo de PVC sobre camada de areia (b)

6.1.8 Reaterro

No reaterro da vala foi utilizado saibro ou material local de boa qualidade, sendo quem definiu seu aproveitamento foi a fiscalização de campo, apenas através de observação visual (sem o controle de ensaios laboratoriais e/ou de campo). Independente do tipo de solo para, a compactação era realizada através de compactadores mecânicos, conforme figura 15. Durante o processo de reaterro não houve controle do grau de compactação do solo.



Figura 15: compactador mecânico

6.1.9 Repavimentação

A repavimentação iniciou com a execução da camada de base, compactado em 30 cm de brita graduada, independente do material utilizado no pavimento existente e sua espessura. A limpeza em torno das bordas do pavimento existente com o futuro remendo foi feita com uma vassoura, a fim de proporcionar maior aderência entre as duas superfícies. A emulsão asfáltica foi passada tanto nas bordas do corte como sobre toda a superfície da base. O concreto asfáltico foi espalhado de forma que depois de compactado apresentasse aproximadamente 6 cm de espessura e em nível com o pavimento existente. A compactação foi realizada por rolos compactadores mecânicos, ou por rolos manuais. Durante o processo não houve controle do grau de compactação e da temperatura durante o lançamento e execução da camada de concreto asfáltico. A escolha do tipo de compactador foi realizada em função da acessibilidade no local. Nos trechos em declividade acentuada, onde o rolo compactador mecânico poderia tombar ou em locais de difícil acesso devido a presença de árvores, foram utilizados com rolos manuais. A figura 16 apresenta uma compactação com rolo mecânico.



Figura 16: compactação por rolo mecânico

6.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

O cadastro do levantamento de dados em campo foi feito em uma planilha elaborada para o caso em estudo e encontra-se no anexo C. Nela foram registradas as principais patologias encontradas em pavimentos asfálticos, como afundamentos em torno dos PV e trincamentos entre pavimento antigo e remendo novo. Junto à planilha foi executado um croqui para identificar e localizar as patologias.

Como instrumentos auxiliares para a medição e localização das degradações foram utilizados uma régua de 15 cm de largura e 150 cm de comprimento, divididos em 15 faixas de 10 cm, pintadas alternadamente em branco e vermelho, trenas de 5 m e 50 m, prancheta e caneta (figura 17).



Figura 17: instrumentos auxiliares para o levantamento em campo

6.2.1 Critérios para coleta de dados

Para a coleta dos dados foi estabelecido um levantamento a cada 40 m de extensão (independente da largura da vala). A coleta foi realizada, nos dias 31 de outubro e 1º de novembro, a pé nos trechos com inspeção visual e utilização de instrumentos de medida. As seções que apresentaram comprimento inferior ao estipulado no trabalho foram desconsideradas. Durante o caminhar somente foram observadas as patologias presentes na repavimentação da rede de esgoto sanitário, portanto, ramais não foram analisados. A extensão total analisada foi de 2 km. Foram anotados os tipos de defeitos existentes e os respectivos níveis de severidade segundo a caracterização apresentada por Danieleski (2004). Também foram registradas as trincas formadas na ligação entre o pavimento existente e o remendo e afundamentos do pavimento em torno dos mesmos. Seus critérios de severidade basearam-se aos de Danieleski (2004), para de trincas isoladas, no caso da trinca do pavimento existente com o remendo, e do desnível de poço de visita, para o caso de afundamento.

6.2.2 Análise dos trechos

Foram analisados 2 km de repavimentação de valas no bairro Camaquã em Porto Alegre. As ruas escolhidas foram:

- a) rua Victor Silva: via com baixo tráfego e sem presença de linhas de ônibus no local;
- b) rua Joaquim Louzada: foram avaliados dois pontos distintos, um com linha de ônibus e outro sem linha de ônibus na via, mas as duas com tráfego baixo de veículos;
- c) rua João Pitta Pinheiro Filho: baixo tráfego de veículos e sem linha de ônibus na via;
- d) rua Padre João Batista Réus: apresenta tráfego médio de veículos e possui linha de ônibus na via;
- e) rua Liberal: baixo tráfego de veículos e com linha de ônibus na via.

O critério utilizado para classificar o tráfego total (utilitários e veículos pesados) foram os seguintes:

- a) baixo: tráfego máximo de 180 veículos/hora
- b) médio: tráfego entre 180 veículos/hora e 400 veículos/hora
- c) alto: tráfego superior a 400 veículos/hora

Optou-se por escolher locais que apresentaram facilidade de levantamento e segurança, pois vias de tráfego intenso dificultariam a coleta de dados além de interferir no trânsito local. Outro problema encontrado com relação à escolha das ruas foi a quantidade de veículos estacionados sobre o remendo, que para alguns trechos tornou a coleta mais complicada ou até impossibilitou a execução da mesma, como ocorreu na rua João Mora, conforme figura 18.



Figura 18: carros estacionados na rua João Mora sobre remendo

6.2.2.1 Análise da rua Victor Silva

A rua apresenta baixo tráfego de veículos, sem linha de ônibus na via e a repavimentação foi realizada 4 meses antes da coleta de dados. A vala localiza-se a 1,2 m do meio-fio, com largura média de 1 m. Foram levantados 320 m de extensão, ou seja, 8 seções analisadas. O quadro 1 apresenta um resumo dos tipos, extensões, e nível de severidade dos defeitos encontrados em cada seção.

As trincas entre o remendo e o pavimento existente são os defeitos mais frequentes nas 8 seções analisadas, acompanhadas com afundamentos por consolidação sem solevamento lateral, fazendo surgir uma superfície de separação entre as áreas, conforme figura 19.



Figura 19: afundamento da repavimentação (a) e trincamento longitudinal de pavimento existente com o remendo (b)

Todas as seções que possuem PV apresentaram desnivelamento entre tampa de PV e pavimento antigo. Alguns afundamentos acentuados estão relacionados com o rebaixo dos PV em relação ao pavimento. O acabamento dos remendos foi executado em relação à tampa dos PV e não com o pavimento existente, como mostra a figura 20, o que fez surgir um desnivelamento e trincamentos próximo a estes poços de visita.

Segundo a figura 20, o corte do revestimento asfáltico foi executado muito próximo ao PV, o que tornou difícil a compactação, já que os soquetes manuais têm dimensões superiores a largura disponível.



Figura 20: PV desnivelados e a tendência da repavimentação em se nivelar com o mesmo

Em vários pontos das seções foram observadas marcas no pavimento asfáltico antigo deixadas pela retroscavadeira para se apoiar durante a execução da rede coletora de esgotos sanitários, conforme mostra a figura 21.



Figura 21: marcas da retroscavadeira no pavimento

PATOLOGIA		SEÇÕES- LEVANTAMENTO VICTOR SILVA															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área
TRINCA ISOLADA (m)																	
TRINCA INTERLIGADA (m ²)																	
TRINCA DE FADIGA (m ²)																	
TRINCA REMENDO X PAV EXISTENTE (m)		I	26	I	15	M	30	M	40	I	40	M	10	M	15	M	10
AFUNDAMENTO SEM SOLEVAMENTO LATERAL (m)		M	33	I	15	M	40	I	40	I	40	M	20	I	15		
AFUNDAMENTO COM SOLEVAMENTO LATERAL (m)																	
ELEVAÇÃO (m)																	
CORRUGAÇÃO (m)																	
PANELA (m ²)																	
DESGASTE SUPERFICIAL (m)																	
EXSUDAÇÃO (m)																	
PROBLEMAS RELATIVOS AO PV	Afundam.							I	-			I	-				
	Desniv.	M	-	M	-			M	-	I	-	I	-	I	-	M	-
PRESENÇA DE PV NO TRECHO		SIM		SIM		NÃO		SIM		SIM		SIM		SIM		SIM	

Quadro 1: Resumo dos defeitos encontrados para a rua Victor Silva

6.2.2.2 Análise da rua Joaquim Louzada

A rua Joaquim Louzada foi analisada em dois trechos distintos. Apesar de apresentar baixo tráfego, o primeiro trecho apresenta uma linha de ônibus.

O remendo, para o primeiro caso, está localizado a uma distância de 1,1 m do meio-fio com largura média de 0,8 m, sendo, portanto, solicitada na passagem de quase todos os veículos, principalmente ônibus e lotações. A repavimentação foi executada a 2 meses antes do levantamento e o comprimento total do levantamento foi de 280 m, ou seja, 7 seções. O quadro 2 apresenta os dados resumidos para os seções do primeiro caso.

Conforme quadro 2, houve na seção 9 o afundamento do pavimento da repavimentação com o surgimento de uma trinca longitudinal do pavimento antigo com o remendo, conforme figura 22.



Figura 22: afundamento do remendo (a) causando trincas longitudinais com pavimento existente (b)

Todas as seções que possuem PV apresentaram desnivelamento, principalmente a seção 15 que apresentou um afundamento com severidade avançada (desnível superior a 50 mm). O PV da seção 10 apresentou uma elevação de severidade média em relação ao pavimento existente. A figura 23 ilustra os dois casos, desnivelamento de PV por afundamento e por elevação em relação ao pavimento existente.



Figura 23: PV com desnivelamento de afundamento (a) e de elevação (b)

A presença de afundamento plástico com solevamento lateral, ocorreu próximo a área de frenagem de veículos, ou seja, em um cruzamento, conforme a figura 24 demonstra. Neste ponto da seção foi constatada uma circulação elevada de ônibus nos dois sentidos.



Figura 24: afundamento com solevamento lateral

Na seção 13 foi encontrado um pequeno afundamento sem solevamento lateral. Além do surgimento de trincas longitudinais entre pavimento antigo e remendo, esse desnível pode acelerar o processo de degradação no pavimento existente com a passagem de veículos. A figura 25 mostra o afundamento inicial na repavimentação e o agravamento do defeito causado com o tráfego.

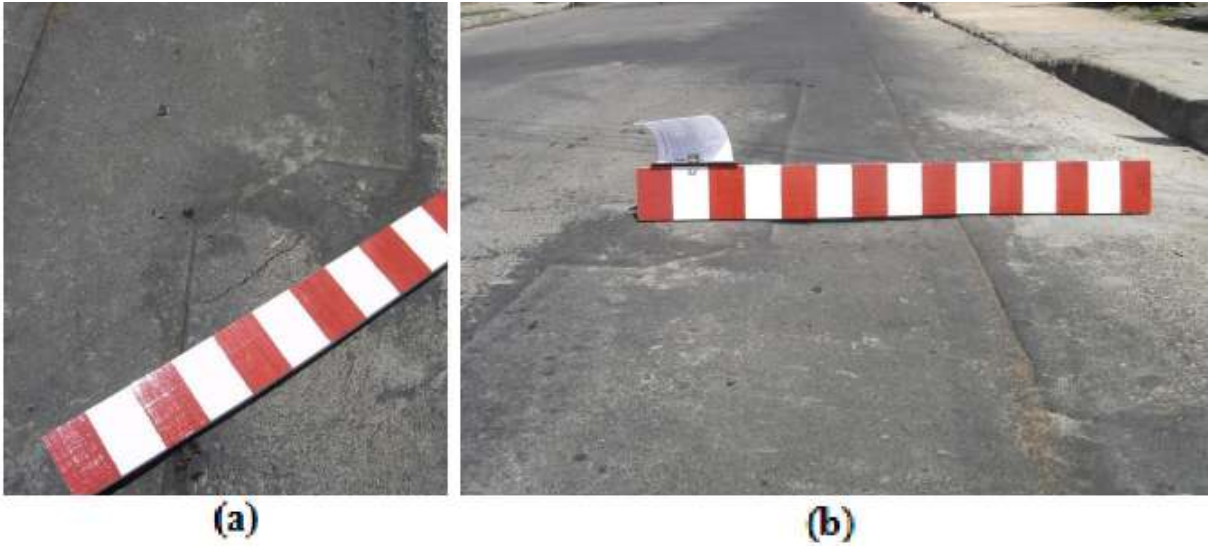


Figura 25: dano causado no pavimento (a) pelo afundamento da repavimentação (b)

PATOLOGIA		SEÇÕES- RUA JOAQUIM LOUZADA TRECHO 1													
		9		10		11		12		13		14		15	
		Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área
TRINCA ISOLADA (m)															
TRINCA INTERLIGADA (m²)															
TRINCA DE FADIGA (m²)															
TRINCA REMENDO X PAV EXISTENTE (m)		I	15												
AFUNDAMENTO SEM SOLEVAMENTO LATERAL (m)		M	15							I	9				
AFUNDAMENTO COM SOLEVAMENTO LATERAL (m)								I	5						
ELEVAÇÃO (m)															
CORRUGAÇÃO (m)															
PANELA (m²)															
DESGASTE SUPERFICIAL (m)															
EXSUDAÇÃO (m)															
PROBLEMAS RELATIVOS AO PV		Afundam.													
		Desniv.			I	-			M	-	M	-		A	-
PRESENÇA DE PV NO TRECHO		NÃO		SIM		NÃO		SIM		SIM		NÃO		SIM	

Quadro 2: resumo para os defeitos encontrados na rua Joaquim Louzada no primeiro trecho

No segundo trecho, executado a 10 meses, largura do remendo de 1 m, distância do meio-fio de 2,1 m, foram avaliadas 8 seções num total de 320 m. O quadro 3 apresenta o resumo dos defeitos nas seções.

Nas seções 16, 17 e 18 foram encontrados afundamentos sem sollevamento lateral juntamente com o trincamento do pavimento existente com o remendo, conforme figura 26.

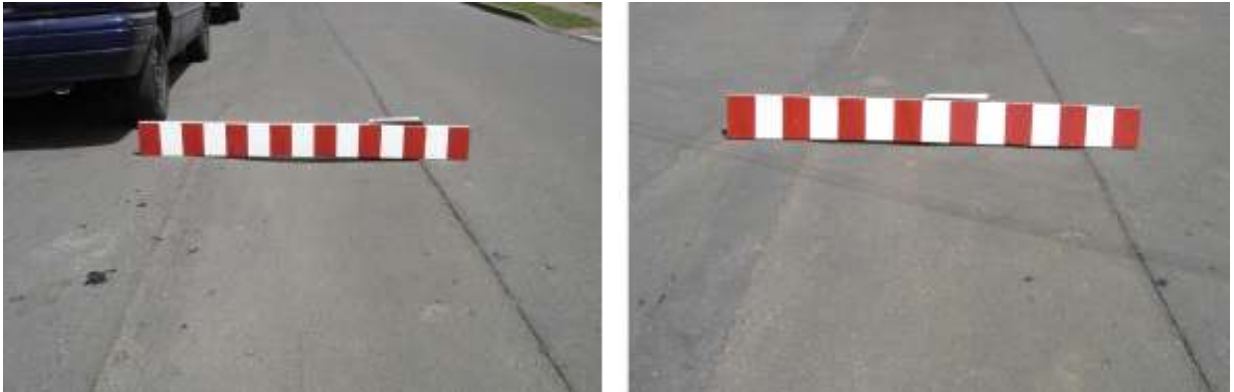


Figura 26: afundamento sem sollevamento e trincas longitudinais

Os PV das seções 17 e 18, além de apresentarem desnivelamento, também apresentaram problemas de acabamento entre tampa de concreto do PV e pavimento, conforme figura 27.



Figura 27: afundamento e falta de acabamento em torno dos PV

		SEÇÕES- LEVANTAMENTO JOAQUIM LOUZADA TRECHO 2															
		16		17		18		19		20		21		22		23	
PATOLOGIA		Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área
	TRINCA ISOLADA (m)																
	TRINCA INTERLIGADA (m ²)																
	TRINCA DEFADIGA (m ²)																
	TRINCA REMENDO X PAV EXISTENTE (m)	I	40	I	40	I	40	I	40	I	40	I	40	I	40	I	40
	AFUNDAMENTO SEM SOLEVAMENTO LATERAL (m)	I	40	I	40	I	40										
	AFUNDAMENTO COM SOLEVAMENTO LATERAL (m)																
	ELEVAÇÃO (m)																
	CORRUGAÇÃO (m)																
	PANELA (m ²)																
	DESGASTE SUPERFICIAL (m)																
	EXSUDAÇÃO (m)																
PROBLEMAS RELATIVOS AO PV	Afundam.																
	Desniv.			I	-	I	-										
	PRESENÇA DE PV NO TRECHO	NÃO		SIM		SIM		SIM		SIM		SIM		SIM		SIM	NÃO

Quadro 3: resumo para os defeitos encontrados na rua Joaquim Louzada no segundo trecho

6.2.2.3 Análise da rua João Pitta Pinheiro Filho

A rua João Pitta Pinheiro Filho apresenta tráfego baixo, não possui linha de ônibus e o remendo está situado próximo ao meio-fio, com largura média de 1,0 m. O trecho foi executado 4 meses antes da coletas dos dados e o levantamento foi realizado em 360 m de extensão divididos em 9 seções. O quadro 4 apresenta as patologias apresentadas nas seções.

Observam-se defeitos relativos ao nivelamento de PV. Nas seções 25, 29 e 30, o aparecimento da trinca do remendo com o pavimento existente ocorreu justamente pelo desnível e a passagem sucessiva de tráfego, conforme figura 28. Na seção 28 foi encontrada uma panela de severidade média, conforme ilustrado na figura 29.



Figura 28: desnivelamento de PV e o aparecimento de trincas



Figura 29: panela de severidade média

Nas seções 25, 26 e 28 foram encontrados afundamentos sem solevamento lateral, porém, sem as trincas longitudinais entre o remendo e pavimento.

		SEÇÕES- LEVANTAMENTO JOÃO PITTA PINHEIRO FILHO																	
		24		25		26		27		28		29		30		31		32	
PATOLOGIA		Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área
		TRINCA ISOLADA (m)																	
	TRINCA INTERLIGADA (m ²)																		
	TRINCA DE FADIGA (m ²)																		
	TRINCA REMENDO X PAV EXISTENTE (m)			I	1							M	1	M	1				
	AFUNDAMENTO SEM SOLEVAMENTO LATERAL (m)			I	10	I	5			I	20								
	AFUNDAMENTO COM SOLEVAMENTO LATERAL (m)																		
	ELEVAÇÃO (m)																		
	CORRUGAÇÃO (m)																		
	PANELA (m ²)									M	0,1								
	DESGASTE SUPERFICIAL (m)																		
	EXSUDAÇÃO (m)																		
PROBLEMAS RELATIVOS AO PV	Afundam.																		
	Desniv.			I	-							M	-	M	-	A	-		
	PRESENÇA DE PV NO TRECHO	NÃO		SIM		NÃO		SIM		NÃO		SIM		SIM		SIM		NÃO	

Quadro 4: resumo para os defeitos encontrados na rua João Pitta Pinheiro Filho

6.2.2.4 Análise da rua Padre João Batista Réus

A repavimentação da rua Padre João Batista Réus foi executada 2 meses antes da avaliação e a extensão de levantada foi de 280 m, ou seja, 7 seções. A rua apresenta tráfego médio e possui linhas de ônibus. O quadro 5 apresenta o resumo das patologias observadas na via.

As seções 33, 35 e 36 apresentaram elevação do remendo em relação ao pavimento existente, conforme figura 30. Foi identificado um trincamento por fadiga, do tipo couro de jacaré na seção 38, conforme figura 31. O local encontra-se após um declive acentuado, onde há tráfego de ônibus.



Figura 30: elevação de remendos



Figura 31: trinca tipo couro de jacaré

		SEÇÕES- PADRE JOÃO BATISTA RÉUS													
		33		34		35		36		37		38		39	
PATOLOGIA		Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área	Severidade	Ext./Área
TRINCA ISOLADA (m)															
TRINCA INTERLIGADA (m ²)															
TRINCA DEFADIGA (m ²)												A	0,1		
TRINCA REMENDO X PAV EXISTENTE (m)															
AFUNDAMENTO SEM SOLEVAMENTO LATERAL (m)		M	20	I	20										
AFUNDAMENTO COM SOLEVAMENTO LATERAL (m)															
ELEVAÇÃO (m)		I	10			I	30	I	30						
CORRUGAÇÃO (m)															
PANELA (m ²)															
DESGASTE SUPERFICIAL (m)															
EXSUDAÇÃO (m)															
PROBLEMAS RELATIVOS AO PV	Afundam.														
	Desniv.														
PRESENÇA DE PV NO TRECHO		NÃO		NÃO		SM		SM		SM		SM		SM	

Quadro 5: resumo para os defeitos encontrados na rua Padre João Batista Réus

6.2.2.5 Análise da rua Liberal

No total foram avaliadas 11 seções da via, totalizando 440 m. O remendo, executado 3 meses antes da coleta, possui largura média de 2 m e está próximo ao meio-fio. A rua possui tráfego médio de veículos e linhas de ônibus rua. O quadro 6 apresenta um resumo dos defeitos encontrados.

Observou-se a presença de trincamento longitudinal nas bordas de toda a extensão do remendo. A rua Liberal apresenta uma camada de base executada em paralelepípedo com um revestimento em concreto asfáltico. Este tipo de estrutura impediu o corte retilíneo do pavimento, prejudicando o acabamento do serviço, conforme figura 32. Nos casos de camadas de base em paralelepípedo, as bordas da repavimentação foram sobrepostas o pavimento existente. Essa é a uma forma de tentar assegurar o selamento entre pavimentos.



Figura 32: acabamento do concreto asfáltico para base de paralelepípedo

Na seção 40 o pavimento existente possui trincamento por fadiga do tipo couro de jacaré, podendo afetar o desempenho do remendo, conforme figura 33.



Figura 33: trincas de fadiga no pavimento existente

A presença de PV com defeitos foi observada nas seções 41 e 47. Em ambas seções, esse desnivelamento de PV foi acompanhado por um trincamento longitudinal do remendo com o pavimento existente, conforme figura 34.



Figura 34: poço de visita desnivelado e a presença de trincas longitudinais

A elevação também foi observada na rua Liberal, quando a rede possuía uma ligação de ramal. A repavimentação dos ramais e das redes não foi executada ao mesmo tempo. Houve uma sobreposição do concreto asfáltico nos ramais elevando o nível do remendo no ponto de encontro. Esse defeito foi encontrado nas seções 42 e 46, conforme figura 35. Isto mostra a importância de um bom planejamento para que a execução da repavimentação de redes e ramais seja feita concomitantemente, evitando não só elevações, mas também possíveis trincas entre o remendo da rede com o ramal.



Figura 35: elevação causada pelo asfalto dos ramais

Alguns afundamentos localizados foram encontrados nas seções 40 e 50. Esses afundamentos aceleram a irregularidade longitudinal do trecho causando desconforto ao usuário. Conforme a figura 36, em alguns pontos foi constatado o acúmulo de água nesses pontos.



Figura 36: afundamento criando ondulações na repavimentação

6.2.3 Resumo dos dados

O quadro 7 apresenta o resumo dos dados e a extensão total de cada tipo de defeito encontrado nos 2 km de remendos analisados.

O gráfico da figura 37 mostra a percentagem de contribuição de cada patologia nos remendos asfálticos coletados no caso em estudo. Nota-se que a presença majoritária de trincas entre o remendo e o pavimento existente e afundamento por consolidação sem solevamento lateral, que foram 61% e 33%, respectivamente. No gráfico não foi considerado os defeitos relativos aos poços de visita, pois são pontuais, não podendo ocorrer em toda extensão repavimentada, diferentemente das outras patologias.

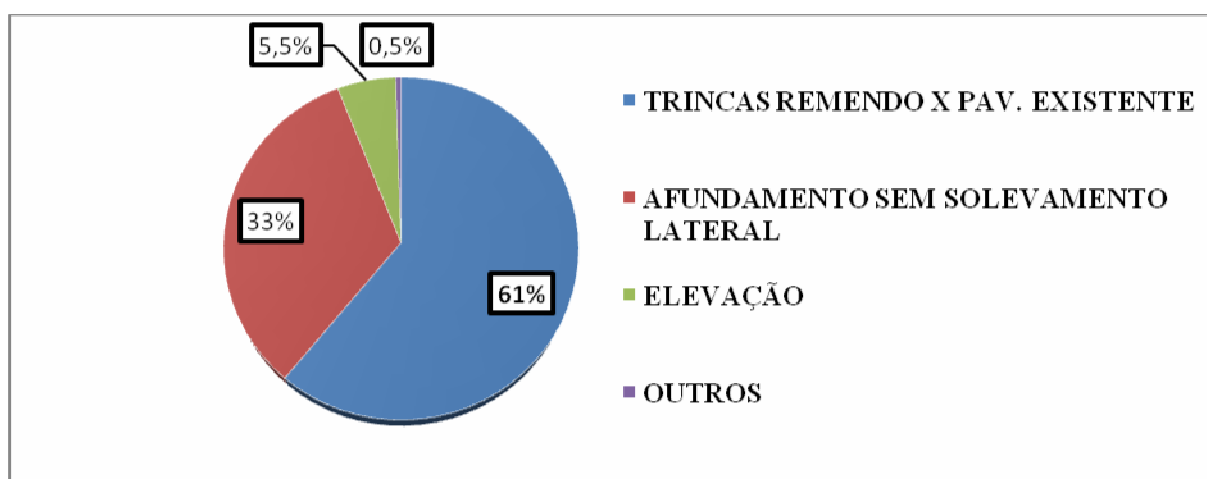


Figura 37: percentagem de contribuição das patologias

As trincas entre o pavimento existente e o remendo estiveram presentes em 44% de toda a extensão analisada e sua ocorrência esteve, em muitos casos, intimamente ligada ao afundamento do remendo, que corresponde a 24% do total de trechos do caso em estudo, e 59% das que apresentaram afundamento, apresentaram trincamento. Através dos dados conclui-se que o afundamento da repavimentação na maioria das vezes causou trincamento entre as bordas do remendo.

As trincas por fadiga ocorreram em casos isolados durante a coleta. Devido a idade da repavimentação e o tipo de tráfego dominante nas vias já era esperado a baixa frequência deste tipo de defeito.

O afundamento plástico com levantamento lateral apresentou-se apenas numa ocasião, localizado em um cruzamento, onde passam ônibus no sentido longitudinal e transversal do remendo.

Os desnivelamentos da tampa de concreto do PV foram observados constantemente. Em 61% dos trechos que possuem PV foi encontrada a patologia. Através dos croquis e registros fotográficos, percebe-se que seu desnivelamento provocou outros problemas, como trincamento nas bordas do remendo e desnivelamento da repavimentação em torno do mesmo. O nível de severidade predominante foi o médio, demonstrando que os afundamentos ficaram entre 25 mm e 50 mm, o que causa um grande desconforto ao passar com um veículo sobre o mesmo.

Em relação aos afundamentos do remendo em torno do poço de visita por motivo de má compactação, foram poucos casos, representando 10% do total de trechos com PV.

As elevações foram encontradas por consequência da execução da repavimentação de ramais posteriores a da rede. Esse tipo de problema poderia ter sido evitado se a repavimentação da rede e ramais fosse executada em somente uma etapa. Sua presença foi causada por descuido durante execução, colocando excesso de material asfáltico para ser compactado, sem controle da cota do pavimento existente.

	VICTOR SILVA				JOAQUIM - I				JOAQUIM - II				JOÃO PITTA				PADRE RÉUS				LIBERAL				TOTAL			
	8	320 m			7	280 m			8	320 m			9	360 m			7	280 m			11	440 m			50	2000 m		
TOTAL DE TRECHOS ANALISADOS	7	analísados			4	analísados			6	analísados			5	analísados			5	analísados			4	analísados			31	analísados		
TOTAL DE TRECHOS COM PV	ΣE/A	I	M	A	ΣE/A	I	M	A	ΣE/A	I	M	A	ΣE/A	I	M	A	ΣE/A	I	M	A	ΣE/A	I	M	A	ΣE/A	I	M	A
TRINCA ISOLADA (m)																												
TRINCA INTERLIGADA (m²)																												
TRINCA DE FADIGA (m²)																	0,1	0	0	0,1					0,1	0,1	0	0
TRINCA REMENDO X PAV EXISTENTE (m)	186	81	105	0	15	15	0	0	320	320	0	0	3	1	2	0					350	295	95	0	874	712	402	0
AFUNDAMENTO SEM SOLEVAMENTO LATERAL (m)	203	110	93	0	24	9	15	0	120	120	0	0	35	35	0	0	40	20	20	0	54	50	4	0	476	344	178	0
AFUNDAMENTO COM SOLEVAMENTO LATERAL (m)					5	5	0	0																	5	5	0	0
ELEVÇÃO (m)																	70	70	0	0	9	9	0	0	79	79	9	0
CORRUGÇÃO (m)																												
PANELA (m²)													0,1	0	0,1	0									0,1	0	0,1	0
DESGASTE SUPERFICIAL (m)																												
EXSUDAÇÃO (m)																												
PROBLEMAS RELATIVOS AO PV	Afundam.	2	2	0	0																1	1	0	0	3	3	1	0
	Desniv.	7	3	4	0	4	1	2	1	2	2	0	0	4	1	2	1				2	1	0	1	19	8	9	3

Quadro 7: resumo geral

6.3 ANÁLISE DAS CAUSAS

O problema mais freqüente levantado em campo foi o trincamento entre o remendo e pavimento existente. A aderência entre as superfícies é de fundamental importância para o desempenho do remendo, realizada com uma pintura de ligação utilizando emulsão asfáltica ou asfalto diluído (CM-30), no entanto, não houve controle da aplicação desses ligantes de maneira a cobrir totalmente as paredes laterais e controle da compactação do concreto asfáltico (temperatura e densidade). Esse fato foi agravado pelo afundamento da repavimentação, causando esforços na ligação entre as duas superfícies (remendo e pavimento existente), e por consequência a ocorrência de trincas, como ilustra a figura 40. Em algumas situações tanto o desnivelamento de PV como afundamento em torno do mesmo também contribuíram para o aparecimento da patologia.

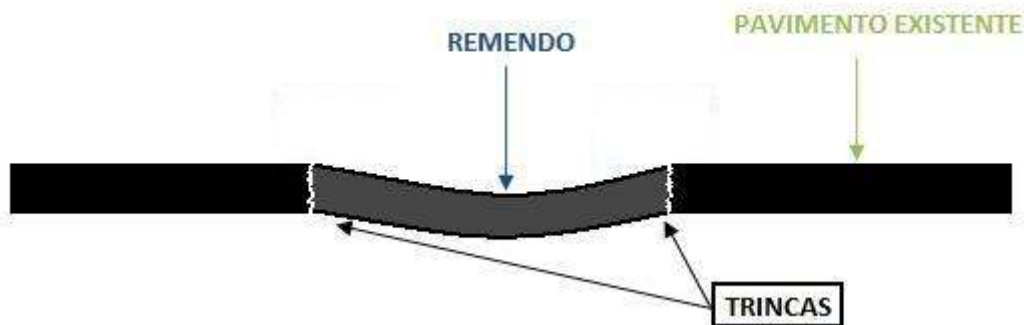


Figura 40: ocorrência de trincas

A execução padrão de 6 cm de concreto asfáltico e 30 cm de base brita graduada na repavimentação para qualquer rua executada causa uma diferença de desempenho entre o remendo e o pavimento existente que pode ter ocasionado trincas entre as superfícies. Os problemas são mais acentuados quando a camada de base do pavimento existente é de paralelepípedo.

O afundamento por consolidação está associado à falta de controle das camadas. Não houve verificação da densidade in situ e nem umidade das camadas, fazendo com que os materiais apresentassem baixa resistência e elevada compressibilidade. Um solo, quando transportado e

depositado para a execução de um reaterro, fica num estado relativamente fofo e heterogêneo e, portanto, além de pouco resistente, é muito deformável, apresentando comportamento diferente de local para local.

Os PV também representaram parte das patologias encontradas, principalmente quando se refere ao desnivelamento da tampa. A altura final do poço de visita foi realizada sem levar em conta a cota do pavimento existente. Logo, durante a execução do remendo, esse foi realizado entre duas superfícies com cotas diferentes. Em alguns casos percebeu-se que esse desnível foi causado pela baixa qualidade do concreto de cimento utilizado no nivelamento da tampa com o pavimento existente, pois o material não possuía traço adequado para suportar o tráfego de veículos.

A causa dos afundamentos em torno do PV esteve relacionada com a qualidade da compactação. Como os cortes laterais das valas foram executados próximos aos PV, o espaço existente impossibilitou a compactação devida em torno do mesmo através de soquetes manuais ou compactação mecânica.

Outro problema construtivo verificado foi a elevação do remendo em relação ao pavimento existente. Seu aparecimento esteve relacionado ao excesso de material compactado da camada asfáltica. No encontro entre redes e ramais, por terem sido executados em etapas diferentes, também ocasionou o defeito.

6.4 SOLUÇÕES

A prevenção é a melhor solução para evitar o aparecimento das patologias. Com melhores métodos de execução, materiais, maior controle e gerenciamento das etapas diminuem-se as chances de aparecimento de defeitos, e, portanto, o número de intervenções a serem realizadas. Abaixo seguem as soluções tanto preventivas como corretivas para os principais defeitos encontrados nos remendos asfálticos do caso em estudo.

6.4.1 Afundamento sem sollevamento lateral

No caso em estudo foi observada, durante a execução, a falta de controle do grau de compactação dos materiais, sendo o possível responsável pelos afundamentos. Como solução

preventiva a camada compactada deve atender aos requisitos de umidade ótima dos materiais, com graus de compactação (ensaio de proctor normal) entre 90 % a 95 %. Se uma das camadas do reaterro não atender a umidade prevista, a parte mais seca poderá ser umedecida e a parte mais úmida removida, seca e reaplicada, até que seja obtido o teor correto de umidade.

Como caráter corretivo, deve-se realizar o preenchimento do rebaixo com concreto asfáltico usinado a quente, alinhando-o com o pavimento existente, conforme figura 41. Para uma boa aderência e imprimação entre as camadas superficiais, deve-se aplicar com emulsão asfáltica. As camadas de preenchimento devem ser planas e não devem acompanhar o perfil de deformação após o espalhamento da mistura, executar a compactação. O acabamento da superfície deve ser harmônico com o pavimento existente. Porém, o processo só deve ser executado caso o afundamento tenha se estabilizado.

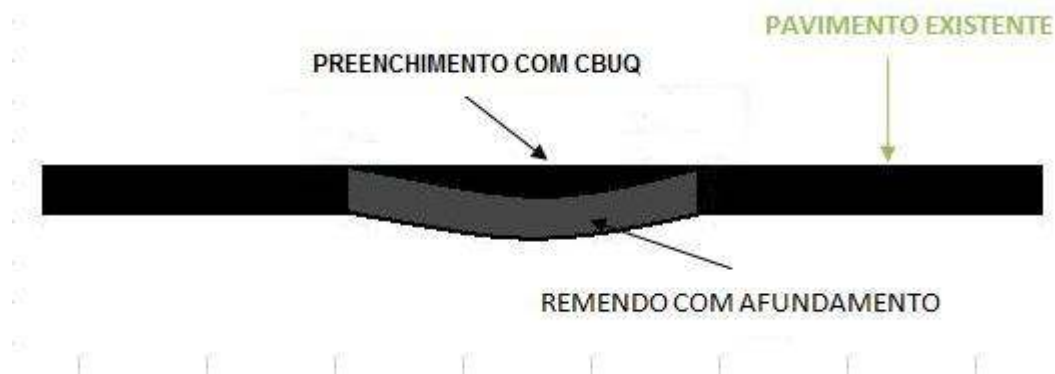


Figura 41: camada de regularização

Em casos de trincas sobre o remendo, a retirada do mesmo deve ser realizada para evitar a reflexão de trincas na camada de regularização. O processo indicado é citado por Stuchi (2005), denominado remendo permanente.

Como o reaproveitamento de material local pode ter contribuído para o afundamento, esse somente deve ser utilizado quando forem conhecidos através de ensaios seu grau de compactação, ou seja, densidade máxima e umidade ótima.

6.4.2 Trincas entre remendo e pavimento existente

É fundamental o controle da pintura de ligação nas paredes entre o remendo e o pavimento existente. Essas trincas facilitam a entrada de água superficial no pavimento. A água infiltrada poderá provocar a perda de resistência e a ruptura das camadas inferiores.

Como caráter corretivo, as trincas entre remendo e pavimento existente devem ser seladas, com emulsão asfáltica para evitar a penetração de água e conseqüentemente degradação do pavimento.

6.4.3 Problemas relativos aos PV

O desnivelamento da tampa pode ser evitado com controle das cotas entre a tampa e pavimento existente. Quanto a resistência do concreto, deve-se verificar o traço ideal para suportar as cargas impostas pelo tráfego.

Como medidas corretivas, deve-se retirar a tampa, acrescentar ou retirar o excedente de concreto de regularização existente entre o último anel de concreto do PV e a tampa, renivelando-a com relação ao pavimento existente. Se o poço de visita apresentar trincas em torno, elas devem ser seladas, e caso as trincas vierem acompanhadas de afundamento, o material asfáltico deve ser retirado e refeito respeitando as etapas do remendo permanente.

Os afundamentos nas laterais dos poços de visita são causada pela falta de compactação devida a dificuldade de acesso. Assim, a melhor forma de evitá-las é aumentando as zonas laterais, de forma que haja espaço suficiente para compactação.

6.4.4 Outros defeitos

As elevações devem ser evitadas tomando o cuidado para não ser colocado excesso de concreto asfáltico a ser compactado. A realização de um bom planejamento também é fundamental para a concretagem de rede e ramal em apenas uma etapa, evitando irregularidades e elevações entre as superfícies. A correção do problema pode ser realizada pela retirada de excesso com maquinário adequado.

Nos casos de trincamento por fadiga, panela e afundamento plástico a solução é a retirada total do material asfáltico degradado com corte retilíneo da área afetada e sua reposição realizando um remendo do tipo permanente.

7 CONCLUSÕES

Os defeitos encontrados indicam que as causas estão associadas principalmente aos processos construtivos, pois os remendos são relativamente novos (entre 2 e 10 meses) não havendo tempo suficiente para ser degradado pela ação do tráfego.

O trincamento causado pelo deficiente contato entre pavimento novo (remendo) e antigo contribuiu com 61% do total de patologias encontradas. Sua ocorrência foi devido a falta de aderência entre as superfícies. O surgimento das trincas também esteve relacionado com a presença de afundamento sem solevamento lateral, que gerou esforços na área do remendo com pavimento existente.

O afundamento da repavimentação mostrou que a ausência de controle do grau de compactação dos materiais comprometeu seriamente a qualidade dos remendos. O material de reaterro deve ter as características previamente estudadas visando o conhecimento do tipo de solo, a homogeneidade, compactação, umidade, suporte, expansibilidade e compressibilidade. O aproveitamento de material local, determinado pela fiscalização sem ensaios prévios também pode ter comprometido o desempenho dos remendos e contribuindo para o surgimento do defeito.

O desnivelamento esteve relacionado a falta de controle da cota da tampa com pavimento existente, assim como a execução de concreto com traços incorretos, realizado para nivelar a tampa do PV, que acelerou a degradação com a passagem de veículos pesados.

A execução padrão de 6 cm de asfalto e 30 cm de base de brita graduada, para qualquer tipo remendo executado, também pode ter comprometido o desempenho da repavimentação, pois isso não levou em conta a espessura das camadas do pavimento existente, criando duas zonas de desempenhos distintos. A repavimentação deveria ser realizada conforme o perfil do pavimento existente, respeitando espessura e tipo de material tanto da camada de revestimento como de base. A pavimentação original deve ser recomposta no remendo executado.

Logo, problemas de execução, padronização e utilização de materiais foram os motivos mais significativos para a ocorrência das patologias. Com a melhor qualidade da mão de obra executante do serviço, aplicação de ligantes asfálticos adequados, um controle do grau de

compactação de todos os materiais utilizados, temperatura de aplicação do concreto asfáltico e a execução da repavimentação conforme as camadas apresentadas nas vias, as patologias teriam um decréscimo significativo, melhorando o desempenho dos remendos e evitando futuras correções para as empresas executantes do serviço.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9061**: Segurança de escavação a céu aberto. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 9814**: Execução de rede coletora de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12.266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 005/2003 - TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

_____. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. Rio de Janeiro, 2006.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos**: aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004. 151 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

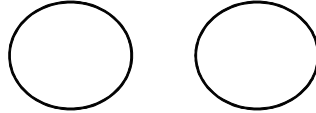
PORTO ALEGRE. Empresa Pública de Transporte e Circulação. Obras e Eventos, 2009. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/eptc/default.php?p_secao=21>. Acesso em: 12 ago. 2009.

STUCHI, E. T. **Interferências de obras de serviços de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

**ANEXO A – Documentos necessários para obtenção de licença para
liberação de via urbana em Porto Alegre**

DCVU**LICENÇA PARA ABERTURA DE VIA PÚBLICA**

SMOV Secretaria Municipal de Obras e Viação

FISCALIZAÇÃO DE VIAS

DIA	NUMERO
MES	
ANO	

A SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E VIAÇÃO

Solicitamos, pelo presente, autorização para executar os serviços abaixo discriminados, comprometendo-nos a atender o regulamento para serviços em vias públicas e demais Normas e Especificações Técnicas da SMOV em vigência, e assumimos integralmente responsabilidade por quaisquer prejuízos ou ressarcimentos que a Prefeitura Municipal for demandada, ou solicitada, em razão da obra especificamente autorizada.

LOGRADOURO: _____

TRECHO: _____

TIPO DE PAVIMENTO: PASSEIO _____ LEITO _____

DIMENSÕES ABERTURA: PASSEIO _____ LEITO _____

DATA DE INÍCI

PREVISÃO

CONCLUSÃO

ÓRGÃO/FIRMA SOLICITANTE

RESPONSÁVEL TÉCNICO

NOME

CARIMBO E ASSINATURA

OBRA

RESPONSÁVEL TÉCNICO

FIRMA

SERVIÇOS A EXECUTAR

CARIMBO E ASSINATURA

REPAVIMENTAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO

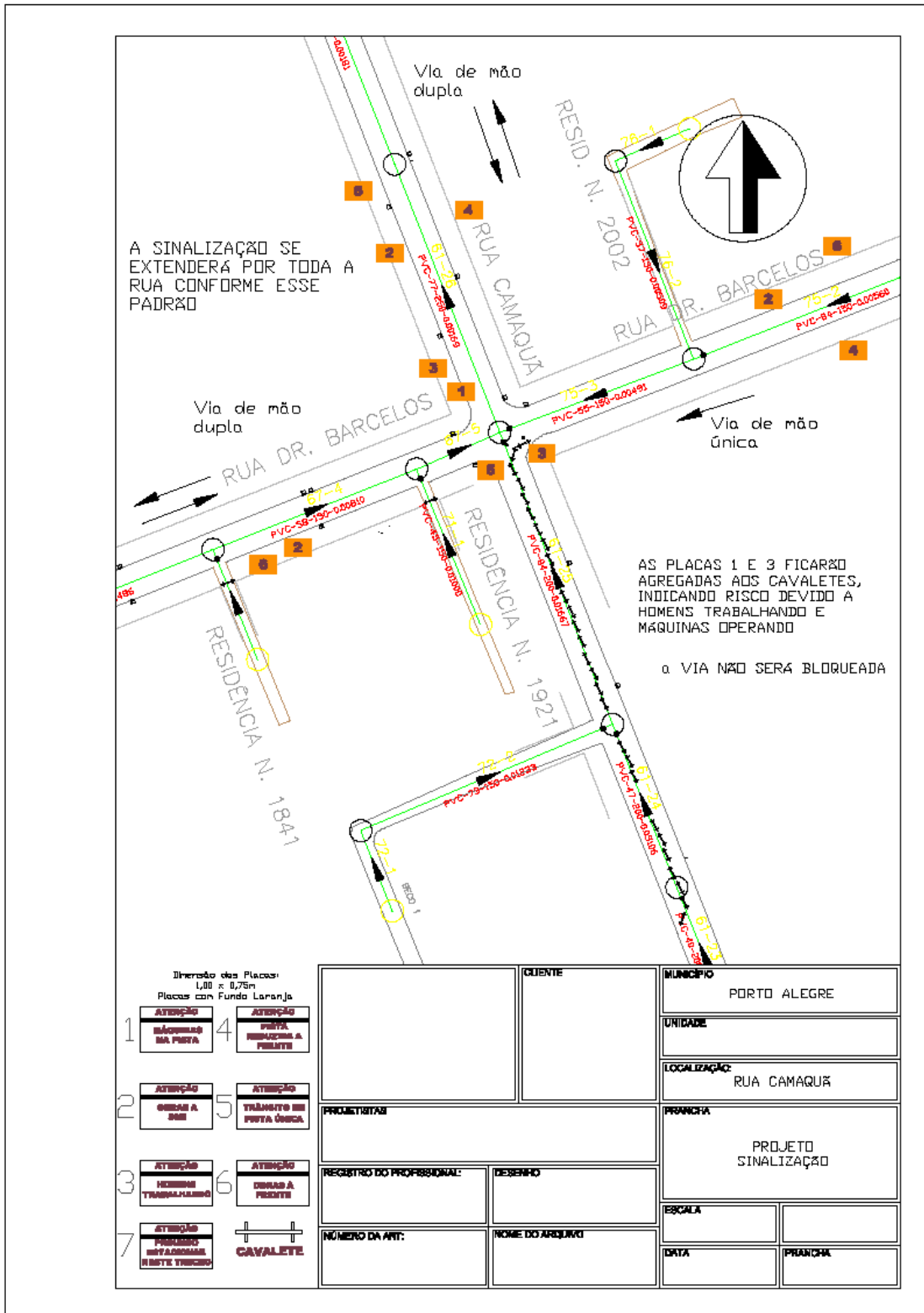
FIRMA

CARIMBO E ASSINATURA

RESERVADO SMOV / SMT

OBSERVAÇÃO: ANEXAR PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

VIAS: 1ª - SMOV 2ª - SMT 3ª - OBRA



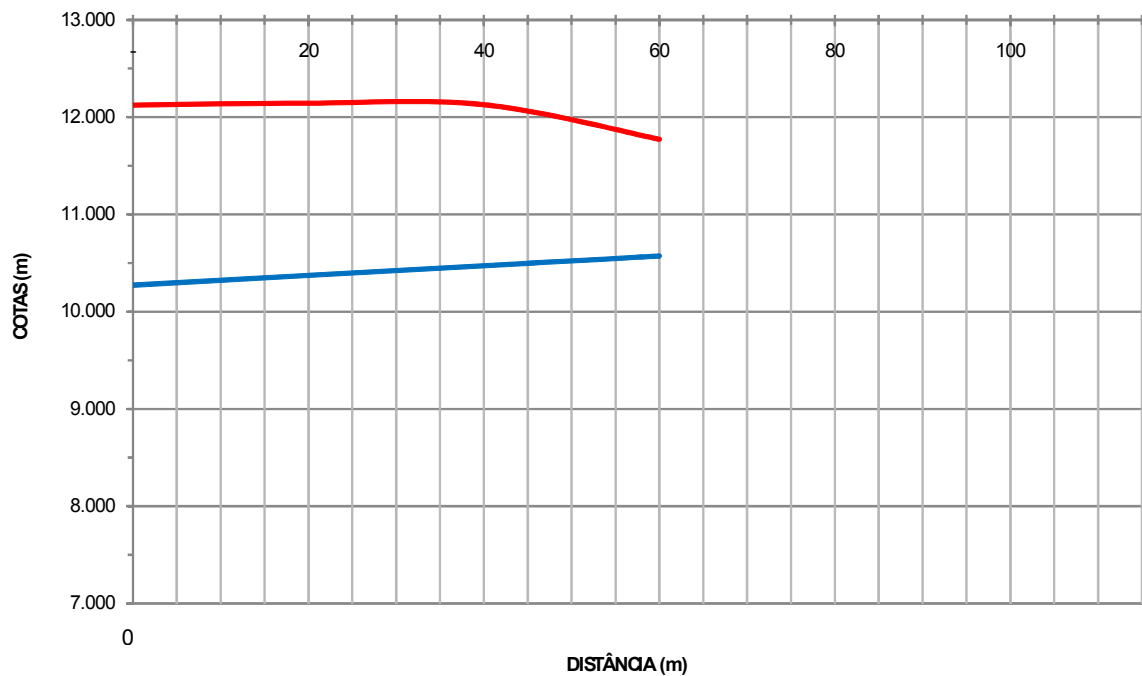
ANEXO B – Ordem de serviço



PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE
 DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS
 Mod.: 09.29 - ORDEM DE SERVIÇO



DATA:	3/2/2009	DN (mm):	150	MATERIAL:	PVC	D externo:	160	mm		
OBRA:	RUA A				EMPRESA:					
PV	COTAS DE CAMPO				COMP. TRECHO (m)	DECLIV.	RÉGUA:	COTAS DE PROJETO		
	COTA TERRENO	COTA FUNDO	ALTURA	AUXILIAR			2,50 REFERÊNCIA	COTA TAMPA	COTA FUNDO	ALTURA
534	12.123	10.273	1.850	11.874	0.00	0.00500	0.899	11.630	10.210	1.420
E1	12.143	10.373	1.770	12.191	20.00	0.00500	0.682			
E2	12.128	10.473	1.655	12.026	40.00	0.00500	0.947			
533	11.773	10.573	1.200	11.715	60.00	0.00500	1.358	11.300	10.500	0.800



_____ TOPOGRAFO - EMPRESA	_____ TOPOGRAFO - DMAE	OBSERVAÇÃO:
_____ ENGENHEIRO - EMPRESA	_____ ENGENHEIRO - DMAE	

ANEXO C – Planilha de levantamento

PLANILHA DE LEVANTAMENTO								
Patologias na repavimentação de valas (análise de 40 m)								
DEFETO	1		2		3		4	
	SEVERIDADE	Ext. / Área	SEVERIDADE	Ext. / Área	SEVERIDADE	Ext. / Área	SEVERIDADE	Ext. / Área
TRINCA ISOLADA								
TRINCA INTERLIGADA								
TRINCA DE FADIGA								
TRINCA REMENDO X PAV NOVO								
AFUNDAMENTO SEM SOLEVAMENTO LATERAL								
AFUNDAMENTO COM SOLEVAMENTO LATERAL								
ELEVAÇÃO								
CORRUGAÇÃO								
PANELA								
DESGASTE SUPERFICIAL								
EXSUDAÇÃO								
AFUNDAMENTO RELATIVO AO PV	compactação							
	PV desnivelado							

TRÁFEGO	BAIXO	
	MÉDIO	
	ALTO	
LINHA DE ÔNIBUS (tráfego no local)	SIM	
	NÃO	
PRESENÇA DE PV NO TRECHO	SIM	
	NÃO	

OBSERVAÇÕES: