

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

SARAH VARGAS BRITTES

**ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM
SC: ESTUDO DE CASO.**

FLORIANÓPOLIS, 2023.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

SARAH VARGAS BRITTES

**ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM
SC: ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador:

Prof. Fábio Krueger da Silva, Doutor em Engenharia Civil.

Coorientador: Jucelio Gonçalves, Mestre em Clima e Ambiente.

FLORIANÓPOLIS, 2023.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Vargas Brittes, Sarah

ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM SC: ESTUDO DE CASO. / Sarah Vargas Brittes; orientação de Fábio Krueger da Silva; coorientação de Jucelio Gonçalves.
- Florianópolis, SC, 2024.

130 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Pavimentação. 2. Reforço. 3. Geogrelha. 4. Geossintético.
5. Restauração. I. Krueger da Silva, Fábio.
II. Gonçalves, Jucelio. III. Instituto Federal de Santa Catarina. IV. **ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM SC: ESTUDO DE CASO..**


ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL EM SC: ESTUDO DE CASO.

SARAH VARGAS BRITTES


Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 13 de dezembro, 2023.


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **FABIO KRUEGER DA SILVA**
Data: 19/02/2024 19:22:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Fábio Krueger da Silva, Doutor em Engenharia Civil.

Documento assinado digitalmente
 **JUCELIO GONCALVES**
Data: 19/02/2024 15:03:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jucelio Gonçalves, Mestre em Clima e Ambiente.

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA SIMONI SCHUCH**
Data: 19/02/2024 14:23:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fernanda Simoni Schuch, Doutora em Engenharia Civil.

Documento assinado digitalmente
 **GLICERIO TRICHES**
Data: 19/02/2024 08:52:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Glicério Trichês, Doutor em Engenharia Civil.

“Ainda pior do que a convicção do não e a incerteza do talvez,
é a desilusão de um quase.”
Sarah Westphal

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente à minha família, por acreditarem em meu potencial, estarem sempre ao meu lado e por todo o amor incondicional que me proporcionam. Amo cada um de vocês imensamente.

À minha mãe, Shirley, expresso minha gratidão pelo amor incondicional, pela constante preocupação e por me ensinar a verdadeira importância do amor e da amizade. Ao longo desses cinco anos, seu apoio constante foi a âncora que me sustentou, nunca me deixando desfalecer.

Ao meu pai, Norberto, obrigada pelo incentivo, confiança e todos os momentos de ensinamentos, as palavras que você compartilhou e o exemplo vivo da sua trajetória foram fontes de inspiração que impulsionaram a minha jornada até o ponto em que me encontro agora.

Ao meu irmão, Danton, agradeço a proteção e toda a ajuda e por estar sempre presente.

Ao meu avô, Indalécio, muito obrigada por todo o apoio até aqui.

À minha namorada, Julia, expresso minha gratidão por ser meu porto seguro ao longo de todos esses anos. Agradeço por toda a paciência, compreensão, carinho e amor que você demonstrou. Contigo, alcancei as maiores conquistas da minha vida. Eu te amo.

Ao Cássio, que desempenhou um papel fundamental nesta reta final do curso, expresso minha gratidão por todas as oportunidades e ensinamentos proporcionados.

Ao professor orientador, Fábio Krueger da Silva, e ao professor coorientador, Jucelio Gonçalves, expresso minha gratidão pela orientação, compreensão ao longo desta jornada acadêmica, e pelo incentivo valioso para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos, agradeço por compreenderem e sempre me motivarem.

Aos colegas de faculdade que compartilharam esta trajetória comigo, meu agradecimento pela parceria.

Ao pessoal do BRDE, que despertou meu interesse pela área de pavimentação, vocês foram essenciais nessa caminhada.

Aos meus colegas de trabalho no GrupoRV, expresso minha sincera gratidão pela compreensão e incentivo durante a conclusão deste trabalho. Obrigado por acreditarem no meu potencial.

Aos professores e colaboradores do Instituto Federal de Santa Catarina, agradeço o excelente ensino e atenção dedicada aos alunos, além de toda assistência recebida.

RESUMO

O bom estado das estradas é fundamental para o bem-estar da sociedade. Para melhoria dos pavimentos flexíveis, existe o uso de materiais de reforço eficientes, que tragam resultados positivos e reduzam a necessidade de manutenção e restaurações. O foco está em encontrar soluções que prologuem a vida útil dos pavimentos, diminuindo os transtornos causados por obras constantes e otimização de recursos financeiros. Este trabalho de conclusão de curso aborda restauração do pavimento com a utilização da geogrelha de poliéster como reforço na Rua Tancredo de Almeida Neves, localizado no município de Concórdia/SC. O objetivo do trabalho é realizar uma análise técnica da restauração utilizada. Para isso foram realizadas pesquisas bibliográficas para obter informações sobre pavimentos, defeitos comuns e métodos de restauração. O estudo incluiu pesquisas bibliográficas sobre os pavimentos, defeitos comuns e métodos de restauração, além da análise de dados fornecidos pela prefeitura de Concórdia e observações visuais do pavimento. Os resultados revelaram defeitos após a conclusão da obra, como desgaste precoce, possivelmente relacionados à contaminação do cimento asfáltico de petróleo (CAP). Como conclusão destaca-se a importância da avaliação técnica cuidadosa, enfatizando que, apesar da aparente eficácia da geogrelha, a qualidade da execução e o posicionamento são cruciais para o funcionamento mecânico. Por fim, após a restauração, evidenciou-se que melhores resultados seriam alcançados com condições iniciais menos danificadas e um controle mais rigorosos, especialmente em casos de contaminação do CAP.

Palavras-chave: Pavimentação. Reforço. Geogrelha. Geossintético. Restauração.

ABSTRACT

The good condition of roads is crucial for the well-being of society. To enhance flexible pavements, efficient reinforcement materials are used to yield positive outcomes and reduce the need for maintenance and restoration. The focus is on finding solutions that prolong the lifespan of pavements, minimizing disruptions caused by constant construction and optimizing financial resources. This undergraduate thesis addresses pavement restoration using polyester geogrid as reinforcement on Tancredo de Almeida Neves Street, located in the municipality of Concórdia/SC. The objective is to conduct a technical analysis of the restoration employed. For this purpose, literature reviews were conducted to gather information on pavements, common defects, and restoration methods. The study involved bibliographic research on pavements, common defects, and restoration methods, along with the analysis of data provided by the Concórdia municipality and visual observations of the pavement. The results revealed defects after the completion of the project, such as premature wear, possibly related to the contamination of asphalt cement (CAP). As a conclusion, the importance of careful technical evaluation is emphasized, highlighting that, despite the apparent effectiveness of the geogrid, the quality of execution and positioning are crucial for mechanical performance. Finally, after the restoration, it became evident that better results would be achieved with less damaged initial conditions and more stringent control, especially in cases of CAP contamination.

Keywords: Paving. Reinforcement. Geogrid. Geosynthetic. Restoration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas estruturais do pavimento semirrígido e invertido	24
Figura 2 - Camadas estruturais do pavimento flexível	25
Figura 3 - Interações entre os defeitos em rodovias pavimentadas	30
Figura 4 - Esquema de ocorrência de trincas.....	31
Figura 5 - Tipos de trinca.....	32
Figura 6 - Esquema de afundamento de trilha de rodas	34
Figura 7 - Tipos de afundamentos.....	34
Figura 8 - Ilustração de bacia de deflexão	37
Figura 9 - Esquema de leituras com viga Benkelman para obtenção da bacia de deflexão	38
Figura 10 - Ilustração dos principais geossintéticos	45
Figura 11 - Aplicação de geotêxtil, geotubo e geocélula	45
Figura 12 - Aplicação de geocomposto e geogrelha	46
Figura 13 - Aplicação de geogrelha na restauração de pavimentos asfálticos.....	49
Figura 14 - Solicitações cisalhantes e de flexão no revestimento asfáltico	49
Figura 15 - Mapa de localização da obra na cidade.....	53
Figura 16 - Mapa de localização do trecho da obra	53
Figura 17 - Mapa de localização do trecho da obra ampliado.....	54
Figura 18 - Localização dos postos de contagem existentes	55
Figura 19 - Localização dos postos de contagens das lombadas eletrônicas.....	56
Figura 20 - Ilustração do levantamento topográfico planialtimétrico cadastral	61
Figura 21 - Segmentos homogêneos baseados na porcentagem de trincamento	64
Figura 22 - Segmentos homogêneos baseados na deflexão	65
Figura 23 - Diagrama linear com a posição dos segmentos homogêneos definidos a partir do VMDA.....	66
Figura 24 - Ábaco para dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER	72
Figura 25 - Segmentos homogêneos baseados na deflexão	75
Figura 26 - Segmentos homogêneos baseados na porcentagem de trincamento	75
Figura 27 - Fluxograma para realização do objetivo geral proposto.....	78
Figura 28 - Execução e compactação de camada de base e sub-base	81
Figura 29 - Fresagem e recomposição dos pontos fresados	82
Figura 30 - Execução da pintura de ligação	83
Figura 31 - Aplicação da geogrelha anti-reflexão	83
Figura 32 - Geogrelha aplicada	84

Figura 33 - Geogrelha aplicada imediatamente sobre o pavimento existente	85
Figura 34 - Geogrelha aplicada no interior da nova camada asfáltica.....	85
Figura 35 - Execução e compactação da capa asfáltica	86
Figura 36 - Execução e compactação da capa asfáltica	86
Figura 37 - Exsudação	87
Figura 38 - Exsudação	87
Figura 39 - Desagregação.....	88
Figura 40 - Amostra 9 coletada na pista (empresa a).	89
Figura 41 - Fresagem realizada pela empresa 1.....	94
Figura 42 - Trincas isoladas	95
Figura 43 - Trincas interligadas	95
Figura 44 - Trincas interligadas	96
Figura 45 - Painelas	96
Figura 46 - Afundamento de trilha de roda.....	97
Figura 47 - Escorregamento.....	97
Figura 48 - Exsudação e Escorregamento	98
Figura 49 - Coleta de amostra do diagnóstico (empresa b)	100
Figura 50 - Amostras 10 e 17 coletadas na pista (empresa b).....	101
Figura 51 - Fresagem realizada pela empresa 2.....	105
Figura 52 - Fresagem realizada pela empresa 2.....	106
Figura 53 - Pintura de ligação e aplicação de geogrelha anti-reflexão.....	106
Figura 54 - Aplicação de geogrelha anti-reflexão	107
Figura 55 - Recomposição da capa asfáltica e compactação	107
Figura 56 - Recomposição da capa asfáltica e compactação	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais tipos de geossintéticos	43
Tabela 2 - Principais funções de geossintéticos.....	44
Tabela 3 - Principais polímeros utilizados na fabricação dos geossintéticos	47
Tabela 4 - VMDA contabilizados nos postos de Contagens 01, 02 e 03, para o ano de 2013	56
Tabela 5 - VMDA contabilizados no PC01, PC2 e PC3 e classificados conforme o posto PA1 para o ano de 2013.....	57
Tabela 6 - Volume médio diário anual para os anos de 2016/2025/2035	58
Tabela 7 - Resumo da determinação do nível de serviço	59
Tabela 8 - Número N8,2t para cada segmento homogêneo.	60
Tabela 9 - Segmentos homogêneos determinados a partir dos dados das porcentagens de trincamentos.....	64
Tabela 10 - Segmentos homogêneos determinados a partir dos dados das deflexões.....	65
Tabela 11 - Segmentos Homogêneos determinados a partir do número "N"	66
Tabela 12 - Segmentos Homogêneos definidos para o projeto.....	67
Tabela 13 - Critério para definição do intervalo de aceitação dos valores individuais de deflexão.....	67
Tabela 14 - Principais informações do pavimento existente por segmento homogêneo	68
Tabela 15 - Solução de restauração do pavimento	69
Tabela 16 - Categorização dos solos por tipos resilientes	70
Tabela 17 - Dimensionamento da espessura de reforço utilizando o Método DNER-PRO 269/94	71
Tabela 18 - Resultado do dimensionamento, número "N" de $2,45 \times 10^7$	73
Tabela 19 - Resultado do dimensionamento, número "N" de $4,51 \times 10^7$	73
Tabela 20 - Segmentos homogêneos determinados a partir dos dados das deflexões, trincamentos e número "N"	76
Tabela 21 - Segmentos homogêneos definidos para o projeto	77
Tabela 22 - Principais informações do pavimento existente por segmento homogêneo	77
Tabela 23 - Coleta de amostra do controle tecnológico (empresa a).....	89
Tabela 24 - Incidência de defeitos.....	98
Tabela 25 - Trechos em destaque para deflexão média	100

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Espessuras da camada superior (empresa a)	90
Gráfico 2 - Espessuras da camada inferior (empresa a)	91
Gráfico 3 - Teor de ligante na camada superior (empresa a)	92
Gráfico 4 - Teor de ligante na camada inferior (empresa a)	92
Gráfico 5 - Distribuição granulométrica da camada inferior (empresa a)	93
Gráfico 6 - Espessuras da camada superior (empresa b)	102
Gráfico 7 - Teor de ligante na camada superior (empresa b)	103
Gráfico 8 - Distribuição granulométrica da camada inferior (empresa b)	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBR	California Bearing Ratio
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado A Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
CAP	Concreto Betuminoso Usinado A Quente
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DEINFRA	Departamento Estadual de Infraestrutura
SEI	Secretaria de Estado da InfraEstrutura e Mobilidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Justificativa	18
1.2	Objetivo Geral	20
1.3	Objetivos Específicos	20
1.4	Organização da pesquisa	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	Pavimento asfáltico	23
2.1.1	Pavimento Semirrígido.....	24
2.1.2	Pavimento Flexível.....	24
2.1.2.1	<i>Camadas do pavimento flexível</i>	25
2.2	Defeitos nos pavimentos asfálticos	27
2.2.1	Trincas no revestimento asfáltico.....	31
2.2.2	Afundamento de trilha de roda.....	33
2.3	Restauração de pavimentos asfálticos	35
2.4	Geossintéticos	41
2.4.1	Breve históricos da utilização de geossintéticos	42
2.4.2	Tipos e funções de geossintéticos	42
2.4.3	Composição, propriedades e aplicações dos geossintéticos	46
2.5	Geogrelha	48
3	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	52
3.1	Apresentação da rodovia	52
3.2	Estudos realizados	54
3.2.1	Estudo de tráfego.....	54
3.2.2	Estudo topográfico	60
3.2.3	Estudo geotécnico.....	61
3.3	Projeto de pavimentação/restauração	63
3.4	Proposta de revisão do projeto de restauração com emprego de geogrelha anti-reflexão	74
4	METODOLOGIA CIENTÍFICA	78
5	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	80
5.1	Análise e discussão dos resultados	108
6	CONCLUSÃO	112
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXOS	117
	ANEXO A - Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral	118
	ANEXO B – Ensaios Geotécnicos.....	119
	ANEXO C – Demonstrativo dos quantitativos dos serviços de pavimentação com geogrelha	124
	ANEXO D – Diagrama unifilar de condição do pavimento	125

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado dos transportes nas rodovias brasileiras associados a projetos mal concebidos, técnicas executivas inapropriadas, materiais mal selecionados, excesso de cargas, entre outros fatores, acabam por provocar uma diminuição da vida útil do pavimento. No meio urbano, a problemática é diferente, nem sempre as técnicas adotadas em rodovias podem ser adotadas nas vias urbanas. Neste caso, os serviços concessionados e o tempo disponível para execução tendem a ser limitantes nas soluções empregadas.

Das estradas pavimentadas no país, estima-se que 99% sejam construídas em pavimento flexível. Esta técnica de revestimento acaba tendo uma vida útil menor devido ao surgimento de deformações excessivas e trincamentos, muitas vezes prematuros. Associado a falta de planejamento das manutenções e conservações, os defeitos dos pavimentos revestidos com capa asfáltica acabam ocasionando uma má condição de rolamento, conforto e, conseqüentemente, segurança nos deslocamentos pelas estradas.

Num estudo realizado em 2022 pela Confederação Nacional de Transportes (CNT), acerca de suas condições de pavimento, foi verificado 1.123 km de extensão de rodovias estaduais de Santa Catarina. Os resultados mostraram que 42,4% das rodovias apresentavam uma condição de ruim à péssimo. Neste contexto, percebe-se a importância da necessidade de intervenções nas rodovias pavimentadas catarinenses. Este trabalho trata da análise de restauração de uma via urbana na cidade de Concórdia/SC. O estudo de caso aborda técnicas que promovem a restauração do pavimento asfáltico, de maneira que seja minimizada a interferência no pavimento existente, tenha curto prazo de execução, não tenha grandes escavações que possa acarretar danos em serviços concessionados e, principalmente, de modo a não impactar a dinâmica dos deslocamentos na cidade.

Como já citado, os pavimentos flexíveis estão sujeitos a algumas patologias. Os principais defeitos encontrados nos pavimentos flexíveis são: o trincamento por fadiga e a deformação permanente. Respectivamente, o primeiro refere-se a aberturas na superfície do revestimento ocorrendo devido à fadiga da camada asfáltica, que é provocada pelos esforços repetidos de tração por flexão. Os afundamentos por deformação permanente são formados por afundamentos plásticos

ou de consolidação das camadas inferiores. Com o intuito de mitigar esses danos, surgiram soluções inovadoras para melhorar as propriedades mecânicas dos materiais utilizados na construção do pavimento. Dentre elas destacam-se os geossintéticos, que são materiais sintéticos produzidos pela indústria têxtil e constituídos basicamente por polímeros. Na restauração de pavimentos, são mais comumente utilizados dois tipos de geossintéticos, a geogrelha e o geotêxtil (VERTEMATTI, 2015).

Conforme cita Vertematti (2015) uma das principais funções dos geossintéticos é a sua utilização como reforço quando utilizado na greide final de terraplenagem ou empregado na camada de base. Afinal, são necessárias grandes deflexões para que seja plenamente mobilizada a resistência a tração do geossintéticos. Nesta posição, há contribuição de resistência adicional do geossintético melhorando o comportamento mecânico do solo ou dos outros materiais de construção empregados. Quando as deflexões do pavimento são baixas, as deformações são pequenas e, o geossintéticos não chega a ser mobilizado à tração. Nesse caso, ele vai atuar na mitigação de propagação de trincas. Ou seja, o revestimento original trincado abaixo, força a propagação da trinca para a nova camada de revestimento e, com a inserção do geossintético ocorre uma redistribuição de tensões, provocando um bloqueio na propagação das trincas.

Diante do exposto, este trabalho procurar apresentar as técnicas empregadas na reabilitação do pavimento flexível da Rua Tancredo Neves na cidade de Concórdia/SC. No caso proposto, envolveu o uso de geogrelha anti-reflexão buscando solucionar os defeitos pré-existentes. O trabalho foi realizado através da análise do projeto, da execução e dos controles tecnológicos.

1.1 Justificativa

O principal propósito da pavimentação asfáltica é promover o tráfego, a qualquer momento e em quaisquer condições climáticas, além de proporcionar segurança, conforto ao rolamento e bem-estar aos usuários. Em contrapartida, o cenário atual do Brasil não é favorável neste aspecto. Uma pesquisa da Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2022) evidencia que 55,5% da extensão da malha rodoviária estudada do país apresenta problemas no pavimento e apenas 8,9%

encontram-se em perfeito estado. A CNT indica ainda que as principais causas para os problemas em pavimentos flexíveis estão diretamente relacionadas com falhas construtivas, falta de manutenção preventiva e fiscalização.

Este cenário traz consigo diversos problemas, em destaque os gastos excessivos em manutenção, redução da qualidade de serviço prestado, insegurança, ocorrência de acidentes, além de comprometer eficiência de logística do país, o que compromete o seu desenvolvimento econômico (SANTOS et al. 2021). Neste sentido, a manutenção das estradas é de extrema importância, principalmente quando os danos afetam sua capacidade de suportar o tráfego e trazer conforto e segurança aos seus usuários. Portanto, é necessário avaliar de forma cuidadosa e lógica as condições dessas estradas danificadas, para assim, definir a técnica de reparo correta e segura, que concomitantemente seja viável economicamente e sustentável.

Uma solução para recuperação e restauração do pavimento, que vem crescendo no Brasil, é a utilização de geossintéticos. Os principais empregos de um geossintético são como um elemento de reforço, separação, proteção, filtração, drenagem e barreira. Os dois principais tipos de geossintéticos são a geogrelha e o geotêxtil. Particularmente, a geogrelha acaba por ter duas funções básicas que estão diretamente relacionadas com a posição relativa de sua instalação. Dependendo da posição na camada do pavimento pode atuar como um elemento de reforço estrutural ou como uma camada que bloqueia e minimiza a propagação das trincas. A utilização da geogrelha busca aumentar a vida útil do pavimento reduzindo os custos com manutenção e reabilitação. Em resumo a geogrelha é uma medida que ajuda a recuperar o pavimento e garantir a sua durabilidade e resistência ao tráfego.

Embora o emprego de geossintéticos em pavimentos asfálticos tenha oferecido benefícios estruturais e se mostrado, muitas vezes, eficiente, ainda são necessárias pesquisas adicionais para compreender melhor os mecanismos envolvidos no comportamento mecânico. Afinal, o resultado da intervenção no pavimento será diretamente relacionado com o tipo geossintético usado, da posição que foi instalado, da grandeza das deformações, espessura da capa asfáltica, entre outros. Neste sentido, ainda há divergências entre pesquisadores com relação à melhor alternativa para restauração de pavimentos.

Assim esta pesquisa tem a intenção de promover uma contribuição ao meio técnico através da análise da solução empregada num caso real de obra. Entende-se que são necessários estudos adicionais que contribuam para aumento do conhecimento na área de reabilitação estrutural das vias. Tendo assim, como finalidade indicar, particularmente, o melhor tratamento para uma estrutura degradada.

1.2 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar tecnicamente o processo de restauração de um pavimento flexível, localizado no trecho 3 da Rua Tancredo Neves, obra situada em Concórdia no estado de Santa Catarina. O trabalho será realizado através da análise do projeto, da execução e dos controles tecnológicos.

1.3 Objetivos Específicos

Na via urbana localizada na cidade de Concórdia/SC, objeto de estudo deste trabalho, para atingir o objetivo geral foi necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterizar tecnicamente a obra de restauração na Rua Tancredo de Almeida Neves, Concórdia/SC;
- b) Apresentar os estudos de tráfego feitos para determinação do VMDA, bem como, o número equivalente de passagens de eixo (N);
- c) Apresentar as metodologias para dimensionamento da restauração, com análises feitas a partir do ISC e dos levantamentos dos segmentos homogêneos;
- d) Discorrer sobre as propostas de alteração de projeto com inclusão de geogrelha no pavimento e analisar a justificativa para sua utilização;
- e) Discorrer sobre todas as etapas do processo de restauração realizado;
- f) Analisar os defeitos identificados no pavimento após a restauração;

- g) Analisar os resultados dos ensaios realizados e suas implicações nas condições finais do pavimento;

1.4 Organização da pesquisa

O presente trabalho está organizado em seis capítulos. Com o propósito de facilitar o entendimento e compreensão do trabalho, apresentam-se a seguir, de forma sucinta, os principais pontos de cada capítulo.

O Capítulo 1, apresenta a introdução com ênfase na restauração de pavimentos, destacando a relevâncias de técnicas que minimizem interferências, possuam execução rápida e não comprometam a dinâmica urbana. Os principais objetivos e as etapas do estudo são delineadas, proporcionando uma visão inicial da abordagem e escopo da pesquisa.

No Capítulo 2, é conduzida uma revisão bibliográfica para fundamentar a pesquisa, abrangendo informações sobre pavimentos, com ênfase em pavimentos flexíveis, bem como os defeitos comuns nesse tipo de pavimento, destacando afundamentos de trilha de roda e trincas por fadiga. O capítulo explora também as possíveis intervenções de restauração nos pavimentos, ressaltando a relevância da utilização de geossintéticos. São apresentados conceitos básicos relacionados a geossintéticos, sua classificação, funções, aplicações e propriedades, com um enfoque específico na geogrelha. Essa revisão bibliográfica oferece uma base sólida para compreender a aplicabilidade da geogrelha na restauração de pavimentos flexíveis.

O Capítulo 3 foca na caracterização do local de estudo, destacando a rodovia objeto da pesquisa. O capítulo fornece uma descrição do projeto desenvolvido para a rodovia, incluindo os principais dados e estudos realizados para a restauração do pavimento em questão. Essa análise detalhada oferece uma compreensão abrangente do contexto do local e do planejamento envolvido na abordagem de restauração do pavimento.

O Capítulo 4, apresenta o desenvolvimento da metodologia do trabalho, detalhando todas as etapas necessárias para alcançar o objetivo proposto. Cada

fase é descrita, fornecendo uma compreensão do processo metodológico adotado na pesquisa.

No Capítulo 5, são expostos os resultados dos ensaios conduzidos na obra pela prefeitura, fornecendo todos os dados essenciais para a análise realizada neste trabalho. A interpretação desses resultados é apresentada com o propósito de avaliar a eficácia da restauração realizada, oferecendo uma visão crítica e conclusiva com base nos dados obtidos nos ensaios.

O Capítulo 6, engloba uma análise conclusiva do estudo, destacando os principais resultados e sua relevância. Além disso, são fornecidas recomendações para pesquisas futuras, contribuindo para o avanço do conhecimento na área. Ao término são inclusas as referências bibliográficas que fundamentaram o trabalho, juntamente com os anexos pertinentes ao estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pavimento asfáltico

No cenário atual do Brasil, o modal rodoviário tem importância fundamental na logística do país, seja para o transporte de cargas ou de pessoas. Segundo Abrams (2013, apud BERNUCCI et al., 2022) sua relevância é evidenciada desde aproximadamente 4.000 a.C., com o registro da primeira estrada pavimentada em pedras na Índia e na Mesopotâmia, a partir disso, de forma progressiva, surgiu a necessidade de evolução das estradas diante das limitações do transporte de cargas pesadas após a descoberta da roda, gerando vias de grande importância na história do modal. No Brasil, o marco inicial da pavimentação tem início em 1560 e vem crescendo exponencialmente, devido ao crescimento populacional e a necessidade de transporte, diante da dimensão do território nacional.

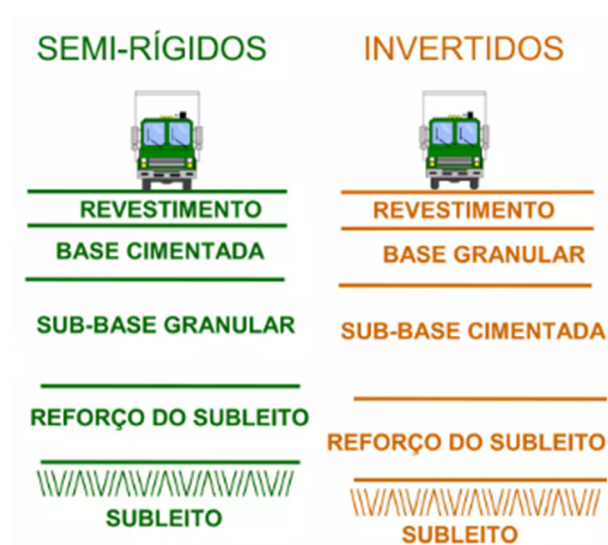
Pinto e Preussler (2010) descrevem duas definições para pavimentos rodoviários, uma segundo o usuário, em que o pavimento é uma superfície capaz de suportar o tráfego em condições de conforto e segurança. Já na definição para o engenheiro, o pavimento é uma estrutura constituída por uma ou mais camadas com características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las de modo que as tensões resultantes fiquem abaixo das tensões admissíveis dos materiais que constituem a estrutura.

Historicamente, os pavimentos são categorizados em três tipos: rígidos, que são pavimentos feitos com revestimento de concreto e que apresentam alta rigidez e baixa deformação; flexíveis, que são pavimentos feitos com revestimento asfáltico e suas camadas inferiores são constituídas por materiais granulares, solos, solo-agregados e que possuem menos rigidez e maior deformação; e semirrígidos, que possuem abaixo do revestimento asfáltico camadas de materiais cimentados ou aglutinados por ligante hidráulico. No entanto, atualmente, é mais comum utilizar os termos “pavimentos de concreto de cimento Portland” e “pavimento asfáltico” para descrever os tipos de pavimentos, para indicar o tipo de revestimento utilizado. Integram o pavimento asfáltico os pavimentos flexíveis e os pavimentos semirrígidos (BERNUCCI et al., 2022).

2.1.1 Pavimento Semirrígido

O Manual de Pavimentação (DNIT, 2006b) define como pavimento semirrígido aquele que apresenta uma base cimentada por aglutinante com propriedades cimentícias. Paralelamente, segundo Bernucci et.al (2022) têm-se utilizado esse termo para definir pavimentos que possuem revestimento asfáltico e em sua base ou sub-base apresentam materiais aglutinados por ligantes hidráulicos, como cimento e cal. Podem ainda, receber a denominação de pavimento invertido, quando utilizado material aglutinante na sua sub-base. Na Figura 1, são ilustradas as camadas estruturais do pavimento semirrígido e invertido.

Figura 1 - Camadas estruturais do pavimento semirrígido e invertido



Fonte: Adaptado de Adada (2008).

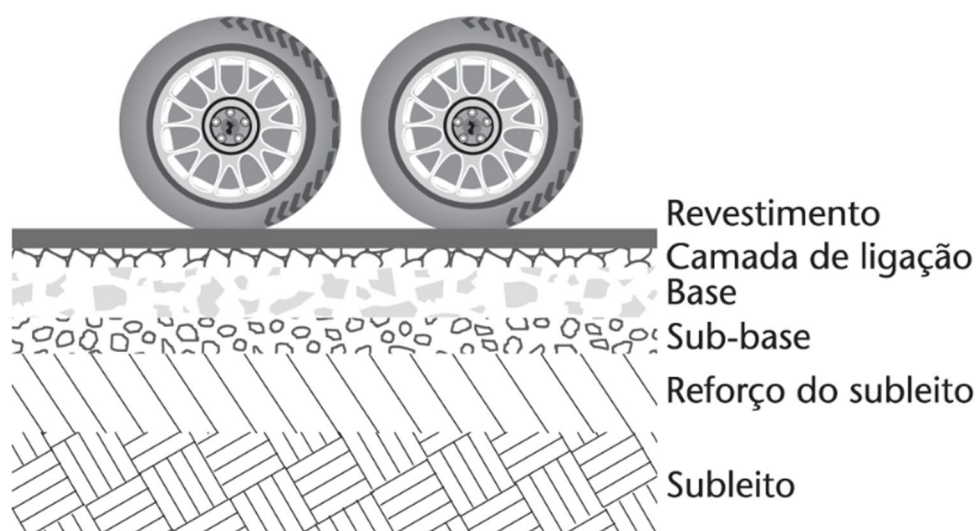
2.1.2 Pavimento Flexível

O Manual de Pavimentação (DNIT, 2006b) define como pavimento flexível aquele das quais todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado, ou seja, a distribuição da carga se dá em parcelas aproximadamente equivalentes.

Segundo Bastos (2007) o pavimento é uma estrutura composta por camadas de materiais sobrepostos, projetada para suportar o tráfego de forma durável e econômica, com a consideração de diferentes tipos de manutenção. Sua estrutura é concebida para distribuir esforços e aliviar a pressão sobre as camadas inferiores, embora nem sempre sejam menos resistentes. Para funcionar adequadamente, todas as partes do pavimento devem deformar-se de acordo com sua natureza e capacidade de suporte, evitando danos prematuros nos materiais das camadas.

Na Figura 2, é possível verificar as camadas que fazem parte do pavimento flexível.

Figura 2 - Camadas estruturais do pavimento flexível



Fonte: Bastos (2007).

2.1.2.1 Camadas do pavimento flexível

Os pavimentos flexíveis, de acordo com Bernucci et. al

[...] são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes ou aglutinadores que elevem a rigidez normalmente verificada em materiais granulares e solos.

Abaixo do pavimento existe a camada denominada subleito, este é o terreno de fundação. Sob o mesmo ponto de vista, Marques (2006) acrescenta que o

subleito “deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (de 0,6 a 1,5 m de profundidade)”. Acima do subleito é ainda realizada a regularização, na qual não é considerada uma camada, mas tem por definição “uma camada posta sobre o subleito, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente” (DNIT, 2006b).

O pavimento é constituído basicamente por quatro camadas, reforço de subleito, sub-base, base e revestimento. O reforço de subleito, é uma camada do pavimento que é construída acima da regularização e abaixo da sub-base. Para pavimentação asfáltica em solos de baixa resistência, é necessário adicionar uma camada intermediária de solo de melhor qualidade sobre o subleito fraco. Isso reduz as pressões sobre a fundação subjacente, tornando o pavimento mais durável. É importante que essa camada de reforço tenha uma resistência diferente da do subleito. Embora o uso do reforço não seja obrigatório, ele é econômico, pois permite reduzir a espessura das camadas de base e sub-base, tornando o projeto mais eficiente em termos de custos. (BASTOS, 2007). Segundo DNIT (2010) o reforço de subleito tem por definição:

Camada estabilizada granulometricamente, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado, utilizada quando se torna necessário reduzir espessuras elevadas de camada de sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito.

Na sequência, tem-se a sub-base, na qual DNIT (2006b) define como uma camada complementar à base do pavimento, que é colocada sobre o subleito quando não possível ou viável economicamente construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço de subleito. Normalmente, o material utilizado na sub-base deve ser de qualidade superior ao do material de reforço de subleito, enquanto o material utilizado na base deve ser de melhor qualidade do que o da sub-base. Essa é uma regra geral, com exceção do pavimento invertido. Bastos (2007) defende que os esforços verticais transmitidos ao subleito e às camadas superiores do pavimento devem estar de acordo com a capacidade de resistência de cada camada. Isso também se aplica às camadas de base e sub-base, que ajudam a aliviar a pressão sobre camadas inferiores e desempenham um papel na drenagem do pavimento. Quando a camada de base precisa ser espessa para distribuir de forma eficaz os esforços, é comum dividi-la em duas camadas, incluindo uma sub-base de menor custo, por razões construtivas e econômicas.

A base por sua vez, tem por definição a camada que deve resistir aos esforços verticais originados pelo tráfego e distribuí-los, além disso, o pavimento é composto de base e revestimento que pode ou não ser complementado pela inserção da sub-base e reforço de subleito (DNIT, 2006b).

Por último, mas não menos importante, tem-se o revestimento que é a camada final que tem por finalidade impermeabilizar e proteger o pavimento mecanicamente. Balbo (2011) cita que o revestimento deve receber as cargas sem sofrer grandes deformações. O revestimento, além disso, tem por objetivo fornecer uma superfície de rolamento segura e confortável para os usuários da via.

A camada de revestimento também pode desempenhar outras funções, como aumentar a resistência à tração e à fadiga do pavimento, melhorar a resistência ao deslizamento e fornecer uniformidade à superfície do pavimento.

2.2 Defeitos nos pavimentos asfálticos

O desempenho adequado do pavimento relaciona-se à capacidade estrutural e durabilidade, compatível com o padrão de obra e o tipo de tráfego, bem como o conforto ao rolamento, economicidade e a segurança dos usuários. O desafio de projetar um pavimento é construir uma obra que cumpra as demandas estruturais e funcionais, além de ser viável economicamente, tanto em termos de implantação como em termos de ciclo de vida, levando em consideração o custo de manutenção e o custo do usuário (BERNUCCI et al., 2022).

No entanto, ao longo de sua vida útil, os materiais que compõem o pavimento asfáltico sofrem um processo gradual de deterioração. Como resultado, suas propriedades físico-mecânicas são modificadas devido às cargas de diferentes naturezas que atuam sobre eles. Portanto, as propriedades dos materiais se alteram após a construção do pavimento, deteriorando-se gradualmente ao longo do tempo. Esse fato se reflete nos materiais que compõem as camadas do pavimento, sendo sua degradação causada por cargas de veículos, produtos químicos e influências ambientais, como radiação solar e umidade. (BALBO, 2011).

Os defeitos em pavimentos asfálticos, de acordo com Bernucci et al. (2022) podem aparecer de forma precoce ou a longo prazo, tendo como principais causas:

- a) Tráfego pesado: cargas excessivas que não estavam previstas em projeto.
- b) Envelhecimento do asfalto: ao longo do tempo, a exposição ao sol, chuva e outros fatores ambientais podem causar ressecamento e oxidação do asfalto, tornando-o de comportamento frágil.
- c) Falhas no projeto e na caracterização dos materiais: podem levar à espessura inadequada do pavimento, subdimensionamento de camadas, podem muitas vezes ser decorrente à dificuldade de prever o tráfego.
- d) Problemas na execução: falhas na compactação, dosagem inadequada de materiais, temperaturas inadequadas, entre outros.
- e) Problemas no subleito: solos instáveis, falta de drenagem adequada ou presença de raízes de árvores podem afetar a estabilidade do subleito e, conseqüentemente, a durabilidade do pavimento.
- f) Intempéries: eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, inundações e temperaturas muito baixas ou elevadas.

O documento que define os termos técnicos relativos aos defeitos em pavimentos é DNIT – TER 005 (2003), no qual é feita a classificação dos defeitos e utilizado também para padronizar a linguagem adotada para pavimentação. Conforme o DNIT (2003a) os principais defeitos em pavimentos são:

- a) Fendas: aberturas na superfície asfáltica que podem ser classificadas como fissuras ou trincas a depender do seu tamanho, se apresentar espessura capilar, pode ser classificada como fissura, porém, quando for uma abertura facilmente visível é classificada como trinca. Ainda, as trincas podem ser tanto isoladas (transversais, longitudinais ou de retração) como interligadas (de bloco ou tipo couro de jacaré).
- b) Afundamentos: formação de depressões na superfície, decorrentes da deformação permanente. Existem dois tipos principais, o afundamento plástico causado pela influência plástica das camadas do pavimento ou do subleito e o afundamento de consolidação, causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas. Os afundamentos

menores com extensão de até 6 metros são chamados de afundamentos locais, enquanto afundamentos maiores e contínuos são chamados de “afundamentos de trilhas de roda”.

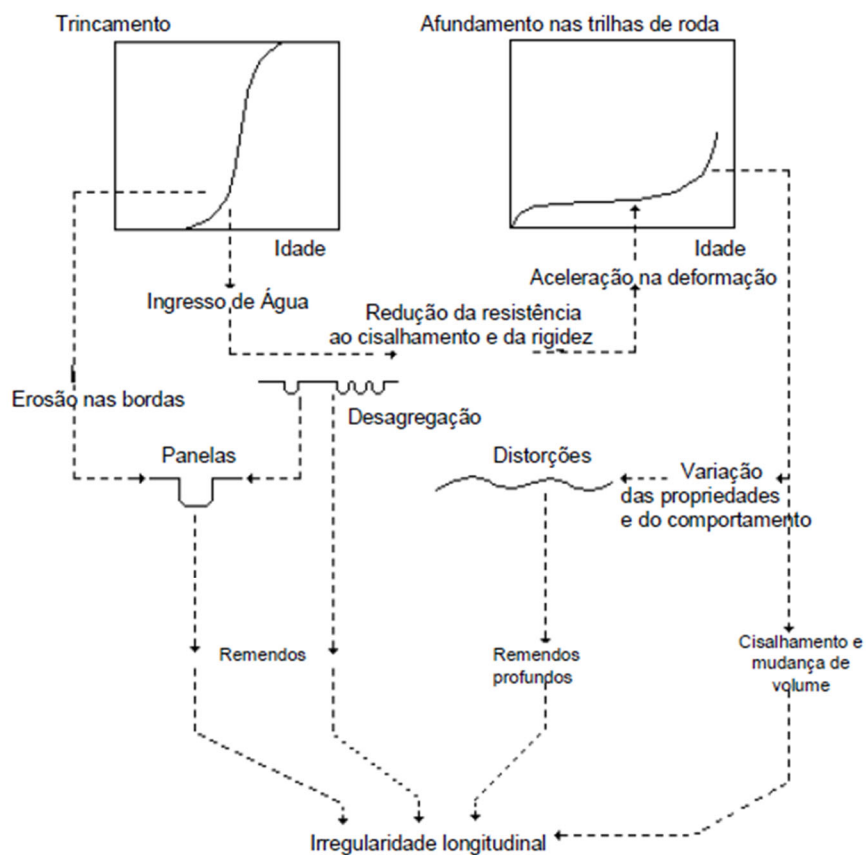
- c) Ondulação/Corrugação: deformações transversais ao eixo da pista, porém decorrentes de fenômenos diferentes. As corrugações são deformações compensatórias, enquanto as ondulações são decorrentes da consolidação diferencial do subleito.
- d) Escorregamento (do revestimento): deslizamento horizontal do revestimento, ocasionado pelos esforços tangenciais dos veículos que produzem uma ondulação na superfície do pavimento em forma de meia lua.
- e) Exsudação: surgimento de ligante na superfície do pavimento, formando uma película ou filme deste material, sendo caracterizado pelo aparecimento de manchas de diversos tamanhos.
- f) Desgaste: deterioração da superfície do pavimento com o desprendimento de agregados no revestimento asfáltico, caracterizado pelo aspecto áspero anormal da superfície.
- g) Painelas (buracos): formação de vazio ou cavidade na superfície dos pavimentos, e que possuem variadas dimensões e profundidades. Pode ou não atingir as outras camadas dos pavimentos, provocando sua separação.
- h) Remendos: preenchimento das painela/buracos, são considerados defeitos pois refletem o mau comportamento estrutural do pavimento. Pode ser considerado esteticamente desagradável e reduzir a qualidade da superfície do pavimento.

No Brasil, o trincamento por fadiga e o afundamento de trilha de roda são considerados os dois grupos de defeitos mais comuns em pavimentos asfálticos. Isso se deve ao fato de que as rodovias brasileiras recebem grande volume de tráfego, especialmente de veículos pesados, o que causa maior desgastes nas camadas do pavimento e torna esses defeitos mais frequentes. Além disso, fatores como a

qualidade dos materiais utilizados na construção dos pavimentos, falta de manutenção adequada e fatores climáticos também contribuem para o surgimento desses defeitos.

A Figura 3 (DNIT, 2006a) apresenta um esquema de interação entre os defeitos em rodovias pavimentadas, apresentando os mecanismos de deterioração do pavimento, no qual indica que o processo de deterioração do pavimento é sentido pela variação da condição da superfície ao longo do tempo.

Figura 3 - Interações entre os defeitos em rodovias pavimentadas



Fonte: DNIT (2006a).

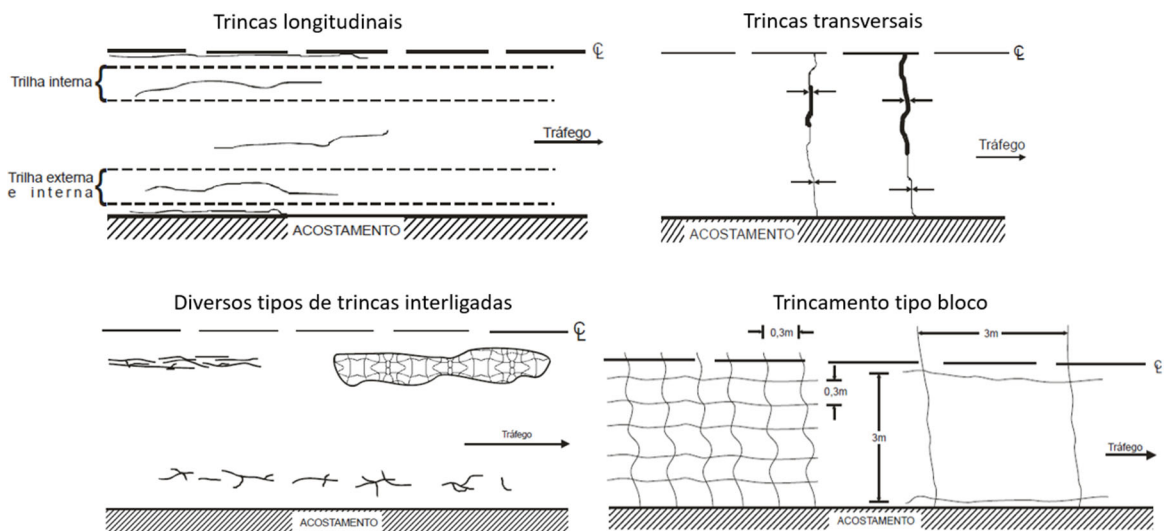
A seguir serão apresentados de forma mais detalhada os dois defeitos mais comuns em pavimentos asfálticos no Brasil, o trincamento no revestimento asfáltico e o afundamento de trilha de roda.

2.2.1 Trincas no revestimento asfáltico

De maneira resumida, pode-se dizer que as trincas são o problema mais frequente nos pavimentos flexíveis, sendo que a maioria delas ocorre devido à fadiga da camada asfáltica, que é provocada pelos esforços repetidos de tração por flexão. As trincas são um indicador inicial de que a qualidade estrutural do pavimento está se deteriorando e sua identificação pode ser feita de forma visual, no qual apenas observando a superfície, é possível avaliar o tipo de trinca e sua possível origem (FONTES, 2009).

Conforme o documento DNIT – TER 005 (2003) é padronizado o defeito como “fendas” que, em resumo, são aberturas na superfície asfáltica que podem ser classificadas como fissuras (abertura perceptível a olho nu a uma distância inferior a 1,5 metros) ou trincas (abertura superior à da fissura). As trincas podem ser subdivididas em diferentes tipos e gravidades. A gravidade é categorizada em três classes (1,2 e 3), enquanto a tipologia das trincas inclui trincas isoladas, podendo ser transversais, longitudinais ou de retração, e interligadas, podendo ser de bloco ou tipo couro de jacaré (BERNUCCI et al., 2022). Na Figura 4 são apresentadas de forma esquemática a ocorrência de trincas na superfície do pavimento e na Figura 5 - Tipos de trinca são ilustrados os tipos de trincas.

Figura 4 - Esquema de ocorrência de trincas



Fonte: Adaptado de DNIT (2006a).

Figura 5 - Tipos de trinca



Fonte: Adaptado de CNT (2017).

Quando veículos passam sobre os pavimentos rodoviários, ocorrem deformações que podem ser recuperáveis ou não recuperáveis. O deslocamento recuperável indica como o pavimento se comporta de forma elástica (resiliente). No entanto, a repetição desses deslocamentos ao longo do tempo pode levar a flexões nas camadas do pavimento, criando tensões internas de compressão e tração. Com o tempo, a resistência do material diminui e, eventualmente, as tensões atuantes superam a capacidade do material, resultando na fadiga no concreto asfáltico (BASTOS, 2010). Conforme Trinchês, Fontes e Júnior (2007):

Tradicionalmente o fenômeno de fadiga é descrito como um processo de deterioração estrutural que um material sofre quando submetido a um estado de tensões e de extensões repetidas, resultando no aparecimento de fissuras no material que evoluem para trincas ou ruptura completa, após um número

suficiente de repetições de carregamento. Ou seja, é a deterioração do material quando solicitado repetidamente por um carregamento.

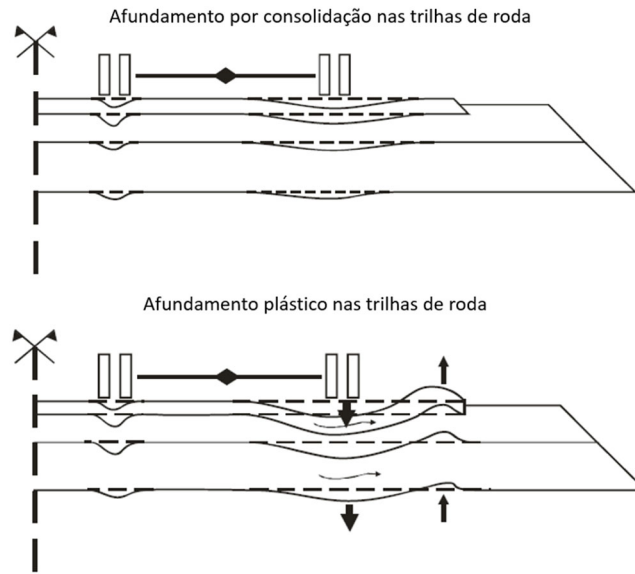
O trincamento pode levar a ruptura por fadiga, porém esse fenômeno geralmente acontece em uma sequência cronológica, ou seja, em estágios. Inicialmente surgem trincas longitudinais isoladas, que evoluem para trincas interligadas, com a junção das trincas transversais e longitudinais, formando o que é chamada de “couro de jacaré”. Neste estágio ainda há resistência suficiente para suportar as tensões (TRINCHÊS, FONTES E JUNIOR, 2007). Nessa situação, é importante notar que quanto mais trincada a camada asfáltica estiver, maior será o efeito das cargas nas bordas das trincas. Isso ocorre porque as trincas criam pontos de concentração de tensões na superfície da camada asfáltica, o que pode levar à propagação das trincas e à deterioração da estrutura ao longo do tempo (FONTES, 2009).

2.2.2 Afundamento de trilha de roda

O afundamento é uma forma de deformação permanente que pode ocorrer em pavimentos, é caracterizado pela depressão da superfície do pavimento, podendo ou não ser acompanhado de ondulações, que é descrito de duas formas, afundamento plástico ou de consolidação (FONTES, 2009).

Conforme definição do documento DNIT – TER 005 (2003), o afundamento plástico é aquele ocasionado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, o qual é denominado afundamento plástico de trilha de roda. Já o afundamento por consolidação é aquele que é causado por densificação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento, podendo ou não ser acompanhado de solevamento. Os dois tipos de afundamento podem ser denominados como “local” ou “de trilha de roda”, ou seja, quando sua extensão é menor ou igual a 6 metros, recebe ao final do seu nome a denominação “local”, já quando sua extensão é maior que 6 metros é denominada “trilha de roda”. Na Figura 6 são apresentadas de forma esquemática a ocorrência de afundamento de trilha de roda e na Figura 7 são ilustrados os tipos de afundamentos.

Figura 6 - Esquema de afundamento de trilha de rodas



Fonte: Adaptado de DNIT (2006a).

Figura 7 - Tipos de afundamentos

Afundamento plástico



Afundamento por consolidação



Afundamento local



Afundamento de trilha de roda



Fonte: Adaptado de CNT (2017).

De acordo com Joliet & Mallot (2000 apud MOURA, 2010) a deformação permanente em trilha de roda ocorre quando a mistura asfáltica não é capaz de resistir às cargas aplicadas e sofre deformação plástica e viscosa simultaneamente. Tanto o ligante asfáltico quanto o agregado são importantes para a resistência da mistura: o ligante deve ter consistência e reologia adequadas para resistir a deformação viscosa e o agregado deve ter um arranjo granulométrico e fricção interna o suficiente para resistir e minimizar a deformação plástica.

Para Sousa et al. (1991 apud FONTES, 2009), deformação permanente que causa depressões ou trilha de roda no pavimento é preocupante por duas razões. Primeiro, em superfícies impermeáveis, pode ocorrer o acúmulo de água, o que pode ocasionar em hidroplanagem, especialmente em veículos leves. Segundo, à medida que a trilha de roda se torna mais profunda, ela dificulta a direção dos veículos, o que diminui a segurança.

2.3 Restauração de pavimentos asfálticos

O desempenho do pavimento pode ser avaliado sob três aspectos: funcional, estrutural e de segurança, que se relacionam com a detecção de defeitos superficiais, determinação da capacidade de carga e interação pneu-pavimento respectivamente. Além disso, a mensuração da condição superficial do pavimento é umas das técnicas mais úteis para quantificar a “saúde” do pavimento, identificar seções deficientes e definir prioridades de projetos de manutenção e restauração (BERNUCCI et. al, 2022).

Fontes (2009) defende que a realização de restauração de pavimentos é complexa e exige mais informações do que a concepção de pavimentos novos. Ela ainda reforça que é necessário avaliar adequadamente o pavimento existente e determinar as causas e a intensidade da sua degradação, para assim, encontrar a solução que seja mais eficiente e que atenda às exigências técnicas e econômicas. Ainda segundo Fontes (2009) avaliações inadequadas do pavimento podem resultar em obras de restauração que falham prematuramente e que para fazer uma avaliação

precisa e diagnosticar a situação existente, é necessário coletar dados para selecionar a melhor opção de restauração.

A avaliação funcional do pavimento se concentra nas características que afetam a qualidade do desempenho da superfície do pavimento, como a capacidade de suporte, a drenagem, a rugosidade e a aderência. Essa avaliação considera o comportamento do pavimento sob tráfego e condições ambientais, e tem como objetivo determinar a condição geral do pavimento e identificar as áreas que requerem manutenção ou reparar para garantir a segurança e o conforto dos usuários (BERNUCCI et. al, 2022).

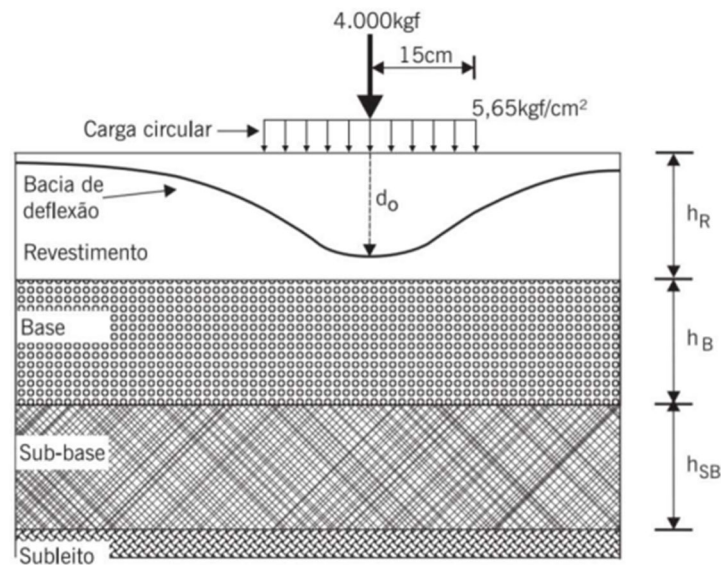
Na avaliação funcional de pavimentos, geralmente são realizados três tipos de avaliação: avaliação objetiva da superfície (IGG – Índice de Gravidade Global), avaliação objetiva expedita (LVC – Levantamento Visual Contínuo) e avaliação subjetiva (VSA – Valor de Serventia Atual). O IGG é um índice calculado com base em dados de campo que mede a gravidade geral da condição do pavimento. O LVC é uma avaliação visual feita a uma velocidade controlada para estimar a condição geral do pavimento. O VSA é uma avaliação subjetiva que considera a utilidade atual do pavimento em relação às necessidades dos usuários. Esses parâmetros são importantes para determinar as condições da superfície do pavimento e auxiliam na tomada de decisões. É ainda realizada a avaliação da irregularidade longitudinal do pavimento, retornando o Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI), que consiste na variação ou desníveis ao longo de um pavimento (DNIT, 2006a).

Já a avaliação estrutural em pavimentos, nada mais é que a caracterização dos elementos e variáveis estruturais para descrever como o pavimento se comporta sob cargas de tráfego e fenômenos ambientais, visando avaliar sua capacidade de suportar futuras demandas. Isso inclui identificar os materiais e espessuras em cada camada do pavimento, verificar a integridade dos materiais existentes através de medições de deformações. Além de detectar defeitos e patologias no pavimento, incluindo as camadas subjacentes, as avaliações estruturais visam aprimorar projetos por meio da coleta de amostras para ensaios que determinam propriedades como granulometria, resistência e módulo de elasticidade. Adicionalmente, essa avaliação facilita a subdivisão dos trechos rodoviários em segmentos homogêneos. O objetivo é

avaliar a capacidade estrutural do pavimento e determinar se ele precisa de reparo ou substituição (BALBO, 2007).

Quando um veículo passa sobre um pavimento, a carga é transmitida para as camadas subjacentes do pavimento, resultando em um deslocamento vertical ou curvatura, que tende a retornar ao plano original. Essa curvatura é medida pela deflexão, que é a distância vertical que a superfície do pavimento se desloca da sua posição original devido à carga aplicada. A partir das medidas aferidas, é possível criar uma representação gráfica, conforme ilustrado na Figura 8, a fim de ilustrar a variação das deflexões ao longo do comprimento de um pavimento flexível sob a ação de uma carga, que é denominada bacia de deflexão (BALBO, 2007).

Figura 8 - Ilustração de bacia de deflexão

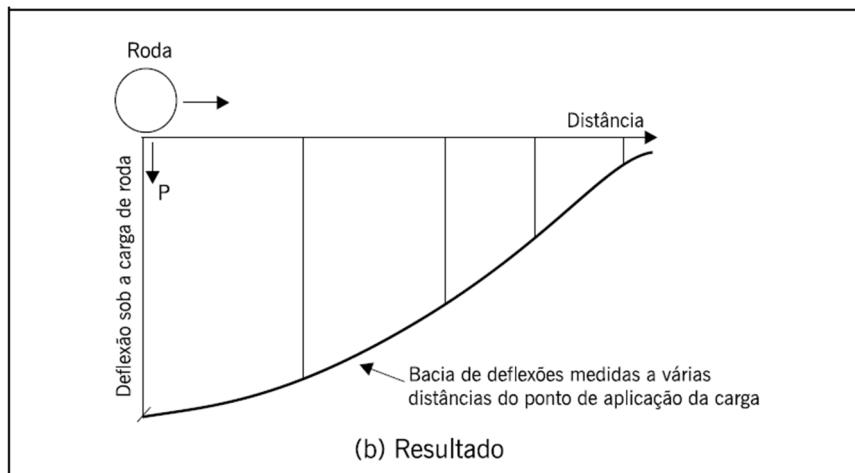


Fonte: Nobrega (2003).

Para esta avaliação, geralmente são equipamentos, sendo que um deles é conhecido como Viga Benkelman, no qual é normatizado através da normal DNER-ME 024/94 e tem como objetivo medir as deflexões no pavimento. A partir dos resultados é criado, então, o gráfico deflectométrico, que é uma representação visual dos resultados do teste de Viga Benkelman, como ilustrado na Figura 9, permitindo avaliar se a deflexão do pavimento está dentro dos limites aceitáveis. Segundo as diretrizes do DNER-PRO 011/79, a fim de evitar o aparecimento de trincas no

revestimento asfáltico durante o período de projeto, a deflexão do pavimento dever ser menor que a deflexão determinada pelo projeto, ou seja, menor que a deflexão admissível (DNIT, 2006a).

Figura 9 - Esquema de leituras com viga Benkelman para obtenção da bacia de deflexão



Fonte: Bernucci et al. (2022).

Segundo Fontes (2009) o processo de reabilitação de pavimentos asfálticos envolve a realização de reparos específicos, fortalecimento da estrutura ou adição de camadas para nivelar e restaurar a capacidade de suporte ou qualidade do pavimento. Com base na quantidade de tráfego previsto para o futuro e a resistência do pavimento existente, pode-se determinar as medidas necessárias para suportar novos aumentos de tráfego para o novo período de projeto.

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006a) define as formas de restauração do pavimento em: restauração, reforço, reconstrução e melhoramento. A restauração envolve a substituição ou reciclagem de uma ou mais camadas, enquanto o reforço é a inserção de uma ou mais camadas asfálticas. A reconstrução é a renovação completa ou parcial da estrutura do pavimento, com a substituição de materiais antigos por novos ou a reciclagem parcial. Já o melhoramento inclui serviços de duplicação, melhoria do traçado ou ampliação da terceira faixa, exigindo a construção de novos pavimentos.

Fontes (2009) ainda reforça que:

Mesmo quando um pavimento não apresenta falhas estruturais significativas, é usual a adoção de algum reforço com o objetivo de readequar um pavimento (mesmo em estado aceitável) para uma nova demanda de tráfego.

Quando se trata de restaurar pavimentos, é importante controlar ou retardar o surgimento de trincas por reflexão, a fim de prolongar a vida útil do novo revestimento. As trincas existentes na camada antiga podem comprometer a durabilidade do novo revestimento e até mesmo causar defeitos mais graves, em casos extremos, que podem exigir a reconstrução do pavimento (BASTOS, 2010).

Nos últimos anos busca-se soluções para aumentar a vida útil dos pavimentos através de técnicas que reduzem o aparecimento de trincas nas novas camadas de revestimento asfáltico. Algumas dessas técnicas incluem aumentar a espessura do revestimento, adicionar fibras ou ligantes modificados por polímero para otimizar a rigidez e resistência das misturas asfálticas, utilizar sistemas de alívio de tensões ou sistema composto de reforço (BONDT, 1999).

Existem várias técnicas disponíveis para lidar com o trincamento e deformações em pavimentos, as quais são baseadas em tentativas mais precisas de prever o comportamento das misturas asfálticas. No entanto, é importante ter cuidado ao aplicar essas técnicas em um projeto ou avaliação de pavimento. É necessário ter clareza sobre as condições de modelagem antes de escolher uma técnica específica, pois cada uma tem limitações e seus fundamentos podem não refletir a situação real da pista. Alguns desses fatores limitantes incluem a forma de aplicação de carga, temperatura alterações de parâmetros de deformabilidade ao longo do tempo, materiais utilizados, entre outros. É essencial considerar esses aspectos para garantir a escolha adequada para o projeto ou avaliação do pavimento (BALBO, 2011).

Uma técnica simples para restaurar pavimentos asfálticos é o recapeamento asfáltico convencional, que consiste em aumentar a espessura da camada de revestimento para limitar a reflexão de trincas, esta que reduz a velocidade de propagação e a severidade das trincas, aumentando a rigidez do revestimento e, conseqüentemente reduzindo as tensões. É recomendada a fresagem da camada antiga de revestimento para reduzir a severidade e a energia de propagação das trincas existentes. No entanto, essa técnica não visa impedir a ocorrência de reflexão de trincas, mas apenas retardar sua chegada à superfície do novo revestimento (BERNUCCI et. al, 2022).

De acordo com o documento DNIT 159/2011 – ES a fresagem a frio consiste na “operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camada(s) do pavimento asfáltico, por processo mecânico a frio”. Esse processo é feito pelo equipamento chamado fresadora, dos quais utilizam rolos especiais munidos de pontas cortantes pela presença de diamante (BERNUCCI et. al, 2022).

Existem diversas aplicações para técnica de fresagem, no entanto, neste trabalho será apresentada a técnica em áreas descontínuas, que consiste na execução de fresagem, geralmente nas faixas de rolamento mais utilizadas, com variações de comprimento e largura, que podem atingir a largura total da pista. (BONFIM, 2010)

Em síntese, o aumento da espessura do recapeamento asfáltico convencional pode não ser eficaz em pavimentos em que o revestimento antigo esteja severamente trincado e a estrutura do pavimento comprometida ou sob ação de tráfego pesado. De acordo com Bastos (2010) o aumento da espessura é mais eficaz para atrasar a propagação horizontal das trincas do que para atrasar a propagação para a superfície. Isso significa que há um alto potencial para as trincas existentes refletirem, e a nova camada de revestimento não é capaz de suportar a propagação das trincas por muitos ciclos de carga, tornando a restauração economicamente ineficaz, como afirmado por Haas e Joseph (1989 apud BASTOS, 2010).

Por este motivo, que novas técnicas de restauração estão surgindo e conquistando seu espaço atualmente. Uma das técnicas que tem sido utilizada para mitigar a perda precoce de propriedades funcionais e de serventia dos pavimentos asfálticos é o uso de geossintéticos como reforço intercalado entre o pavimento antigo e a nova camada asfáltica. Nejad, Asadi e Vadood (2016 apud CARMO, 2019) afirmam que essa técnica pode ajudar a melhorar as propriedades funcionais do pavimento. O reforço ocorre quando o geossintético utilizado tem um módulo de rigidez superior ao das camadas asfálticas do pavimento, como explicado por Bondt (1999).

Fortunato (2020) conduziu uma avaliação de viabilidade técnica para o uso de geogrelha como reforço estrutural na camada de revestimento, baseando-se nos resultados da restauração do pavimento asfáltico da Av. Mauro Ramos em Florianópolis/SC. Concluiu que, apesar da promissora solução da geogrelha na

restauração do pavimento, falhas construtivas, como o posicionamento inadequado e a temperatura incorreta na aplicação do asfalto, resultaram em patologias precoces nas faixas externas de rolagem. A execução acelerada da obra, devido a restrições da prefeitura, propiciou erros, como a sobreposição das camadas de geogrelha. A análise pós restauração indicou a necessidade de uma investigação mais aprofundada, sugerindo que a proposta da geogrelha teria sido mais eficaz em condições menos comprometidas.

2.4 Geossintéticos

O uso de geossintéticos em obras de pavimentação é uma das aplicações mais interessantes. Esses materiais podem desempenhar várias funções, incluindo a separação de materiais, drenagem, filtração, barreira e reforço. Quando utilizado como reforço na pavimentação, o geossintético pode aumentar significativamente a capacidade de carga do pavimento, reduzindo a necessidade de manutenção, diminuindo a espessura da camada asfáltica e prolongando a vida útil do pavimento (ANTUNES, 2008).

De acordo com Koerner (1994 apud ANTUNES, 2008), um geossintético é um produto plano feito de um material polimérico que é caracterizado por vários fatores, como o tipo de polímero utilizado na sua fabricação, o arranjo textural entre as fibras e/ou filamentos, a tecnologia utilizada na sua produção e suas aplicações em geotecnia. Em resumo, geossintéticos são materiais poliméricos planares usados para diversas aplicações geotécnicas, cujas propriedades são definidas pela sua composição, fabricação e uso.

A ABNT NBR ISO 10318-1 (2021) define geossintético como:

termo genérico que descreve um produto em que ao menos um de seus componentes é produzido a partir de um polímero sintético ou natural, sob forma de manta, tira ou estrutura tridimensional, utilizado em contato com o solo ou outros materiais, em aplicações da engenharia geotécnica e civil.

A utilização de geossintéticos em obras de construção civil tem evoluído muito ao longo do tempo, sendo utilizados como substitutos de materiais de construção tradicionais ou como elementos de reforço. O aumento da utilização de geossintéticos pode ser atribuído às principais vantagens que oferecem, como rapidez

na construção, flexibilidade, durabilidade e custo-benefício, como apontado por O'Kelly e Naughton (2008 apud FERREIRA, 2010).

2.4.1 Breve históricos da utilização de geossintéticos

Conforme o Vertematti (2015) a utilização de geossintéticos iniciou na década de 1950 com a utilização de tecidos de náilon na Holanda para proteção antierosiva em obras hidráulicas e com o desenvolvimento do Projeto Delta após o desastre natural ocorrido em 1953. Já na década de 1960, ocorreu a primeira aplicação de geotêxtil não-tecido em recapeamento asfáltico nos Estados Unidos e, no Japão houve a utilização de georredes em obras de reforço de aterros sobre solos moles, dando origem as geogrelhas. Na Europa, foram realizadas as primeiras aplicações de geotêxteis não-tecidos como elemento separador e de reforço entre materiais com características mecânicas e físicas diferentes, principalmente em obras viárias e controle de erosão.

A década de 1970 foi marcada por inúmeras aplicações de geotexteis em obras rodoviárias como: aterros sobre solos moles, muros em solo reforçado, filtros de drenos, entre outros. O período foi de grande importância, pois houve a criação de grupos técnicos para o desenvolvimento de normas. No Brasil, as primeiras aplicações de ocorreram em 1971, sendo a produção no país iniciada em 1973. O período de mais importância foi na década de 1980, no qual surgiram vários métodos de dimensionamento, houve a criação da IGS (Internacional Geosynthetic Society) e foram realizados eventos internacionais importantes (VERTEMATTI, 2015).

A utilização e o estudo dos geossintéticos tem crescido de forma geral, e o uso desses materiais no Brasil tem evoluído positivamente, com mais empresas e órgãos públicos adotando esses materiais em suas obras. Espera-se que essa tendência continue a crescer nos próximos anos, impulsionada pelas pesquisas contínuas, eficiência e benefícios oferecidos pelos geossintéticos.

2.4.2 Tipos e funções de geossintéticos

Diariamente, surgem novos tipos de geossintéticos, o que significa que muitos deles ainda não foram completamente definidos ou classificados. A Tabela 1,

no qual são apresentadas a classificação e as siglas dos principais geossintéticos existentes, de acordo com a ABNT NBR ISO 10318-1/2021.

Tabela 1 - Principais tipos de geossintéticos

SIGLA	CLASSIFICAÇÃO	DEFINIÇÃO
GSY	GEOSSINTÉTICO	Termo genérico que designa um produto do qual ao menos um de seus componentes é produzido a partir de um polímero sintético ou natural. Apresenta-se na forma de manta, tira ou estrutura tridimensional, sendo utilizado em contato com o solo ou outros materiais, em aplicações de engenharia geotécnica e civil.
GCE	GEOCÉLULA	Estrutura polimérica tridimensional, permeável, em forma de casa de abelha ou similar, produzida a partir de tiras de geossintéticos ligadas entre si.
GCO	GEOCOMPOSTO	Material industrializado formado pela superposição ou associação de materiais sendo que, pelo menos um deles, é um produto geossintético.
GSP	GEOESPAÇADOR	Estrutura tridimensional à base de polímero, concebida para criar um espaço de ar no solo e/ou outros materiais, em aplicações de engenharia geotécnica e civil.
GGR	GEOGRELHA	Estrutura polimérica planar constituída por uma malha aberta de elementos resistentes à tração, que podem ser unidos por extrusão, solda ou entrelaçamento, e cujas aberturas são maiores que os elementos constituintes.
GMA	GEOMANTA	Estrutura tridimensional permeável constituída de monofilamentos poliméricos e/ou outros elementos, sintéticos ou naturais, interligados por meio mecânico e/ou térmico, e/ou químico.
GNT	GEORREDE	Geossintético constituído por conjuntos de elementos paralelos superpostos e completamente conectados a outros elementos similares a vários ângulos.
GTX	GEOTÊXTIL	Material têxtil plano, permeável fabricado com polímero natural ou sintético, podendo ser tecido, não-tecido ou tricotado, utilizado em contato com o solo ou outros materiais em aplicações de engenharia geotécnica e civil.
GBR	BARREIRA GEOSSINTÉTICA	Material geossintético de baixa permeabilidade, utilizado em aplicações de engenharia geotécnica e civil, com a finalidade de prevenir ou limitar a percolação de fluidos através da estrutura. É, também, conhecido como geomembrana – GM.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 10318-1 (2021).

Vertematti (2015), aponta que entre as principais funções dos geossintéticos em projetos de engenharia estão:

- a) Reforço: melhorar o comportamento mecânico do solo ou outros materiais de construção, utilizando do seu comportamento tensão-deformação.

- b) Separação: separar diferentes camadas, evitando a mistura de materiais, o que é de extrema importância na área de estradas, pois camadas diferentes possuem materiais com diferentes propriedades.
- c) Drenagem: ajudar no controle de águas subterrâneas e na drenagem de solos saturados.
- d) Filtração: camada filtrante para impedir a migração de partículas finas de solo, garantindo que o fluxo de água seja mantido em uma direção específica.
- e) Proteção: proteger contra a erosão do solo, garantindo a estabilidade das estruturas construídas.
- f) Barreira: prevenir ou limitar a migração de fluidos.

Na

Tabela 2 é apresentada a relação das principais funções dos geossintéticos com os principais tipos de geossintéticos.

Tabela 2 - Principais funções de geossintéticos

GEOSSINTÉTICO	REFORÇO	SEPARAÇÃO	PROTEÇÃO	FILTRAÇÃO	DRENAGEM	EROSÃO	BARREIRA
GEOTÊXTIL	X	X	X	X	X	X	X
GEOGRELHA	X	X					
GEOMEMBRANA		X					X
GEORREDE			X		X		
GEOCOMPOSTOS							X
GEOCÉLULA	X		X			X	
GEOTUBO					X		
GEOFIBRA	X						

Fonte: Adaptado de Vertematti (2015).

Nas figuras Figura 10, Figura 11 e Figura 12 são apresentadas ilustrações dos tipos de geossintéticos e algumas de suas aplicações, respectivamente.

Figura 10 - Ilustração dos principais geossintéticos



Fonte: Engenharia360 (2022). Acesso em: 20, abril, 2023.

Figura 11 - Aplicação de geotêxtil, geotubo e geocélula



Fonte: Adaptado de: <https://www.diprotec.com.br/>. Acesso em: 20, abril, 2023.

Figura 12 - Aplicação de geocomposto e geogrelha

Fonte: Adaptado de Huesker (2023).

2.4.3 Composição, propriedades e aplicações dos geossintéticos

Vertematti (2015) destaca que os geossintéticos são compostos principalmente de polímeros sintéticos derivados do petróleo, juntamente com aditivos em menor quantidade. Esses aditivos são utilizados para melhorar o processo de fabricação ou para modificar as propriedades do polímero de acordo com as necessidades de engenharia. Embora a maioria dos geossintéticos seja produzida a partir de polímeros sintéticos, como poliéster, polipropileno e polietileno, algumas fibras naturais, como juta, sisal e coco, também são usadas na fabricação de geotêxteis e geomantas.

Os polímeros podem ser classificados em termoplásticos e termorrígidos de acordo com a sua reação ao calor. Os termoplásticos podem ser moldados várias vezes e mantêm sua forma após o resfriamento, enquanto os termorrígidos se degradam e carbonizam após atingir uma determinada temperatura (KOERNER, 2005 apud FONSECA, 2015). Os geossintéticos em sua maioria, são feitos de materiais termoplásticos (VERTEMATTI, 2015). Na Tabela 3 é apresentado o emprego dos principais polímeros em diferentes geossintéticos.

Tabela 3 - Principais polímeros utilizados na fabricação dos geossintéticos

POLÍMERO	SIGLA	APLICAÇÕES
POLIETILENO	PE	Geotêxteis, barreiras geossintéticas, geogrelhas, tubos drenos geossintéticos, georredes e geocompostos
POLIPROPILENO	PP	Geotêxteis, barreiras geossintéticas, geogrelhas e geocompostos
POLIÉSTER	PET	Geotêxteis e geogrelhas
POLIAMIDA	PA	Geotêxteis, geogrelhas e geocompostos
POLIVINIL ÁLCOOL	PVA	Geotêxteis, geogrelhas e geocompostos
POLIARAMIDA	PPTA	Geotêxteis, geogrelhas e geocompostos

Fonte: Adaptado de Vertematti (2015).

De acordo com Palmeira (2018 apud LACHOUSKI) para utilizar geossintéticos na pavimentação é necessário conhecer as propriedades relevantes do material, levando em consideração o tipo de aplicação e as condições a que serão submetidos. Para isso, são realizados ensaios padronizados para determinar as propriedades físicas, mecânicas e de durabilidade dos geossintéticos.

Algumas das principais vantagens dos geossintéticos utilizados para pavimentação, considerando suas propriedades, são: resistência a tração, flexibilidade, durabilidade, permeabilidade, resistência química, resistência a abrasão e facilidade de instalação.

Os geossintéticos, por sua vasta quantidade de produtos, podem ser aplicados em diversas situações na engenharia, dentre elas cita-se:

- a) Reforço de solos;
- b) Filtração;
- c) Contenções de obras hidráulicas;
- d) Drenagem;
- e) Separação de materiais;
- f) Proteção;
- g) Adensamento de solos compressíveis;
- h) Colunas encamisadas;

- i) Restauração de pavimentos;
- j) Controle de erosão superficial;
- k) Barreiras impermeabilizantes;
- l) Acondicionamento e dessecação de lodos e lamas.

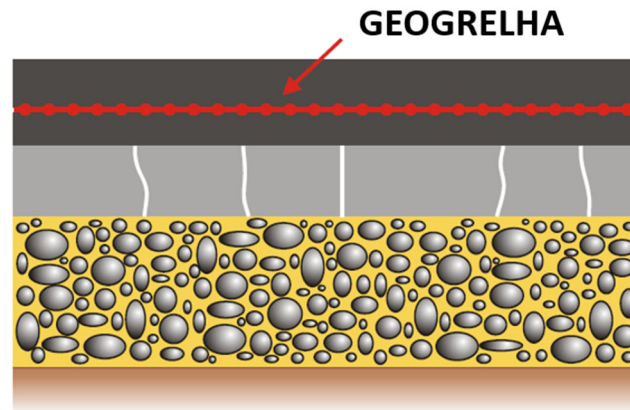
2.5 Geogrelha

As geogrelhas têm sido amplamente empregadas em projetos e estruturas geotécnicas em todo o mundo, como uma alternativa para controlar o desenvolvimento de trincas em camadas de recapeamento asfáltico aplicadas em pavimentos. No caso das geogrelhas utilizadas para reforço de pavimento asfáltico, seu principal objetivo é fortalecer as novas camadas asfálticas, melhorando o desempenho da camada. Desempenham um papel importante ao fornecer um componente elástico, que uma vez mobilizado, melhora a distribuição de tensões, com o intuito de mitigar a propagação de trincas (CARMO et al., 2001)

Existem três formas mais comuns de utilização de geogrelhas em pavimentos asfálticos: como camada intermediária em recapeamentos, como reforço da camada de base e como reforço de subleito (BASTOS, 2010). Como o foco deste trabalho é a utilização de geogrelhas em pavimentos como camada intermediária em recapeamento, será dada ênfase a essa utilização, trazendo os aspectos relevantes, como características, propriedades, estudos, aplicações e seu funcionamento.

A Figura 13 ilustra a aplicação da geogrelha em restauração de pavimentos asfálticos.

Figura 13 - Aplicação de geogrelha na restauração de pavimentos asfálticos



Fonte: Adaptado de HUESKER (2006).

Carmo, Ruiz e Montestruque (2014) reforçam que a finalidade principal das geogrelhas utilizadas para reforço de pavimento asfáltico, é reforçar as novas capas asfálticas, de maneira que aumente sua resistência à tração e conseqüentemente sua resposta às tensões de tração de longa duração, promovendo uma componente elástica que aperfeiçoe as distribuições de tensões para retardar a propagação de trincas. Os autores ainda ressaltam que, quando uma roda passa sobre uma trinca, ocorrem forças que podem causar tanto flexão quanto cisalhamento nas paredes da trinca. O efeito cisalhante acontece quando as paredes da trinca são deslocadas verticalmente pela roda, enquanto o efeito de flexão ocorre quando a roda está diretamente sob a trinca, fazendo com que duas paredes se abram. Esse fenômeno pode ser visualizado na Figura 14 abaixo.

Figura 14 - Solicitações cisalhantes e de flexão no revestimento asfáltico



Fonte: Adaptado de CARMO (2015).

As geogrelhas têm a capacidade de reduzir o afundamento de trilha de roda e limitar a reflexão de trincas em pavimentos asfálticos, mas isso depende de vários fatores, como o material das geogrelhas, sua geometria e rigidez, além da posição na estrutura do pavimento (FERROTTI et al., 2012 apud CARMO, 2019). Embora vários estudos tenham sido realizados para investigar esses parâmetros, ainda há muito a ser explorado nessa área de pesquisa.

Para Walubita, Faruk, Zhang e Hu (2015 apud CARMO, 2019), o método mais eficaz para proteger novas camadas asfálticas contra reflexão de trincas é a sobreposição de camadas asfálticas intercalada com geogrelha. Existem diversos produtos e sistemas disponíveis no mercado para reforço de revestimento, feitos de diferentes matérias-primas, como poliéster, fibra de vidro, fibra de carbono, polipropileno e poliálcool vinílico (CARMO, 2019).

Embora todas essas matérias-primas tenham efeito positivo na prevenção da propagação de trincas, há diferenças no comportamento e eficácia de cada uma delas. Vários estudos mostram que o poliéster como matéria-prima apresenta melhores resultados na prevenção de trincas reflexivas, como relatado por Elsing e Leite-Gembus (2019).

Contudo, para o funcionamento correto da geogrelha, é necessário conhecimentos específicos sobre o pavimento, local de aplicação e características do material subjacente, bem como das propriedades das próprias geogrelhas (ARMITAGE et al, 1989 apud BASTOS, 2010). É importante destacar que diferentes tipos de geogrelhas requerem métodos de instalação específicos, e o tipo de estrutura na qual a geogrelha será instalada é um fato importante na determinação do posicionamento correto para que possa cumprir sua função de reforço, além da aderência e esticamento (BÜHLER, 2007).

Um dos principais fatores que influenciam o funcionamento das geogrelhas como reforço de pavimentos é sua aderência entre a camada asfáltica existente e a nova camada asfáltica. Para que esta aderência seja obtida de maneira correta, há de se observar a compatibilidade entre a geogrelha e o revestimento asfáltico (VILCHEZ, 2002).

Outro fator importante é referente à instalação, instalações mal executadas podem comprometer o bom funcionamento do material (BASTOS, 2010). Geralmente,

cada geogrelha, vem com um manual de instalação, que deve ser seguido pelo instalador, porém, alguns procedimentos são comuns à maioria das geogrelhas, como:

- limpeza da superfície;
- aplicação de taxas de emulsão asfáltica para promover a aderência;
- uso de sobreposições mínimas para emendas;
- evitar exposição ao tráfego até a execução do revestimento ou restauração;
- instalar geogrelhas esticadas sem apresentar dobras e fixá-las antes do lançamento da mistura asfáltica;

Ainda, algumas geogrelhas apresentam uma camada de geossintético não tecido, que elimina a necessidade de fixação do reforço à camada asfáltica existente e melhora a aderência entre as camadas asfálticas (BASTOS, 2010).

3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

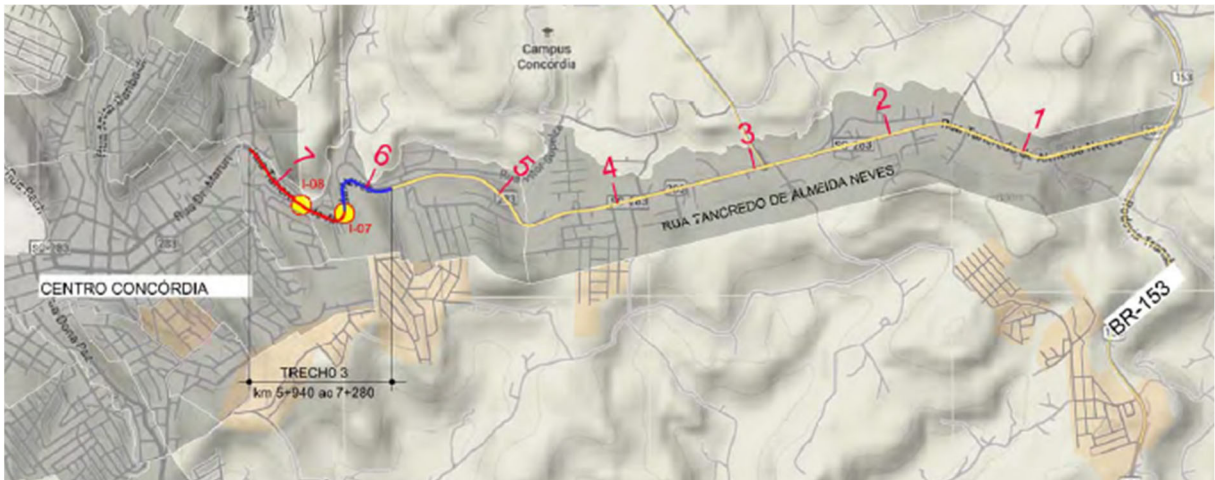
Neste capítulo, será apresentada a obra objeto de estudo deste trabalho, além de estudos realizados e projetos elaborados. Ressalta-se que foram disponibilizados diversos documentos para este estudo, dos quais serão utilizados:

- a) Estudo de Tráfego
- b) Estudo Topográfico
- c) Estudo Geotécnico
- d) Projeto Geométrico
- e) Projeto de Terraplenagem
- f) Projeto de Pavimentação/Restauração
- g) Orçamento
- h) Memória de Cálculo dos Quantitativos
- i) Anotação de Responsabilidade Técnica
- j) Proposta de Revisão do Projeto de Restauração com emprego de Geogrelha Anti-reflexão

3.1 Apresentação da rodovia

A rodovia em análise está situada na cidade de Concórdia, Santa Catarina. Mais especificamente, encontra-se entre os bairros Centro e Parque de exposições. A estrada em foco é denominada Rua Tancredo de Almeida Neves, que se estende por 8,56 km, começando no cruzamento com a Rua João Suzin e terminando no ponto onde se encontra com a BR-153. Na Figura 15 é apresentado o mapa com a localização da referida obra na cidade. Ressalta-se, porém, que a obra objeto de estudo deste trabalho foi realizada no Trecho 3 da via, compreendida entre o quilômetro 5+940 e 7+280. Outro aspecto fundamental é que o projeto inicial de restauração da via inicialmente envolvia a aplicação de um tratamento superficial duplo. Contudo, durante a execução da obra, foram realizadas modificações visando à redução de custos, culminando na apresentação de uma nova proposta de restauração que incluiu o uso de geogrelha anti-reflexão.

Figura 15 - Mapa de localização da obra na cidade



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Com o objetivo de apresentar de forma mais detalhada o trecho da Rua Tancredo de Almeida Neves onde foi realizada a referida obra, realizou-se a adaptação dos mapas das Figura 16 e Figura 17, onde destacou-se o trecho na cor amarela.

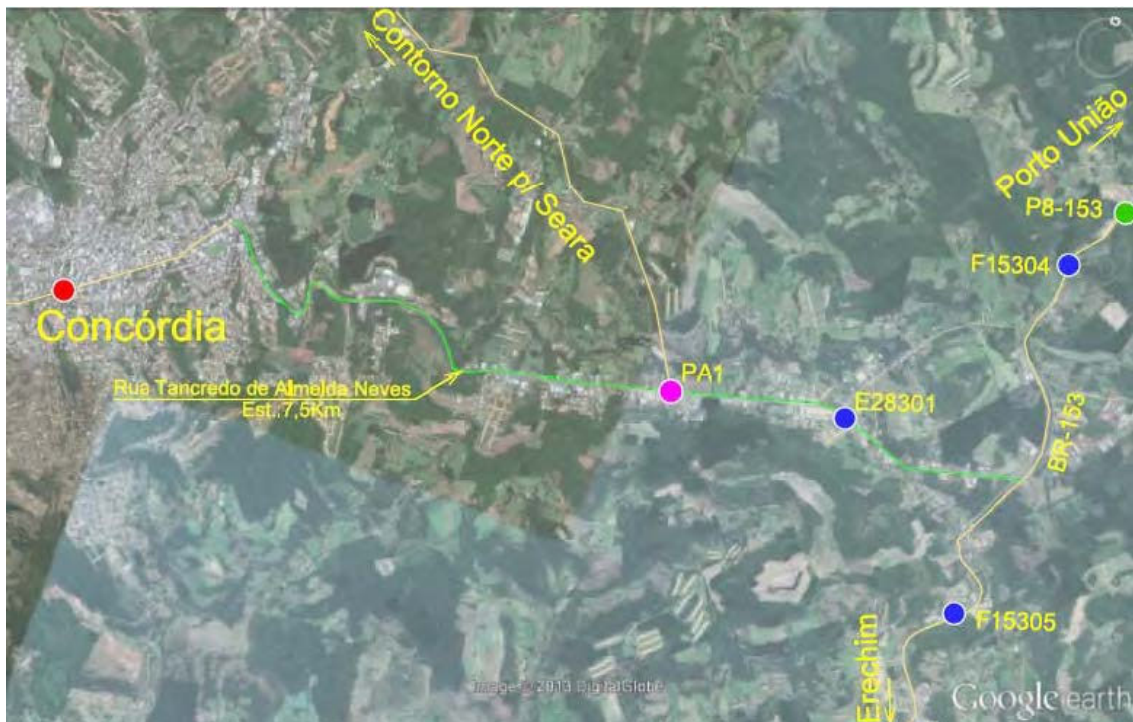
Figura 16 - Mapa de localização do trecho da obra



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023).

junto ao DNIT, foram obtidos os dados da contagem contínua P8-153 realizada no cruzamento da BR-153 com a BR-282 (km 59) no ano de 1998. A Figura 18 destaca a localização dos postos de contagens coletadas junto ao DEINFRA e DNIT.

Figura 18 - Localização dos postos de contagem existentes



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Para o levantamento dos dados de tráfego atuais a empresa responsável pelo estudo, utilizou as contagens volumétricas registradas pelas lombadas eletrônicas PC01, PC02 e PC03 localizadas conforme a Figura 19, nas quais foram contabilizadas de hora em hora no mês de setembro de 2013.

Figura 19 - Localização dos postos de contagens das lombadas eletrônicas



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Após o processamento dos dados, para o cálculo de tráfego atual, foram calculados fatores de correção para converter os valores registrados no mês de setembro de 2013 para um tráfego de 24 horas. Além disso, foi aplicado um fator de correção para levar em conta a expansão anual, este que utilizou os dados do ponto de contagem P8, realizado em 1998 pelo DNIT, pois foi o posto que efetivamente foi contabilizado ao longo do ano. Assim, foi aplicado o fator de expansão e chegou-se o VMDA dos postos de contagem PC1, PC2, PC3 e PC3* para o ano de 2013, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - VMDA contabilizados nos postos de Contagens 01, 02 e 03, para o ano de 2013

Posto de Contagem	VMDA
PC1	15.681
PC2	8.513
PC3	11.039
PC3*	9.162

* Considerando a execução do prolongamento do Contorno de Concórdia

Fonte: Empresa responsável pelo estudo, disponibilizado pela Prefeitura de Concórdia (2014).

A fim de categorizar os volumes de tráfego registrados nos pontos de contagem PC1, PC2 e PC3, foram aplicadas as proporções de veículos por categoria observadas no ponto de contagem PA1. Os volumes médios diários anuais dos pontos de contagem classificados, resultaram nos valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - VMDA contabilizados no PC01, PC2 e PC3 e classificados conforme o posto PA1 para o ano de 2013.

Posto de Contagem	Veículos de Passeio	Ônibus	Caminhão Leve	Caminhão Médio	Caminhão Pessado	Semi-Reboque	Reboque	+ 6 Eixos	Total
	84,22%	2,40%	5,06%	3,31%	0,67%	3,55%	0,10%	0,70%	
PC1	13.206	376	793	518	106	557	15	110	15.681
PC2	7.171	204	430	281	57	302	8	60	8.513
	80,19%	2,37%	6,14%	4,64%	0,96%	4,85%	0,09%	0,76%	
PC3	8.852	262	678	512	106	536	10	83	11.039
PC3*	7.347	217	563	425	88	445	9	69	9.162

* Considerando a execução do prolongamento do Contorno de Concórdia

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Para os cálculos de tráfego futuro adotou-se os elementos:

- a) Ano de 2013: Determinação dos volumes de tráfego;
- b) Ano de 2016: Conclusão das obras de restauração e melhoramentos e abertura ao tráfego;
- c) Ano de 2025: Fim da vida útil do revestimento do pavimento;
- d) Ano de 2035: Fim da vida útil do projeto;
- e) Taxa de crescimento

Na Tabela 6 a seguir estão apresentados os VMDA's calculados para os anos de 2016, 2025 e 2035.

Tabela 6 - Volume médio diário anual para os anos de 2016/2025/2035

Postos de contagem	Ano	Veículos de Passeio	Ônibus	Caminhão Leve	Caminhão Médio	Caminhão Pesado	Semi-Reboque	Reboque	+ 6 Eixos	Total
PC1	2016	14.276	406	901	589	120	633	17	125	17.067
	2025	16.323	477	1.327	868	179	941	25	186	20.326
	2035	18.944	570	2.042	1.334	277	1.461	39	289	24.956
PC2	2016	7.752	214	489	319	65	344	9	68	9.260
	2025	8.863	251	720	471	96	511	14	101	11.027
	2035	10.286	300	1.107	724	150	793	22	157	13.539
PC3	2016	9.569	275	770	582	120	609	11	94	12.030
	2025	10.942	323	1.135	857	179	905	17	140	14.498
	2035	12.698	386	1.746	1.318	277	1.406	27	217	18.075
PC3*	2016	7.942	228	639	482	100	506	10	78	9.985
	2025	9.081	268	941	711	149	752	16	116	12.034
	2035	10.539	320	1.448	1.093	232	1.167	24	181	15.004

Fonte: Autora (2023).

Ressalta-se que, após os cálculos realizados e apresentados ao longo do estudo, foi observado que existiam diferenças significativas no Volume Médio Diário Anual (VMDA) no trecho entre a BR-153 e o centro de Concórdia, variando de 9.260 a 17.067 veículos no ano de 2016.

Para a avaliação da capacidade e dos níveis de serviço da rodovia, foi adotado o método indicado pelo DNIT (2006c), este que apresenta o roteiro de cálculos e fatores a serem aplicados para cada situação. Para o trecho em estudo, os resultados obtidos, através da aplicação desse método, foram os apresentados na Tabela 7, nota-se que nos postos de contagem PC1 e PC3* o volume de tráfego será superior ao suportado pela rodovia com a configuração atual, fazendo com que o tráfego seja instável. Diante disso, foram apresentadas alternativas de melhorias para tornar o tráfego estável a longo prazo.

Tabela 7 - Resumo da determinação do nível de serviço

Posto de contagem	ANO	VMDA	Vp (ucp/h)	VMV (km/h)	PTGS (%)	Nível de Serviço
PC1	2016	17.067	1.577	72,3	80,0	D
	2025	20.326	1.878	68,7	84,3	D
	2035	24.956	2.306	63,3	88,9	E
PC2	2016	9.260	856	80,3	61,1	C
	2025	11.027	1.019	78,7	65,2	C
	2035	13.539	1.251	76,3	70,3	D
PC3	2016	12.030	1.111	76,8	70,6	D
	2025	14.498	1.339	74,5	75,2	D
	2035	18.075	1.670	71,0	80,6	D
PC3*	2016	9.985	923	79,2	63,8	C
	2025	12.034	1.112	77,3	68,4	C
	2035	15.004	1.386	74,6	74,0	D

Fonte: Autora (2023).

Com o intuito de obter o valor $N_{8,2t}$, que corresponde ao número de repetições equivalentes do eixo padrão de 8,2 toneladas, o estudo teve como objetivo compreender as cargas por eixo aplicadas pelos veículos de carga na estrutura, com finalidades estatísticas, de fiscalização, controle, avaliação e dimensionamento do pavimento. Para isso, foi empregada a equação (1) mencionada na Instrução de Serviço IS-02 do DEINFRA/SC. As determinações foram realizadas utilizando o método USACE e o método AASHTO, sendo que ambos os métodos adotaram os fatores de equivalência fornecidos pelo DEINFRA/SC.

$$N_{8,2t} = \frac{365 \cdot F_r \cdot \sum(v_i \cdot F_{vi})}{F_p} \quad (1)$$

Onde,

F_r = Fator climático regional;

F_p = Fator de pista, equivale a % de veículos de carga na faixa de projeto;

V_i = Número de veículos da categoria "i"; e,

F_{vi} = Fator de equivalência de veículos da categoria "i".

Definido o período de projeto de 10 anos de projeto, a Tabela 8 apresenta os valores obtidos do número N8,2t para cada segmento homogêneo no décimo ano após a abertura do pavimento, utilizando do método USACE.

Tabela 8 - Número N8,2t para cada segmento homogêneo.

SH	Km (Inicial)	Km (Final)	Extensão (m)	Número "N" (USACE)
3	0 + 000	3 + 000	3.000	4,51E+07
2	3 + 000	6 + 300	6.500	2,45E+07
1	6 + 300	PF	1.354	4,06E+07

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Quanto à classificação, a rodovia foi considerada como Classe II, devido às seguintes características:

- a) Os motoristas não esperam trafegar em altas velocidades;
- b) A via é utilizada como rota de acesso a rodovias Classe I ou como rodovia turística e recreacional, não sendo uma via arterial principal.
- c) A rodovia atravessa uma região com terreno acidentado.
- d) Geralmente, atende a viagens curtas, como o início e o fim de viagens longas, ou viagens em que a apreciação da paisagem desempenha um papel significativo.

3.2.2 Estudo topográfico

Para o estudo topográfico foi realizada uma pesquisa junto à Prefeitura Municipal de Concórdia para obter os dados topográficos disponíveis. Foi disponibilizada uma ortofotocarta obtida por meio de imagem aérea, datada de setembro de 2010, que era relativamente recente e continha curvas de nível com intervalos de um metro, abrangendo toda a área do projeto. Também foi realizada consulta às concessionárias de infraestrutura que poderiam ser afetadas pelo projeto, a Casan e a Celesc forneceram as informações referentes às suas respectivas redes. Além disso, trabalhos em campo foram realizados e os dados tratados.

Com base em todo o estudo realizado, foi criado o Modelo Digital do Terreno (MDT), que consiste na representação tridimensional do terreno em um ambiente digital, abrangendo a área delimitada pelos levantamentos, sendo possível assim realizar o “Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral”. Na Figura 20, para fins de ilustração é possível visualizar esse levantamento, que pode ser encontrado na íntegra no anexo A deste trabalho.

Figura 20 - Ilustração do levantamento topográfico planialtimétrico cadastral



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

3.2.3 Estudo geotécnico

Conforme a Prefeitura de Concórdia (2014) o objetivo do estudo geotécnico realizado, foi caracterizar o comportamento dos materiais que compõem o pavimento existente, bem como analisar as propriedades dos materiais que serão utilizados nas obras de restauração. Isso foi feito por meio de sondagens e ensaios, permitindo uma compreensão mais aprofundada do desempenho desses materiais. Foram realizadas aberturas de poços a pá e picareta para medição das espessuras das camadas, posicionados no bordo da pista, invadindo 10 cm da plataforma de rolamento,

chegando a profundidades de 1,3m à 1,8m e ensaios de caracterização (limite de liquidez, plasticidade e granulometria), de resistência (compactação, ISC) e expansão.

A fim de realizar a análise estatística dos resultados dos ensaios, foi empregado o plano de amostragem recomendado pelo DNIT (2006b). Durante o estudo, foram coletadas 12 amostras, que apresentaram um valor médio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) de 9,06%. Com base nessas informações foi determinado o valor do ISC de projeto de 7,3% por meio da equação (2), no qual adotou-se 7%. Os resultados obtidos na íntegra estão apresentados no anexo B deste trabalho.

$$ISC_{Proj.} = ISC_{Médio} \pm \frac{1,29\sigma}{\sqrt{N}} \pm 0,68\sigma \quad (2)$$

Onde,

$ISC_{Projeto}$ = Valores máximos e mínimos do parâmetro estudado a uma determinada probabilidade;

$ISC_{Médio}$ = Média aritmética dos valores amostrais;

N = Número de amostras; e,

σ = Desvio padrão.

É importante destacar que, por meio dos ensaios realizados, foi constatado que o solo predominante no sub-leito da região é o silte arenoso marrom com presença de pedregulhos. Já em relação às camadas do pavimento, verificou-se que os materiais predominantes na sub-base e base são rachão e brita graduada, respectivamente.

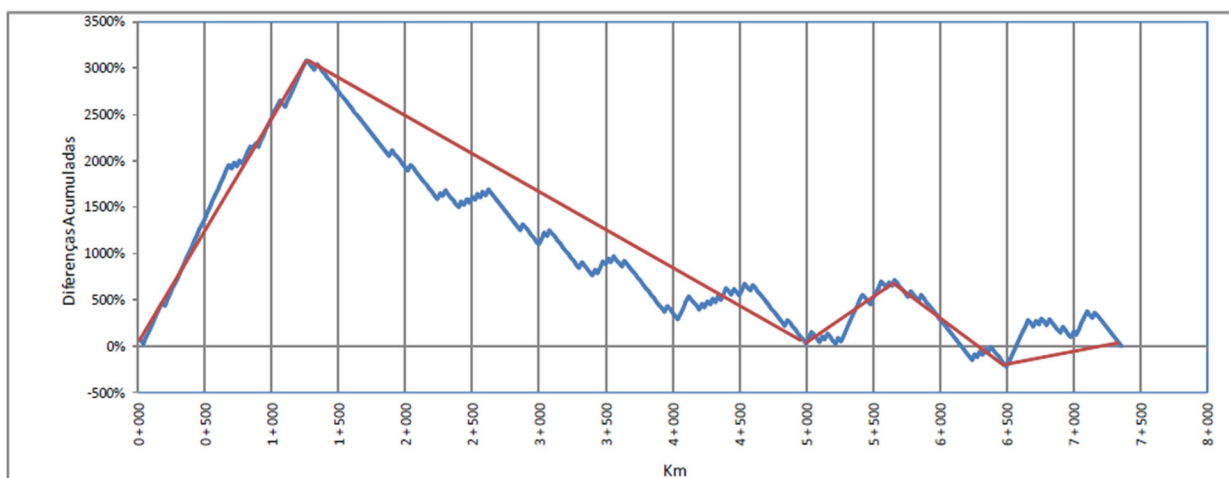
Além dos estudos mencionados anteriormente, foram conduzidos estudos hidrológicos e ambientais detalhados. Esses estudos tinham como objetivo analisar e compreender as características hidrológicas da região, como o regime de chuvas, escoamento de água e possíveis impactos ambientais. Isso permitiu uma avaliação abrangente dos aspectos relacionados à hidrologia e ao meio ambiente, fornecendo informações essenciais para o planejamento e a tomada de decisões relacionadas ao projeto em questão.

3.3 Projeto de pavimentação/restauração

O projeto de pavimentação fez parte do projeto de engenharia rodoviária destinado à revitalização da Rua Tancredo de Almeida Neves, no município de Concórdia, Santa Catarina. O objetivo principal do projeto de pavimentação foi determinar a metodologia mais apropriada para o dimensionamento da estrutura necessária na restauração da via, levando em consideração os aspectos técnicos e econômicos. Ressalta-se que os levantamentos e avaliações realizadas contemplaram toda a rodovia, porém a obra objeto de estudo desta pesquisa ocorreu no trecho 3 da rodovia, propriamente dito entre o quilômetro 5+940 e 7+280. Nesta etapa do projeto foram realizadas as seguintes análises e investigações:

- a) Avaliação do estado da superfície do pavimento;
- b) Definição do período de projeto;
- c) Estimativa da carga de tráfego futura;
- d) Realização de sondagens para avaliação da estrutura do pavimento;
- e) Seleção das metodologias de dimensionamento para restauração;
- f) Identificação do processo construtivo mais apropriado.

Inicialmente para a avaliação do estado da superfície do pavimento, a empresa responsável pelo projeto realizou o levantamento da condição de superfície do pavimento existente através do procedimento DNIT 006/2003-PRO, a fim de buscar a identificação dos defeitos existentes e a divisão do trecho em segmentos homogêneos. A partir deste levantamento, elaborou-se o gráfico das diferenças acumuladas baseado na porcentagem de trincamento, conforme Figura 21 abaixo e a Tabela 9 com os referidos valores.

Figura 21 - Segmentos homogêneos baseados na porcentagem de trincamento

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Tabela 9 - Segmentos homogêneos determinados a partir dos dados das porcentagens de trincamentos

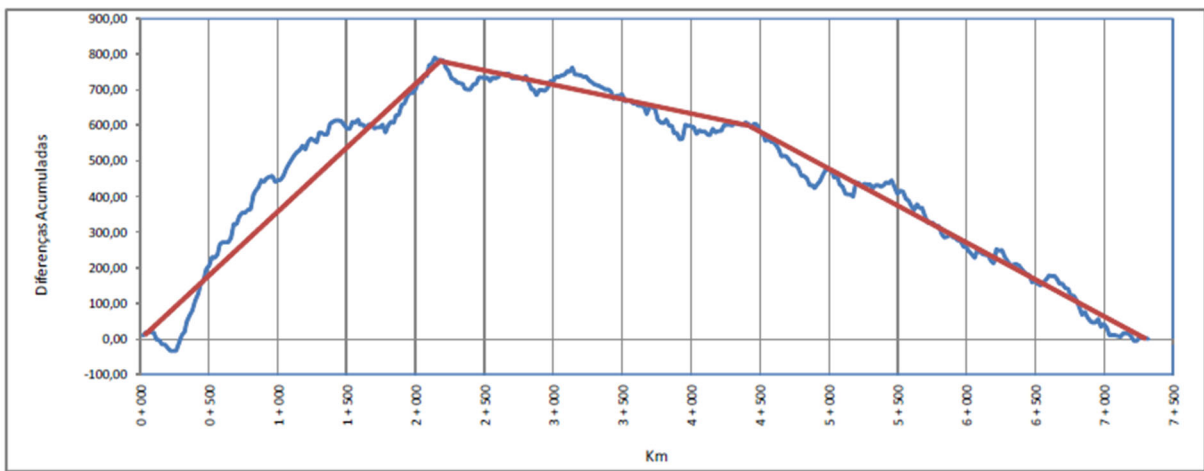
Segmentos Homogêneos (Trincamento)			
SH	Km (Inicial)	Km (Final)	Extensão (m)
1	0 + 000	1 + 250	1.250
2	1 + 250	5 + 000	3.750
3	5 + 000	5 + 750	750
4	5 + 750	6 + 500	750
5	6 + 500	7 + 280	780

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

O gráfico da Figura 21 revela diferenças acumuladas na porcentagem de trincamento ao longo da extensão da via. Destaca-se um crescimento progressivo notável nas porcentagens de trincamento do quilômetro 0 ao 1,2, indicando um aumento significativo nas trincas, assim como do quilômetro 5 ao 5,7, embora menos pronunciado. Entre o quilômetro 1,2 ao 5 e 5,7 ao 6,5, ocorre uma redução, sendo mais acentuada no primeiro intervalo e menos expressiva no segundo. Por fim, do quilômetro 6,5 ao 7,5, observa-se um leve crescimento nas porcentagens de trincamento nesse trecho final, sugerindo um aumento suave na ocorrência dessas trincas.

Já as medidas de deflexões recuperáveis foram executadas usando o equipamento Viga Benkelman, seguindo o método do DNIT 024/94 - ME. As medições foram realizadas com intervalos de 20 metros, alternando entre faixas. Isso resultou na elaboração do gráfico das diferenças acumuladas, baseadas na deflexão, conforme Figura 22 e Tabela 10 com os valores correspondentes.

Figura 22 - Segmentos homogêneos baseados na deflexão



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Tabela 10 - Segmentos homogêneos determinados a partir dos dados das deflexões

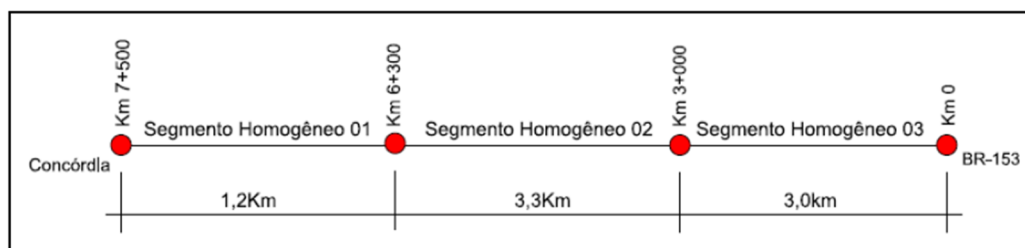
Segmentos Homogêneos (Deflexão)			
SH	Km (Inicial)	Km (Final)	Extensão (m)
1	0 + 000	2 + 200	2.200
2	2 + 200	4 + 500	6.500
3	4 + 500	7 + 280	1.354

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Já o gráfico da Figura 22 revela diferenças acumuladas das deflexões aferidas no ensaio da Viga Benkelman. Destaca-se um crescimento progressivo notável no gráfico, do quilômetro 0,0 ao 2,2, indicando um aumento acumulado significativo nas deflexões. Entre o quilômetro 2,2 ao 7,4, ocorre uma redução, sendo menos acentuada no primeiro intervalo e mais expressiva no segundo.

O período de projeto foi estabelecido como 10 anos após a abertura do tráfego, ou seja, em 2025. Conforme já mencionado, o cálculo da carga de tráfego, referente ao número de solicitações equivalentes do eixo padrão de 8,2 toneladas atuante no 10º ano após a abertura do pavimento, foi exposto no 3.2.1 deste trabalho. Os resultados obtidos propunham a divisão do trecho em segmentos homogêneos conforme Figura 23 e Tabela 11 abaixo:

Figura 23 - Diagrama linear com a posição dos segmentos homogêneos definidos a partir do VMDA



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Tabela 11 - Segmentos Homogêneos determinados a partir do número "N"

Segmentos Homogêneos (Tráfego)				
SH	Km (Inicial)	Km (Final)	Extensão (m)	Número "N" (USACE)
3	0 + 000	3 + 000	3.000	4,51E+07
2	3 + 000	6 + 300	3.300	2,45E+07
1	6 + 300	7 + 280	980	4,06E+07

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Essas informações foram combinadas com as observações feitas em campo para definir os segmentos homogêneos que foram considerados projeto de pavimentação/restauração. Diante disso, foram definidos os segmentos homogêneos, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Segmentos Homogêneos definidos para o projeto

Segmentos Homogêneos			
SH	Km (Inicial)	Km (Final)	Extensão (m)
1	0 + 000	1 + 250	1.250
2	1 + 250	3 + 000	1.750
3	3 + 000	5 + 000	2.000
4	5 + 000	5 + 750	750
5	5 + 750	6 + 300	550
6	6 + 300	7 + 280	980

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Com os segmentos definidos, foram realizados os cálculos de deflexão característica de cada segmento através da equação (3), para essa determinação foi utilizada a Tabela 13, com o intuito de definir o intervalo de aceitação dos valores individuais de deflexão.

$$D_{car} = D_{méd} + \sigma \quad (3)$$

Onde,

D_{car} = Deflexão característica;

$D_{méd}$ = Deflexão média; e,

σ = Desvio padrão.

Tabela 13 - Critério para definição do intervalo de aceitação dos valores individuais de deflexão

Elementos por amostra	Z
3	1
4	1,5
5	2
19	2,5
> 20	3

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Concluindo o processo, foi gerada a Tabela 14 contendo as principais informações estruturais e funcionais do pavimento para cada segmento homogêneo.

Nessa tabela, estão consolidados os dados relevantes que descrevem as características específicas de cada trecho do pavimento.

Tabela 14 - Principais informações do pavimento existente por segmento homogêneo

Seg. Hom.	Km _{Inicial}	Km _{Final}	Ext. (m)	D _o					Área Trincada	Afundamento da Trilha de Roda (mm)	Índice de Gravidade Global - IGG	Conceito
				Nº Estações	Média (x10 ² mm)	Desvio Padrão (x10 ² mm)	D _{car.} (x10 ² mm)	Raio (m)				
1	0 + 000	1 + 250	1.250	62	49,3	12,5	61,8	145,0	86%	9,8	193	PÉSSIMO
2	1 + 250	3 + 000	1.750	87	42,1	11,4	53,5	194,0	14%	5,9	73	REGULAR
3	3 + 000	5 + 000	2.000	101	37,8	10,4	48,2	232,0	26%	4,2	53	REGULAR
4	5 + 000	5 + 750	750	37	36,2	12,8	49,1	233,0	51%	2,6	105	RUIM
5	5 + 750	6 + 300	550	38	36,0	11,0	47,0	227,0	16%	2,6	40	BOM
6	6 + 300	7 + 280	980	41	40,3	9,3	49,6	241,0	42%	2,7	95	RUIM

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Após os dados coletados, ainda se fez pesquisas das causas que determinaram o estado da atual superfície e do pavimento, bem como a identificação do tipo, a espessura e as propriedades do pavimento a ser restaurado. Após visita a campo foram identificados locais para realização de sondagens adicionais, com o intuito de caracterizar o subleito das regiões onde serão implantados o pavimento sobre o terreno natural e que ainda não tinham sido caracterizadas pelas sondagens realizadas no bordo do pavimento existente. Os estudos realizados foram detalhados no item 3.2.3 desta pesquisa.

Os cálculos para determinar a espessura do reforço foram realizados utilizando os métodos DNER-PRO 11/79 e DNER-PRO 269/94. Com base nos cálculos de dimensionamento e nas características funcionais e estruturais do pavimento, foi proposta a seguinte solução:

- a) Fresagem do revestimento existente;
- b) Aplicação de tratamento superficial duplo;
- c) Construção de uma camada de reforço, dimensionada de acordo com o método PRO 269/94 (DNIT, 1994), utilizando Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ).

Tabela 15 - Solução de restauração do pavimento

Seg. Hom.	Km _{Inicial}	Km _{Final}	Ext. (m)	Solução Adotada
				Pista
1	0 + 000	1 + 250	1.250	FD5 (90%)+ TSD + H8
2	1 + 250	3 + 000	1.750	FD5 (20%)+ TSD + H4
3	3 + 000	5 + 000	2.000	FD5 (30%)+ TSD + H3
4	5 + 000	5 + 750	750	FD5 (55%)+ TSD + H3
5	5 + 750	6 + 300	550	FD5 (20%)+ TSD + H8
6	6 + 300	7 + 280	980	FD5 (45%)+ TSD + H8
7*	0 + 000	1 + 060	1.060	FD5 (20%)+ H2,5
* Rua Vítor Sopesla				

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Onde,

TSD = Tratamento Superficial Duplo;

Hx = Camada de reforço CAUQ c/ espessura x.

FD5 = Fresagem descontínua (esp.:5cm) em x% da área + Recomposição com CAUQ convencional (esp.: 5cm);

O método DNER-PRO 269/94 utilizado, resulta de testes em pistas e simplificações nas propriedades dos materiais. As equações usadas consideram o estado de tensão dos materiais e a resposta à fadiga das misturas asfálticas sob deflexões repetidas. Inicialmente é realizada a classificação da resiliência dos solos de fundações, baseada na porcentagem de silte em relação à fração total que passa pela peneira #200 e no CBR do material. Essa classificação resulta nos tipos I (baixa resiliência, baixa deformabilidade), II (resiliência intermediária) e III (alta resiliência), segundo Pinto e Preussler (2001) e o DNER (1994), conforme Tabela 16 abaixo (BALBO, 2007).

Tabela 16 - Categorização dos solos por tipos resilientes

Classificação dos solos			
ISC (%)	Teor de Silte (%)		
	≤ 35	35 a 65	> 65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Outro parâmetro importante é a espessura efetiva, que representa a espessura equivalente do revestimento existente e é calculado a partir do tipo de subleito e da deflexão característica, segundo a equação (4). Porém, o critério de adoção para os valores de I1 e I2 (parâmetros indicativos de resiliência) é definido em diferentes casos:

- a) Caso 1: Se a espessura da camada granular for menor ou igual a 45 cm e a 3ª camada (solo) for Tipo I, I1 e I2 são ambos iguais a 0. Se a camada for Tipo II, I1 é 1 e I2 é 0. Se a camada for Tipo III, I1 é 0 e I2 é 1.
- b) Caso 2: Quando a espessura da camada granular for superior a 45 cm, I1 é 0 e I2 é 1.
- c) Caso 3: Se a "hef" (altura efetiva) for menor que 0, é adotado o valor 0. Se "hef" for maior do que a espessura existente, "hef" é igual a "hexistente".
- d) Caso 4: Quando o grau de trincamento do revestimento for superior a 50% ou o somatório de trincas (FC2+FC3) for superior a 80%, com FC3 sendo superior a 30%, o valor mais conservador de "hef" deve ser adotado para evitar o fenômeno de reflexão de trincas.

$$h_{ef} = -5,737 + \frac{807,961}{D_c} + 0,972 \times I_1 + 4,101 \times I_2 \quad (4)$$

Onde,

h_{ef} = Espessura efetiva (cm);

D_c = Deflexão característica;

I_1 e I_2 = Parâmetros relacionados à resiliência.

Por fim, verifica-se o critério de fadiga a partir do cálculo de deflexão máxima admissível, que depende no número de repetições de carga do eixo padrão (N), conforme equação (5), para assim, calcular a espessura do reforço conforme equação (6). Os cálculos para a obra analisada neste estudo foram realizados e os resultados obtidos estão detalhados na Tabela 17 - Dimensionamento da espessura de reforço utilizando o Método DNER-PRO 269/94 Tabela 17.

$$\log D_{adm} = 3,148 - 0,188 \log N_p \quad (5)$$

Onde,

D_{adm} = Espessura efetiva (cm);

N_p = Deflexão característica.

$$H_r = -19,015 + \frac{238,14}{\sqrt{D_{adm}}} - 1,357 \times h_{ef} + 1,016 \times I_1 + 3,893 \times I_2 \quad (6)$$

Onde,

H_r = Espessura de reforço (cm);

h_{ef} = Espessura efetiva (cm);

D_{adm} = Espessura efetiva (cm);

I_1 e I_2 = Parâmetros relacionados à resiliência.

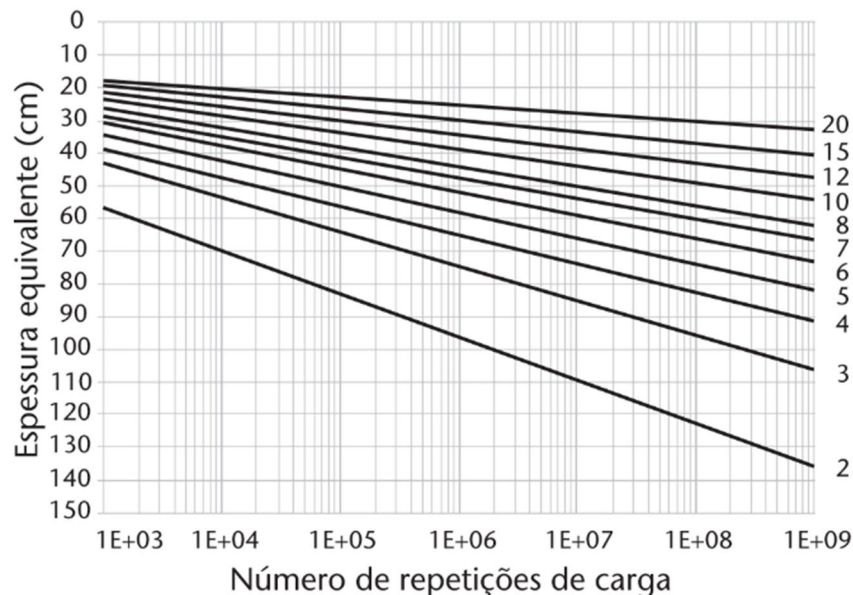
Tabela 17 - Dimensionamento da espessura de reforço utilizando o Método DNER-PRO 269/94

Seg. Hom.	Estrutura do Pavimento Existente		Subleito		Dadm (x10-2mm)	Espessura de Reforço		
	Espessura da Camada Betuminosa (cm)	Espessura da Camada Granular (cm)	I1	I2		hef (cm)	hef adotado (cm)	HR (cm)
1	7,5	64,0	0	1	51,2	11,4	7,5	8
2	8,5	37,0	1	0	51,2	10,3	8,5	4
3	8,0	45,0	1	0	57,4	12,0	8,0	3
4	9,0	39,0	1	0	57,4	11,7	9,0	1
5	6,0	66,0	0	1	57,4	15,5	6,0	8
6	5,0	31,0	1	0	52,2	11,5	5,0	8

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Concórdia (2014).

Já para o dimensionamento das camadas dos pavimentos utilizou-se para os cálculos o método do DNER (Souza, 1981). Este método de dimensionamento é realizado com base nos valores estatísticos do CBR do subleito para um trecho homogêneo e é orientado pelo ábaco da Figura 24, considerando os valores mínimos de CBR exigidos para as camadas de base e sub-base, 80% e 20 % respectivamente, as curvas de dimensionamento exibidas no ábaco podem ser sintetizadas em uma única expressão adquirida por meio de regressão linear múltipla, conforme equação (7). O dimensionamento é alcançado por soluções sucessivas das inequações (8) apresentadas abaixo.

Figura 24 - Ábaco para dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER



Fonte: Balbo (2007).

$$Hm = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (7)$$

$$R \times Kr + B \times Kb \geq H20$$

$$R \times Kr + B \times Kb + h20 \times Ks \geq Hn \quad (8)$$

$$R \times Kr + B \times Kb + h20 \times Ks + hn \times Kn \geq Hm$$

Onde,

Kr, Kb, Ks e Kn = coeficientes de equivalência estrutural dos materiais de revestimento, base, sub-base e reforço de subleito, respectivamente;

R, B, h20 e hn = espessuras das camadas de revestimento, base, sub-base e reforço de subleito, respectivamente;

H20, Hn e Hm = espessuras equivalentes das camadas de revestimento, base, sub-base e reforço de subleito, respectivamente.

Para a obra em questão adotou-se para subleito, o Índice de Suporte Califórnia de projeto (ISC) igual a 8%, para o número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 t (N) o valor de $2,45 \times 10^7$ e $4,51 \times 10^7$ e os coeficientes de equivalência estrutural (K) igual a 2 para revestimento de concreto betuminoso e igual a 1 para as camadas granulares. Os cálculos foram realizados e os resultados obtidos estão detalhados nas Tabela 18 e Tabela 19.

Tabela 18 - Resultado do dimensionamento, número "N" de $2,45 \times 10^7$

Revestimento	Camada de Base	Camada de Sub Base
Concreto Asfáltico Usinado a Quente	Brita graduada	Macadame Seco
10 cm	16cm	20cm

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

Tabela 19 - Resultado do dimensionamento, número "N" de $4,51 \times 10^7$

Revestimento	Camada de Base	Camada de Sub Base
Concreto Asfáltico Usinado a Quente	Brita graduada	Macadame Seco
10 cm	18cm	20cm

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2014).

3.4 Proposta de revisão do projeto de restauração com emprego de geogrelha anti-reflexão

Inicialmente, o projeto de revitalização da Rua Tancredo de Almeida Neves contemplava a fresagem do revestimento existente, a aplicação de um tratamento superficial duplo e a execução de uma camada de reforço, dimensionada pelo método PRO 269/94. No entanto, a empresa responsável pela obra propôs uma alteração na solução de reforço da camada asfáltica, sugerindo a utilização de geogrelhas. As mudanças propostas foram as seguintes:

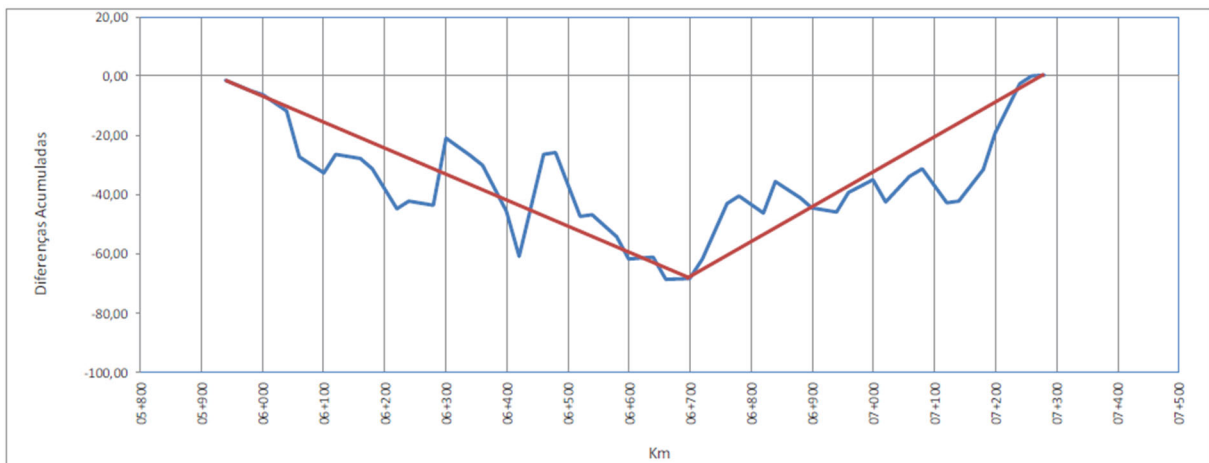
- a) Fresagem contínua em 100% das áreas do pavimento existente que permanecerão como pista de rolamento, em vez de uma fresagem descontínua conforme previsto inicialmente.
- b) Substituição do Tratamento Superficial Duplo (TSD), originalmente planejado como uma camada intermediária para reduzir o reflexo de trincas, pelo uso de geogrelhas anti-reflexão.
- c) Recálculo dos reforços asfálticos por meio de uma metodologia própria adequada para soluções com geogrelhas anti-reflexão.
- d) Revisão da solução de reforço para a ciclofaixa, considerando que essa área não será submetida às mesmas cargas de tráfego que as faixas de trânsito.

Dado que, naquele momento, quase três anos haviam decorridos desde as investigações de campo do projeto original, optou-se por efetuar uma análise e aprimoramento do plano de restauração do pavimento. Com isso em mente, a decisão foi tomada para proceder a uma atualização dos dados de deflexão do pavimento, por meio de um novo levantamento deflectométrico utilizando a Viga Benkelman. Esse levantamento abrangeu toda a extensão do Trecho 3 do projeto, compreendendo os trechos homogêneos 5 e 6 da pavimentação, entre o quilômetro 5+940 e 7+280 do projeto original.

Além disso, foi realizado um trabalho de coleta mais detalhado das informações sobre as espessuras das camadas de pavimento existentes. Isso envolveu a realização de novos poços de inspeção e uma reavaliação das áreas onde o pavimento asfáltico apresentava trincas.

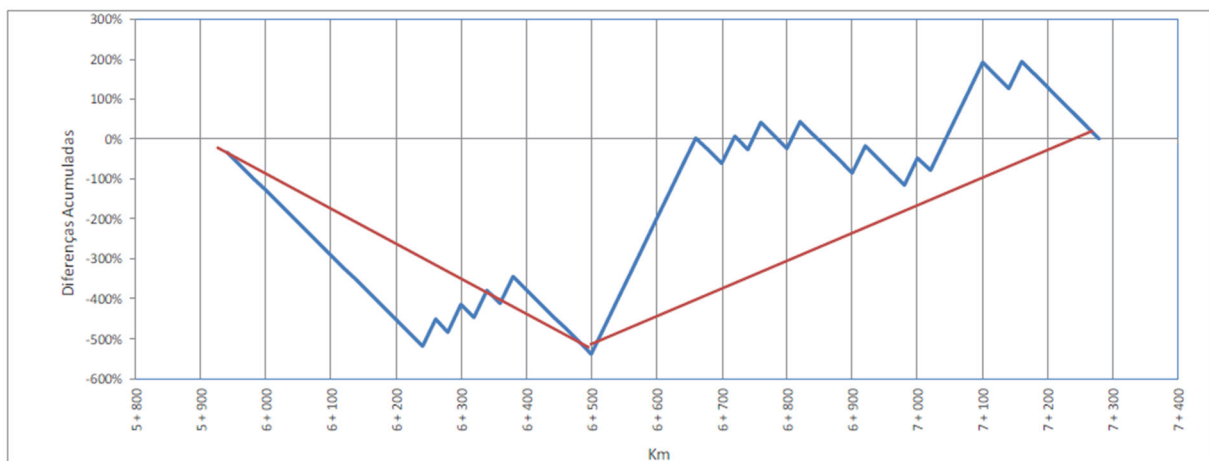
Para a nova determinação dos segmentos homogêneos levou-se em consideração a variação do tráfego, a condição deflectométrica da estrutura e a presença de trincas na superfície do pavimento ao longo do trecho. Os resultados foram cuidadosamente analisados e comparados para identificar os segmentos que apresentavam características semelhantes, garantindo uma definição adequada para cada um deles. A fim de visualizar as diferenças acumuladas ao longo do trecho, foram gerados gráficos das diferenças acumuladas, utilizando os dados de deflexões e as porcentagens de trincamento, conforme Figura 25 e Figura 26.

Figura 25 - Segmentos homogêneos baseados na deflexão



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Figura 26 - Segmentos homogêneos baseados na porcentagem de trincamento



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Ao analisar esses gráficos, observa-se que cada alteração no coeficiente angular da curva obtida aponta uma modificação no comportamento médio entre um segmento específico e outro, identificando os limites dos segmentos homogêneos. Portanto, observa-se uma modificação significativa entre os quilômetros 6,4 e 7,3 do trecho estudado, fazendo com que haja a separação dos segmentos homogêneos.

Os segmentos homogêneos foram estabelecidos com base nas medições de deflexão, nas porcentagens de trincamento e no número "N", conforme as Tabela 20 abaixo:

Tabela 20 - Segmentos homogêneos determinados a partir dos dados das deflexões, trincamentos e número "N"

SH	Km (Inicial)	Km (Final)	Extensão (m)
Deflexão			
1	5 + 940	6 + 700	760
2	6 + 700	7 + 280	580
Trincamento			
1	5 + 940	6 + 500	560
2	6 + 500	7 + 280	780
Número N			
1	5 + 940	6 + 300	360
2	6 + 300	7 + 280	980

Fonte: Autora (2023).

Essas informações foram combinadas com as observações feitas em campo para definir os segmentos homogêneos que foram considerados na revisão do projeto de restauração. Diante disso, foram definidos os segmentos 5 e 6 de projeto com extensão de 360 e 980 metros, conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 - Segmentos homogêneos definidos para o projeto

SH	Km (Inicial)	Km (Final)	Extensão
1	5 + 940	6 + 300	360
2	6 + 300	7 + 280	980

Fonte: Autora (2023).

Com os segmentos definidos, foram realizados os cálculos de deflexão característica de cada segmento e gerada a Tabela 22 contendo as principais informações estruturais e funcionais do pavimento para cada segmento homogêneo. Nessa tabela, estão consolidados os dados relevantes que descrevem as características específicas de cada trecho do pavimento.

Tabela 22 - Principais informações do pavimento existente por segmento homogêneo

Seg. Hom.	Km _{Inicial}	Km _{Final}	Ext. (m)	D _o					Área Trincada	Afundamento da Trilha de Roda (mm)	Índice de Gravidade Global - IGG	Conceito
				Nº Estações	Média (x10 ² mm)	Desvio Padrão (x10 ² mm)	D _{car.} (x10 ² mm)	Raio (m)				
5	5 + 940	6 + 300	360	11	40,7	11,3	52,0	138,0	14%	2,3	28	BOM
6	6 + 300	7 + 280	980	25	39,0	11,9	50,9	156,0	46%	2,7	83	RUIM

Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

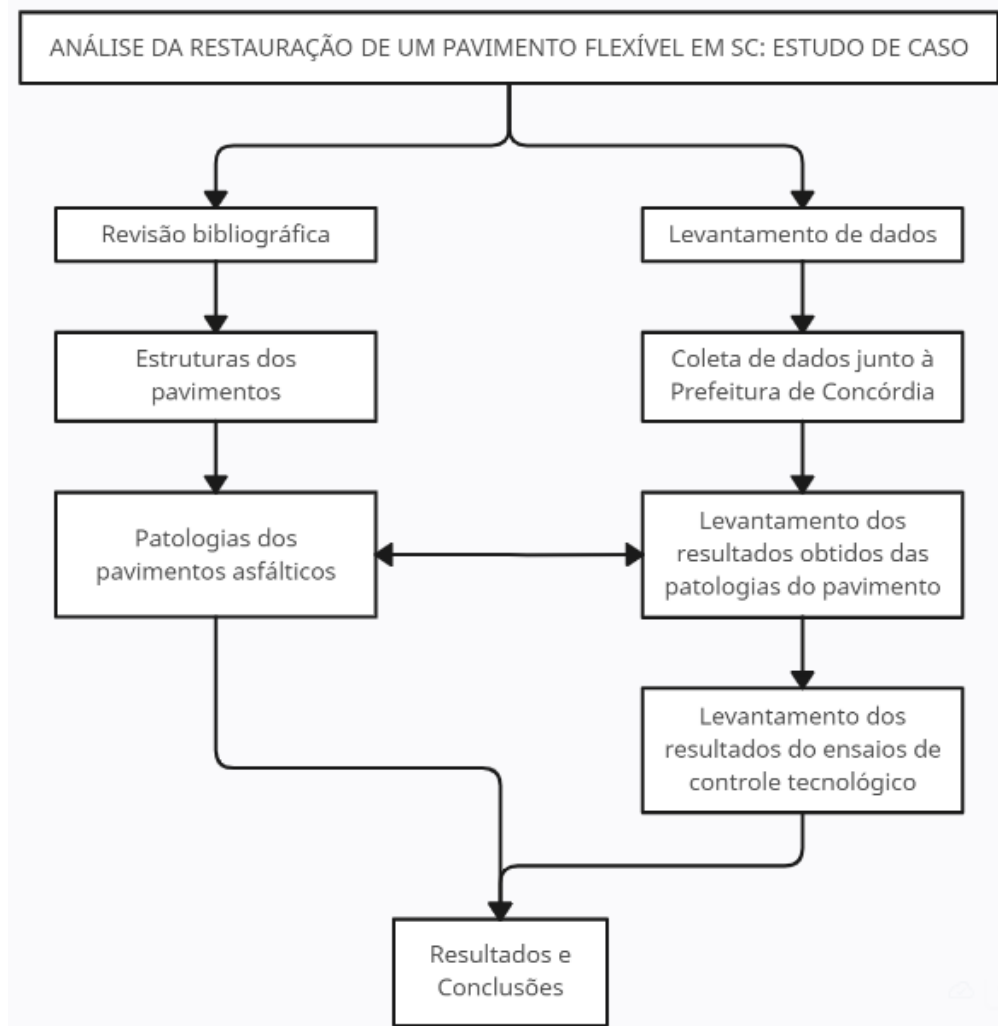
Com base nas informações coletadas e análises realizadas fica evidente que o estado do segmento 6 encontra-se em uma condição crítica, neste contexto, torna-se necessário buscar uma alternativa de reforço distinta para esse trecho específico.

Destaca-se ainda que foram adotados para o cálculo da solução proposta, os teores de asfalto efetivamente utilizados em obra, com base no traço apresentado pela empresa executora da obra. Diante disso, a Prefeitura de Concórdia (2016) elaborou um quadro com o demonstrativo do resultado do dimensionamento do pavimento reforçado com geogrelha, esse quadro pode ser verificado no anexo C.

4 METODOLOGIA CIENTÍFICA

A partir do objetivo geral deste trabalho, que consiste na análise do restauro de pavimento com emprego da geogrelha utilizada como reforço de revestimento asfáltico em parte da Rua Tancredo Neves, obra situada em Concórdia no estado de Santa Catarina, através da análise do projeto, da execução e dos controles tecnológicos, foi desenvolvido um fluxograma para planejamento, conforme Figura 27, para guiar as etapas necessárias para a execução desse estudo, a fim de cumprir o objetivo proposto.

Figura 27 - Fluxograma para realização do objetivo geral proposto



Fonte: Autora (2023).

Após a definição do tema de pesquisa para este trabalho, realizou-se uma coleta de dados junto a Prefeitura de Concórdia, na qual foram fornecidos os documentos pertinentes à obra, dentre eles estão: estudos realizados, projetos da obra, orçamento, memoriais e ensaios realizados.

A partir disso, elaborou-se uma revisão bibliográfica abrangente para esclarecer os conceitos fundamentais associados à pavimentação. Este escopo incluiu a contextualização sobre os diversos tipos de pavimentos, as camadas que compõem um pavimento flexível, os defeitos frequentes em pavimentos asfálticos, as técnicas de restauração desses pavimentos, bem como uma abordagem detalhada sobre os geossintéticos, com foco especial no reforço do revestimento através do uso de geogrelha.

Para dar continuidade a este trabalho, uma visita presencial ao local foi realizada, com o propósito de conduzir uma avaliação visual do estado da pista de rolamento de forma qualitativa. Essa avaliação in loco permitiu uma análise direta das condições da pista, fornecendo informações para a compreensão do estado atual da via. As informações obtidas durante esta visita foram posteriormente integradas aos dados coletados da Prefeitura dos quais foram organizados e categorizados, filtrando as informações relevantes para o este estudo.

Tanto os projetos, orçamento e memoriais, como a execução da obra foram analisados de forma sistematizada, no qual foi elaborada uma caracterização do local seguindo a linha do tempo da execução da obra. Além disso, os ensaios disponibilizados pela Prefeitura, foram separados por data e inicialmente analisados de maneira separada, permitindo uma compreensão individual antes da posterior comparação entre eles. Estes ensaios abrangeram a determinação de espessura do pavimento, o grau de compactação (ensaio Marshall), o teor de betume, a granulometria e a densidade aparente do revestimento asfáltico, no quais foram realizados a partir da coleta dos corpos de prova na pista de rolamento durante e ao final da obra. Além disso, foi fornecido um parecer técnico elaborado por uma empresa terceira, o estudo apresentado neste documento foi analisado e comparado com os demais estudos realizados.

O propósito foi avaliar se a restauração do pavimento, utilizando a geogrelha como reforço da camada asfáltica, atingiu efetivamente seus objetivos

preconizados no início do projeto. Este processo envolveu uma análise crítica, tanto dos aspectos técnicos da restauração, considerando os dados quantitativos e as observações qualitativas, quanto da eficácia prática da intervenção realizada.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta pesquisa evidencia a importância da restauração dos pavimentos para manutenção da serventia. Entende-se que as restaurações asfálticas devem ser sempre evitadas. Para isso é fundamental a escolha de bons métodos de dimensionamento e materiais de construção. Essa prática desempenha um papel crucial na segurança viária, na extensão da vida útil da via e na economia de custos a longo prazo, ao mesmo tempo em que aprimora a eficiência operacional da infraestrutura viária.

Contudo, muitas vezes os casos de restauração de pavimentos são inevitáveis. No presente caso, foi estudado as intervenções asfálticas feitas no pavimento da Rua Tancredo de Almeida Neves, porém, com destaque em dois trechos de segmentos homogêneos (números 5 e 6).

A condução deste trabalho acadêmico procurou analisar tecnicamente a restauração realizada no respectivo trecho rodoviário da cidade. As conclusões deste trabalho são feitas a partir da coleta de dados e interpretação dos levantamentos e projetos fornecidos pela Prefeitura de Concórdia/SC. Além disso, foi feita uma inspeção in loco da rodovia a fim de observar o estado de conservação após seis anos da finalização da obra.

A construção da restauração da obra teve início em 2 de fevereiro de 2016, marcando o início de um projeto de infraestrutura abrangente e composto por várias fases essenciais. A primeira etapa compreendeu a escavação do solo e a implementação do sistema de drenagem pluvial.

Um marco significativo nessa fase inicial foi a ampliação da pista em locais/pontos específicos, totalizando uma extensão de 1.781,39 metros quadrados. Esta expansão exigiu a execução da base, sub-base e a regularização do subleito em pontos determinados. O processo teve início com a escavação do solo natural, preparando-o para a subsequente regularização do subleito, seguida pela construção

da sub-base. Essa sub-base com uma espessura de 20 centímetros foi composta por macadame seco derivado da britagem primária com diâmetro igual ou superior a 10 centímetros. Em seguida, foi realizada a compactação com o uso de rolos de pneu.

Posteriormente, foi implementada a camada de base, desempenhando um papel crucial na resistência e durabilidade da estrutura da pista. Essa camada foi construída com material de brita graduada simples, possuindo espessuras de 16 centímetros no segmento 5 e, 18 centímetros no segmento 6, atendendo às especificações e requisitos do projeto. A etapa final desse processo envolveu a compactação usando rolos de pneu e tandem para garantir a adequada densidade e integridade estrutural da base. A execução dos serviços de sub-base e base, pode ser verificado na Figura 28 abaixo.

Figura 28 - Execução e compactação de camada de base e sub-base



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Após inspeção do revestimento asfáltico no referido trecho foi demarcado as áreas onde se deveria remover a capa de asfalto existente. Procedeu-se à fresagem de 3 centímetros, em várias áreas, abrangendo uma extensão total de 5.995,01 metros quadrados. Nesta etapa se utilizou a fresadora a frio e, após este serviço foi realizada uma demão de pintura de ligação com RR-2C à uma taxa de aplicação de 0,6 l/m² e por fim executada a recomposição da capa asfáltica nesses pontos, com espessura de 3 centímetros e utilização de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) com cimento asfáltico de petróleo 50/70 (CAP) feito em usina, sendo

realizado o seu transporte e espalhamento com uso de vibroacabadora, bem como sua respectiva compactação. A execução dos serviços pode ser verificada na Figura 29 .

Figura 29 - Fresagem e recomposição dos pontos fresados



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Após a conclusão dos procedimentos de preparação para o recebimento da nova capa asfáltica os serviços de restauração de pavimentação puderam ser iniciados. Preliminarmente, com aplicação de uma demão, em toda extensão da via, da pintura de ligação com RL-1C com 3% de polímero SBS à uma taxa de aplicação de $3l/m^2$ (Figura 30). Na sequência realizou-se a aplicação da geogrelha anti-reflexão, sendo posicionada e esticada ao longo da via conforme Figura 31. O fabricante orienta a sobreposição em 25 centímetros na direção longitudinal e 15 centímetros na direção transversal, porém não foi possível verificar se na instalação essa orientação foi respeitada.

Figura 30 - Execução da pintura de ligação



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Figura 31 - Aplicação da geogrelha anti-reflexão



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

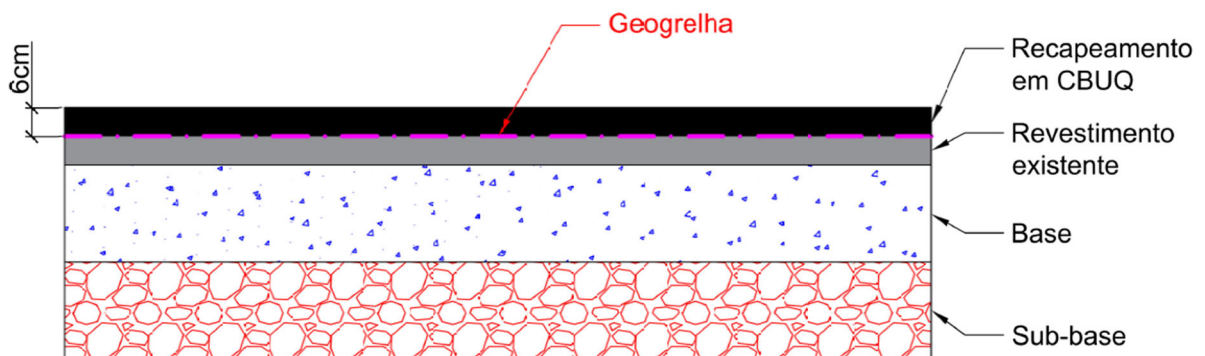
Figura 32 - Geogrelha aplicada



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

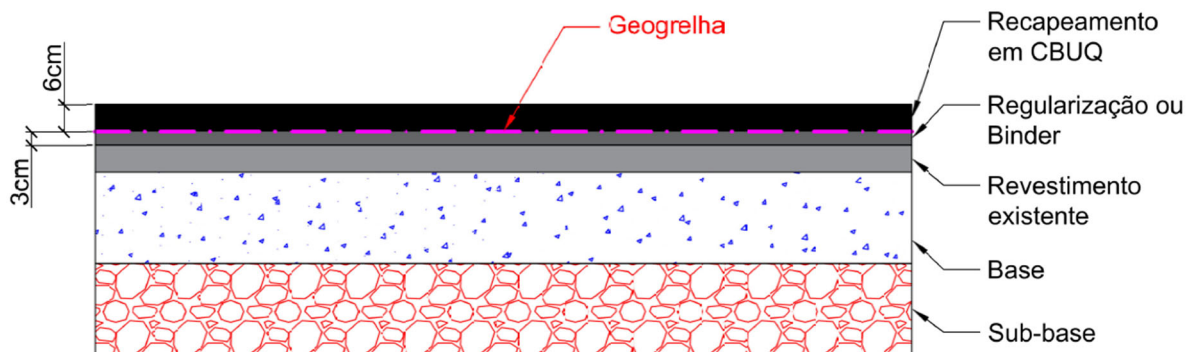
A geogrelha utilizada foi Hatelit C 40/17 da empresa Huesker, constituída de poliéster de alta tenacidade e revestimento betuminoso combinada com não-tecido ultraleve impregnado. É crucial ressaltar que em alguns casos a geogrelha foi aplicada diretamente sobre a superfície do pavimento existente, especificamente no segmento homogêneo 5, (conforme ilustrado na Figura 33), com uma cobertura asfáltica de 6 centímetros. Em contrapartida, no segmento homogêneo 6, por haver uma maior porcentagem de trincamento, a geogrelha foi incorporada à nova camada asfáltica, a qual apresentava 9 centímetros de espessura, sendo a primeira camada de 3 centímetros e a segunda camada de 6 centímetros (conforme ilustrado na Figura 34).

Figura 33 - Geogrelha aplicada imediatamente sobre o pavimento existente



Fonte: Autora (2023).

Figura 34 - Geogrelha aplicada no interior da nova camada asfáltica



Fonte: Autora (2023).

Em seguida, deu-se início à aplicação da camada asfáltica, empregando concreto betuminoso usinado a quente com CAP 50/70, apresentando um teor de projeto de 5,10% e granulometria da faixa "C" do DNIT. A espessura, conforme delineado no projeto, está disponível para consulta na Figura 33 e Figura 34. O transporte do material até o local da obra foi efetuado por meio de um caminhão tanque específico para materiais betuminosos. A distribuição do material ocorreu utilizando uma vibroacabadora a fim de manter uma regularidade no espalhamento, sendo relevante mencionar a ausência de informações referentes à temperatura da massa no momento da execução. Por fim, a compactação foi realizada utilizando rolos de pneu e tandem. A execução dos serviços está documentada nas Figura 35 e

Figura 36.

Figura 35 - Execução e compactação da capa asfáltica



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Figura 36 - Execução e compactação da capa asfáltica

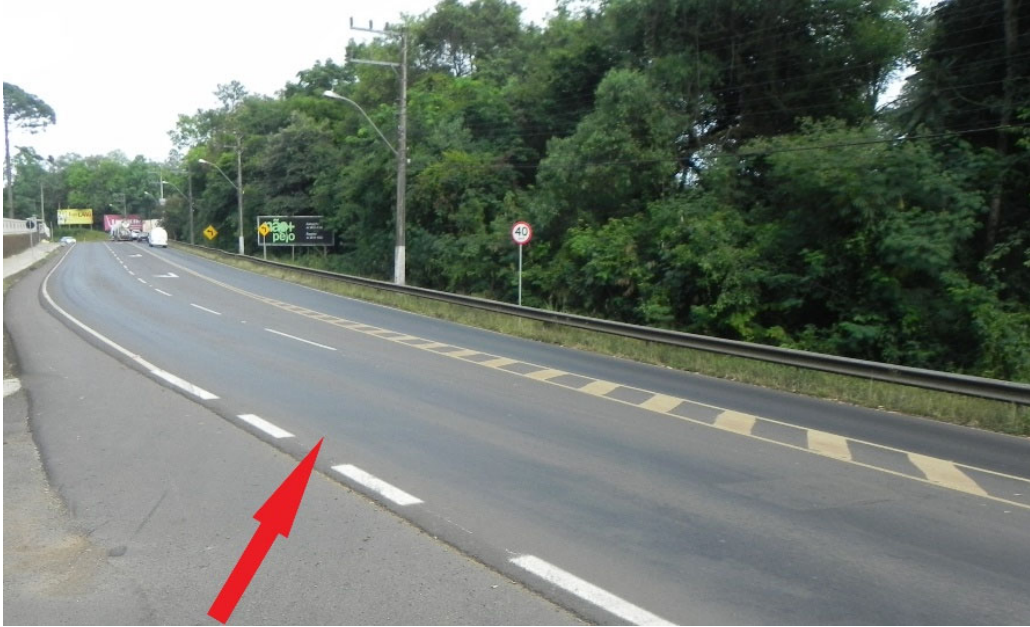


Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Imediatamente após a conclusão da obra no ano de 2017, surgiram os primeiros problemas, manifestados por patologias no pavimento. Inicialmente, foram

identificados problemas de exsudação (Figura 37 e Figura 38) e desagregação na massa asfáltica (Figura 39), o que chamou a atenção da Prefeitura de Concórdia.

Figura 37 - Exsudação



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Figura 38 - Exsudação



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Figura 39 - Desagregação



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2016).

Além das constatações visuais das patologias, procedeu-se a ensaios de controle tecnológico da obra por empresa (a) contratada, com 10 amostras coletadas no dia 08 de agosto de 2017, nos locais indicados na Tabela 23. Na Figura 40 é possível verificar uma das amostras coletadas na pista.

Tabela 23 - Coleta de amostra do controle tecnológico (empresa a)

Amostra	KM	Pista
1	6+000	Direita
2	6+100	Direita
3	6+160	Direita
4	6+540	Direita
5	6+680	Direita
6	6+690	Esquerda
7	7+120	Esquerda
8	6+800	Esquerda
9	6+580	Esquerda
10	6+380	Esquerda

Fonte: Adaptado de Relatório técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2023).

Figura 40 - Amostra 9 coletada na pista (empresa a).

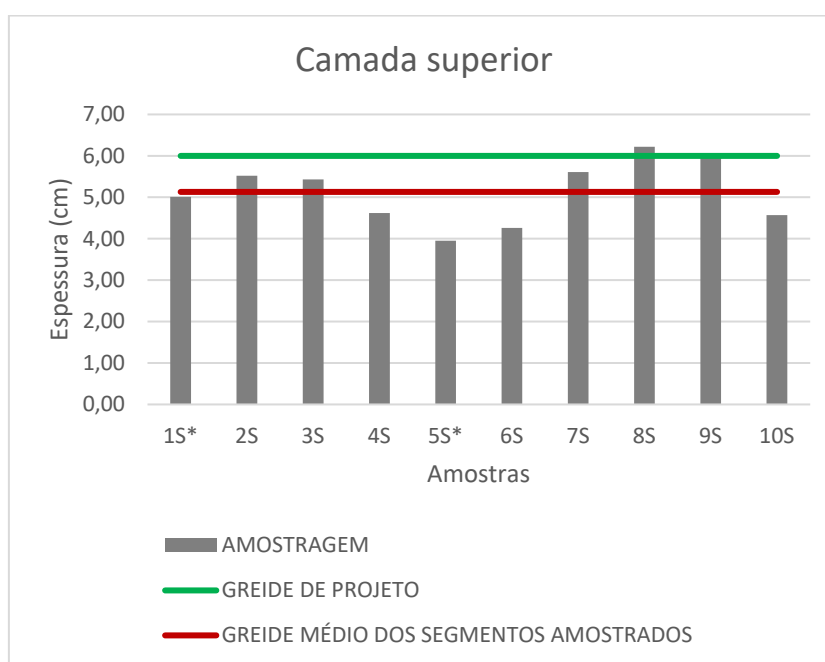


Fonte: Adaptado de Relatório técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2023).

Esses ensaios revelaram que as espessuras das amostras da camada superior (nova capa asfáltica) e da camada inferior (recomposição da fresagem) estavam ultrapassando os limites aceitáveis da Norma DNIT 031/2016 – ES, que define uma variação máxima de espessura de 5% da projetada. A partir disso, foram elaborados gráficos a fim de ilustrar as espessuras das amostras coletadas na pista, sendo a linha verde a espessura projetada e a linha vermelha a média das espessuras medidas.

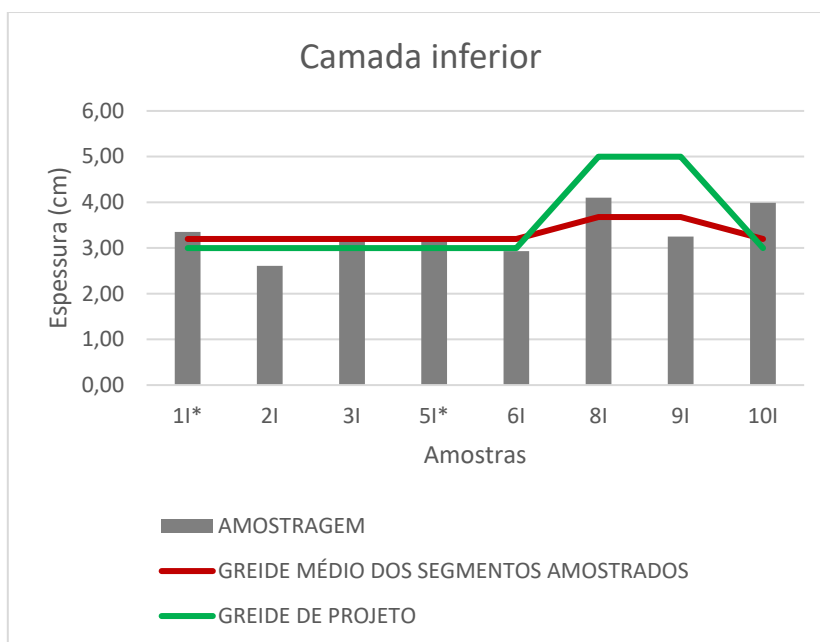
Na camada superior, como ilustrado no Gráfico 1, identificou-se que a espessura estava 14,5% menor do que a espessura indicada no projeto, esta que era de 6 centímetros, na qual apenas duas das amostras coletadas estavam dentro variação permitida.

Gráfico 1 - Espessuras da camada superior (empresa a)



Fonte: Adaptado de Relatório técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2023).

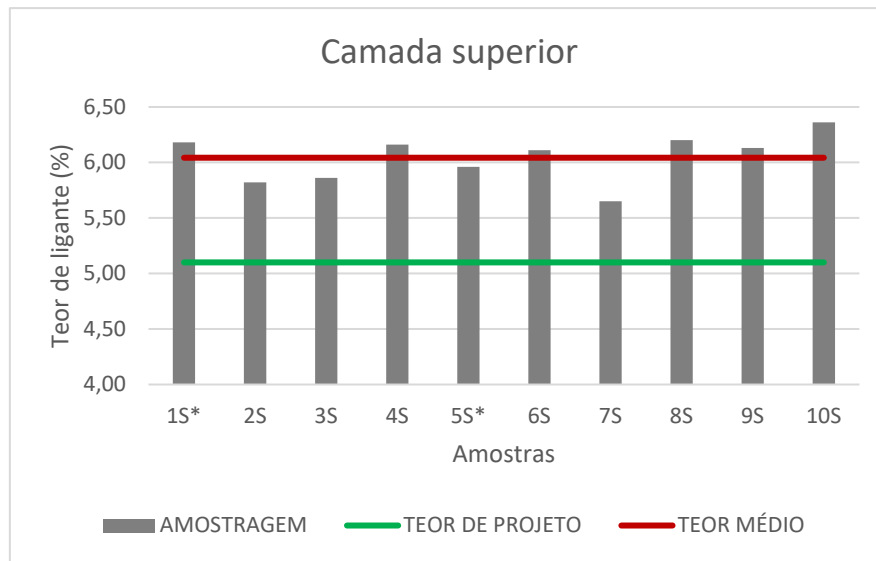
Na camada inferior, conforme Gráfico 2, ocorria o oposto, estava 6,67% acima do previsto em projeto, esta que era de 3 centímetros no segmento 1 e 5 centímetros no segmento 2, na qual apenas três das amostras coletadas estavam dentro da variação aceitável.

Gráfico 2 - Espessuras da camada inferior (empresa a)

Fonte: Adaptado de Relatório técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2023).

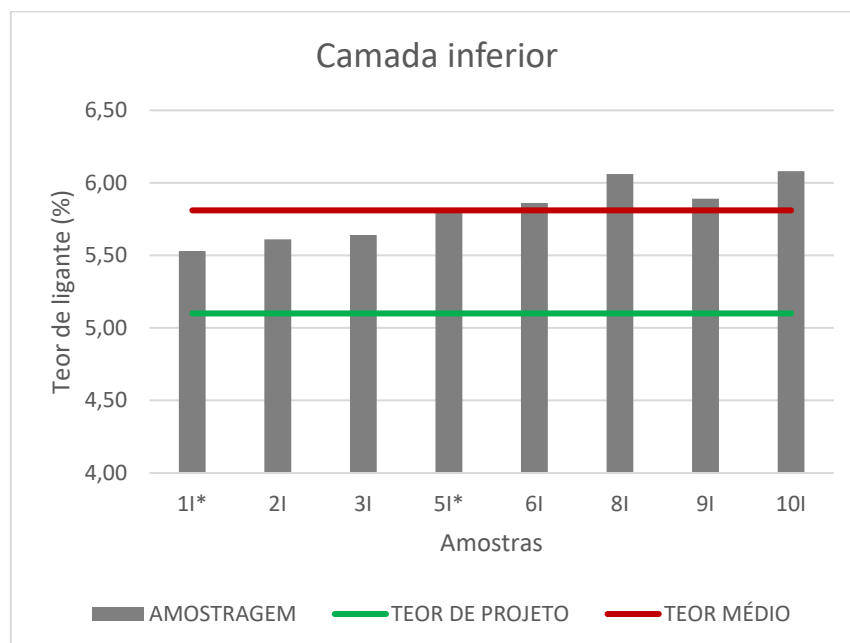
Outro aspecto relevante foi análise do teor de betume identificado nas amostras. Constatou-se uma diferença significativa do projeto e fora dos limites aceitáveis da Norma DNIT 031/2016 – ES, que define uma variação máxima de teor de ligante de 0,3 da projetada. A partir disso, foram elaborados gráficos a fim de ilustrar os teores de ligante das amostras coletadas na pista, sendo a linha verde o teor projetado e a linha vermelha a média dos teores obtidos.

A camada superior, conforme ilustrado no Gráfico 3, a médias das amostras estava 18,49% acima do teor projetado, este que era 5,10%, na qual nenhuma das amostras coletadas estavam dentro da variação aceitável.

Gráfico 3 - Teor de ligante na camada superior (empresa a)

Fonte: Adaptado de Relatório técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2023).

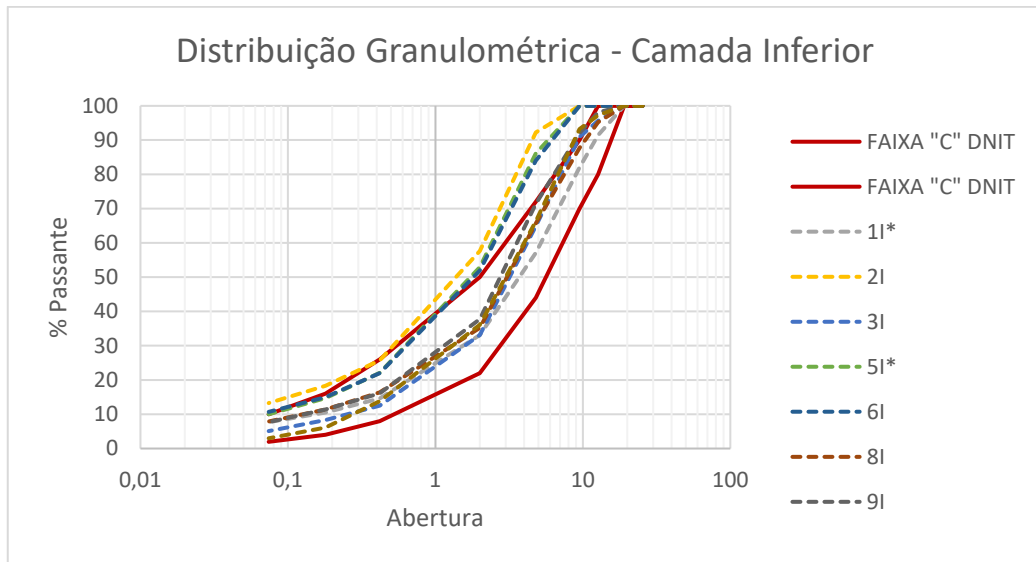
Na camada inferior a médias das amostras estava 13,92% acima do teor projetado, também de 5,10%. na qual da mesma forma, nenhuma das amostras coletadas estavam dentro da variação aceitável.

Gráfico 4 - Teor de ligante na camada inferior (empresa a)

Fonte: Adaptado de Relatório técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2023).

Detectou-se também que a distribuição granulométrica da camada superior estava dentro da faixa "C" do DNIT conforme projetado, porém na camada inferior estava fora, como é ilustrado no Gráfico 5 abaixo.

Gráfico 5 - Distribuição granulométrica da camada inferior (empresa a)



Fonte: Adaptado de Relatório técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2023).

Diante dessa situação, a empresa (1) responsável pela execução foi contatada para efetuar os reparos, que em resposta informou que houve contaminação da massa asfáltica, devido a um vazamento de óleo térmico do tanque de armazenamento de CAP ou óleo combustível no secador de agregados, comprometendo assim o CBUQ. A empresa chegou a realizar a fresagem do local (Figura 41), porém não realizou a recomposição da capa asfáltica, resultando na rescisão do contrato.

Figura 41 - Fresagem realizada pela empresa 1



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2017).

Frente a situação, a prefeitura de Concórdia resolveu que seria necessário a contratação de uma empresa (b) especializada para realizar o diagnóstico da mistura asfáltica, a fim de entender o cenário e auxiliar na tomada de decisões. Os procedimentos realizados incluíram o levantamento de defeitos de superfície, levantamento deflectométrico, sondagens e ensaios de laboratório. A seguir, apresentaremos sucintamente cada um desses processos, encerrando com a apresentação do diagnóstico obtido. Ressalta-se que para o estudo o trecho foi dividido em segmentos de 200 metros, exceto o segmento inicial, com 260 metros e final com 280 metros, totalizando 6 segmentos.

O levantamento de defeitos da superfície foi realizado no dia 12 de abril de 2018, através dos registros dos defeitos observados, que incluíram trincas isoladas (Figura 42), trincas interligadas (Figura 43 e Figura 44), panelas (Figura 45), afundamento de trilha de roda (Figura 46), escorregamento (Figura 47) e exsudação (Figura 48).

Figura 42 - Trincas isoladas



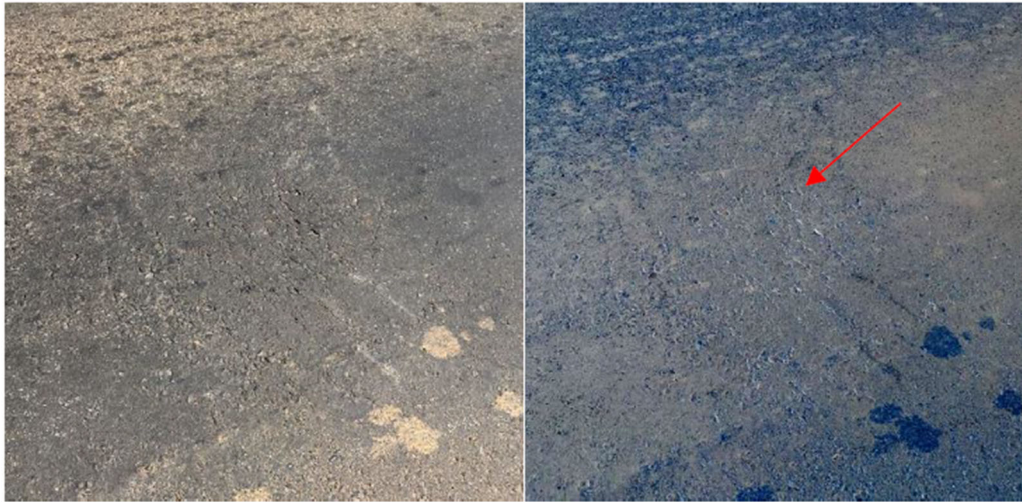
Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 43 - Trincas interligadas



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 44 - Trincas interligadas



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 45 - Panelas



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 46 - Afundamento de trilha de roda



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 47 - Escorregamento



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 48 - Exsudação e Escorregamento



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Com base neste levantamento e nos registros fotográficos, foi produzido um diagrama unifilar da condição do pavimento, o qual está disponível no Anexo D deste trabalho. Para resumir os resultados, a Tabela 24 foi elaborada apresentando a porcentagem de área afetada por tipo de defeito em todo o trecho analisado, no qual fica evidente que o defeito de exsudação é o mais predominante no trecho, seguido por escorregamento e remendos.

Tabela 24 - Incidência de defeitos

Tipo de defeito	Incidência (%)			
	Pista Direita	Pista Esquerda		Pista Direita e Esquerda
		Faixa Leve	Faixa Pesada	
Trincas isoladas	0,10%	-	-	0,03%
Trincas interligadas sem erosão	0,30%	-	-	0,10%
Trincas interligadas com erosão	1,69%	-	-	0,56%
Panelas	0,15%	-	-	0,05%
Remendos	7,61%	0,05%	0,35%	2,67%
Afundamento de trilha de roda	4,73%	0,15%	0,50%	1,79%
Exsudação	41,44%	28,36%	45,52%	38,44%
Exsudação + Escorregamento	11,99%	-	8,56%	6,85%
Total	68,01%	28,56%	54,92%	50,50%

Fonte: Autora (2023).

O levantamento deflectométrico foi executado utilizando a Viga Benkelman a cada 20 metros, alternando entre as trilhas de roda. Os valores de deflexão média em cada segmento de análise estão indicados no diagrama unifilar apresentado no

ANEXO D – Diagrama unifilar de condição do pavimento deste trabalho. Com base nesses dados, foi desenvolvida a Tabela 25 para destacar áreas em que a deflexão média do trecho apresentou classificação regular ou ruim.

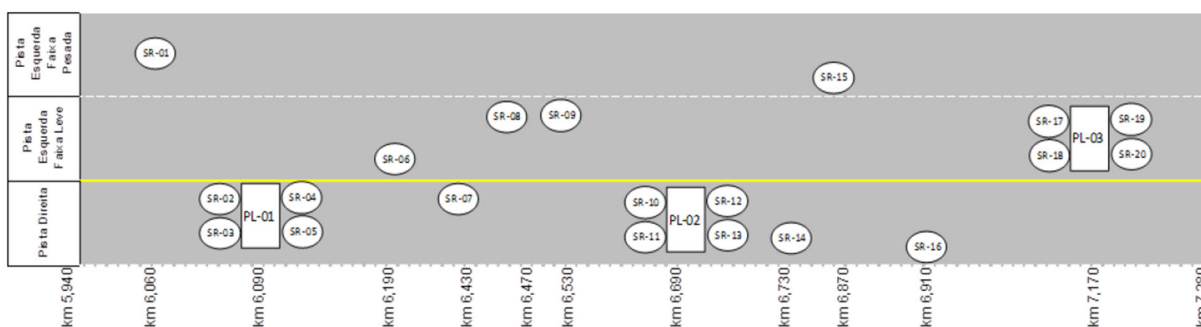
Tabela 25 - Trechos em destaque para deflexão média

PISTA DIREITA		
Segmento	Início/Fim	Deflexão ($\times 10^{-2}$ mm)
SA-02	6,200 a 6,400	46,40
SA-03	6,400 a 6,600	55,60
SA-04	6,600 a 6,800	65,20
PISTA ESQUERDA - FAIXA LEVE		
Segmento	Início/Fim	Deflexão ($\times 10^{-2}$ mm)
SA-02	6,200 a 6,400	40,40
SA-06	7,000 a 7,280	42,00
PISTA ESQUERDA - FAIXA PESADA		
Segmento	Início/Fim	Deflexão ($\times 10^{-2}$ mm)
SA-06	7,000 a 7,280	47,40

Fonte: Adaptado de Parecer técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2018).

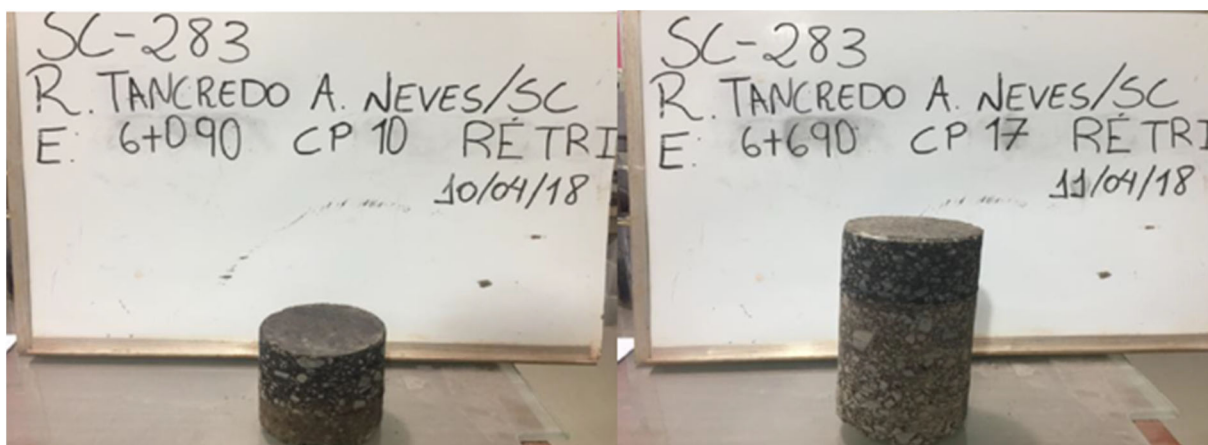
As sondagens realizadas contemplaram a coleta de 20 amostras por sondagem rotativa e extração de 3 placas do revestimento asfáltico com dimensões de 0,70m x 0,70m. As coletas foram realizadas no dia 10 de abril de 2018, nos locais indicados na Figura 49. Na Figura 50 é possível verificar duas das amostras coletadas na pista, nas quais é possível identificar cada camada, sendo a primeira camada com a nova capa asfáltica, a geogrelha e as camadas de CBUQ existentes no pavimento.

Figura 49 - Coleta de amostra do diagnóstico (empresa b)



Fonte: Parecer técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 50 - Amostras 10 e 17 coletadas na pista (empresa b)

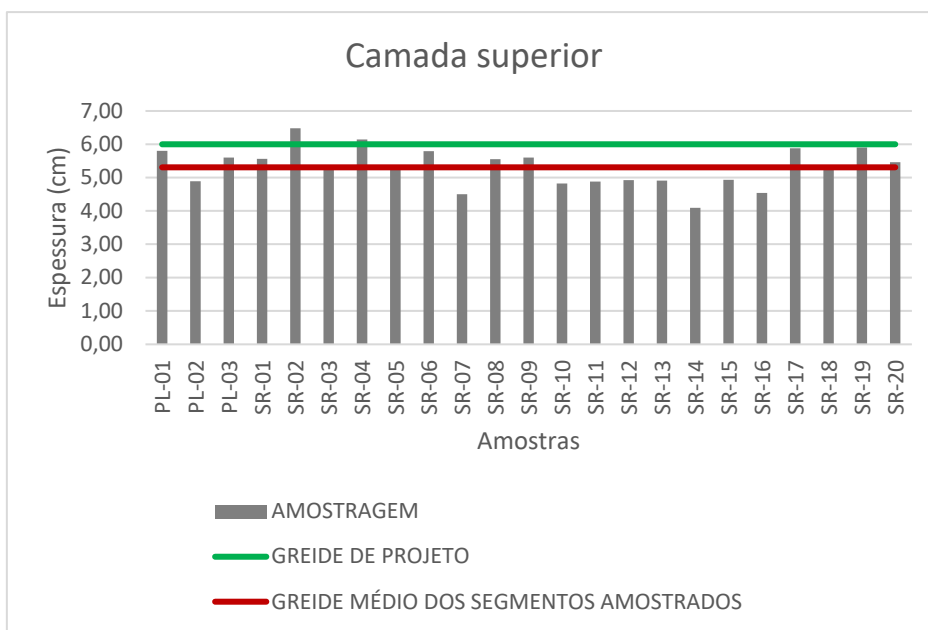


Fonte: Parecer técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2018).

Essas sondagens revelaram que as espessuras das amostras da camada superior (nova capa asfáltica) estavam ultrapassando os limites aceitáveis da Norma DNIT 031/2016 – ES, que define uma variação máxima de espessura de 5% da projetada. A partir disso, foram elaborados gráficos a fim de ilustrar as espessuras das amostras coletadas na pista, sendo a linha verde a espessura projetada e a linha vermelha a média das espessuras medidas.

Na camada superior, como ilustrado no Gráfico 6, identificou-se que a espessura estava 11,51% menor do que a espessura indicada no projeto, esta que era de 6 centímetros, na qual apenas cinco das amostras coletadas estavam dentro variação permitida.

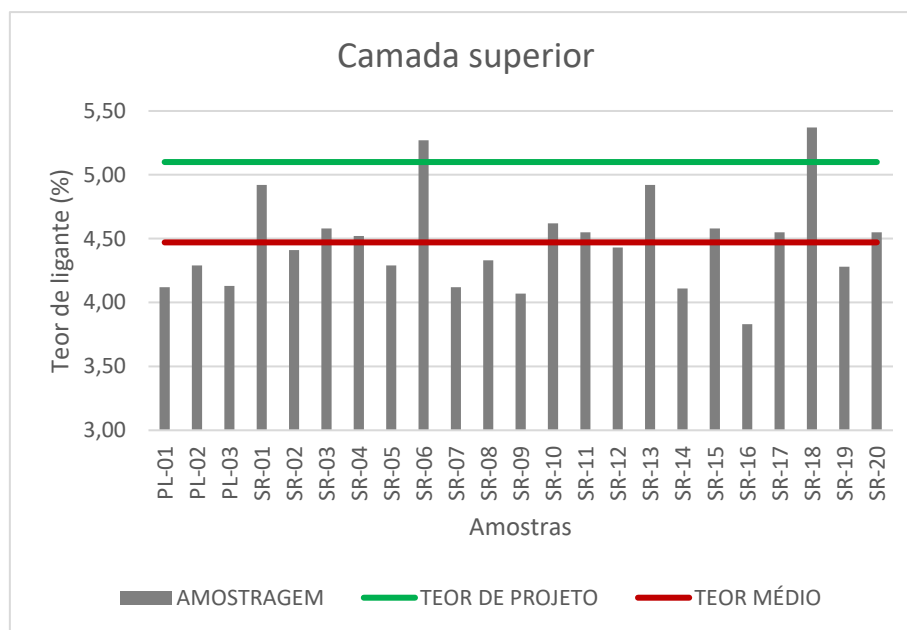
Gráfico 6 - Espessuras da camada superior (empresa b)



Fonte: Adaptado de Parecer técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2018).

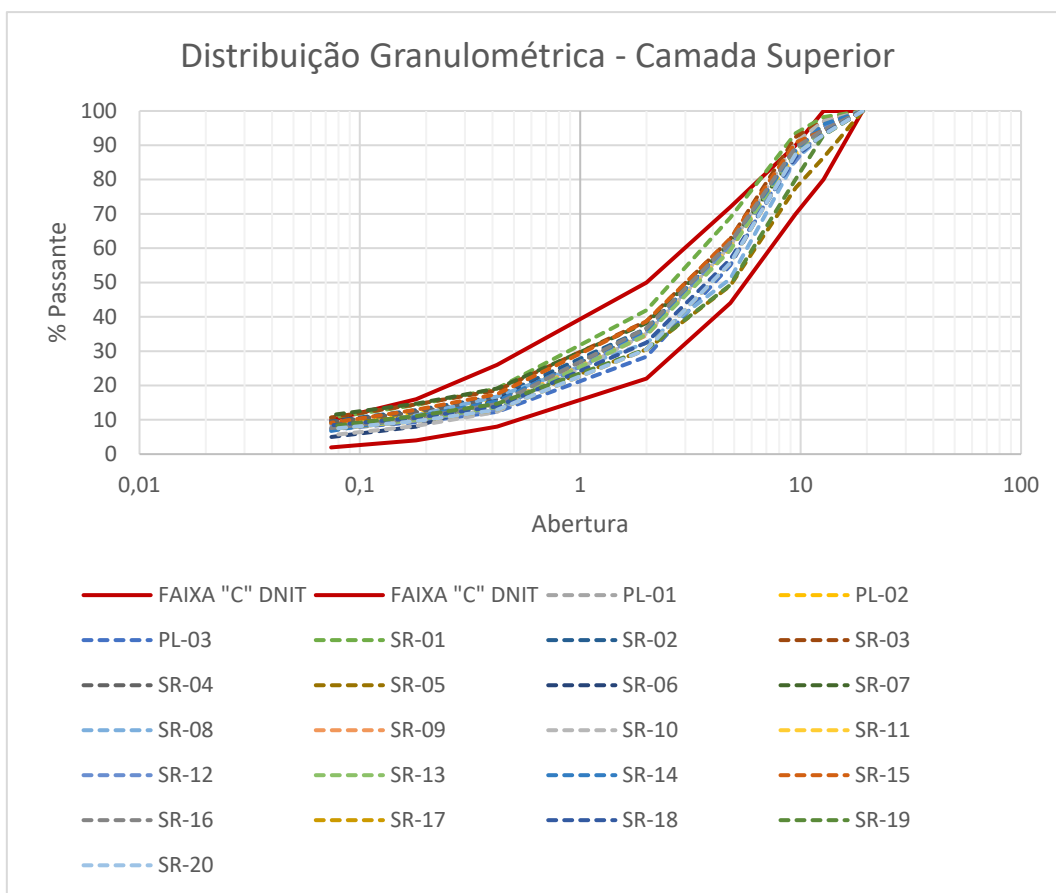
Outro aspecto relevante foi análise do teor de betume identificado nas amostras. Constatou-se uma diferença significativa do projeto e fora dos limites aceitáveis da Norma DNIT 031/2016 – ES, que define uma variação máxima de teor de ligante de 0,3 da projetada. A partir disso, foram elaborados gráficos a fim de ilustrar os teores de ligante das amostras coletadas na pista, sendo a linha verde o teor projetado e a linha vermelha a média dos teores obtidos.

A camada superior, conforme ilustrado no Gráfico 7, a médias das amostras estava 12,33% abaixo do teor projetado, este que era 5,10%, na qual apenas quatro das amostras coletadas estavam dentro variação permitida.

Gráfico 7 - Teor de ligante na camada superior (empresa b)

Fonte: Adaptado de Parecer técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2018).

Detectou-se também que a distribuição granulométrica da camada superior estava dentro da faixa “C” do DNIT conforme projetado, apenas em três pontos isolados, o percentual passante em determinada peneira não atendeu a faixa de trabalho, mas praticamente atendem os limites da faixa “C”, como é ilustrado no Gráfico 8 abaixo.

Gráfico 8 - Distribuição granulométrica da camada inferior (empresa b)

Fonte: Adaptado de Parecer técnico fornecido pela Prefeitura de Concórdia (2018).

Também foram conduzidos ensaios especiais para aprimorar o diagnóstico da capa asfáltica, abrangendo a Recuperação de Ligante pelo Método Abson, a Deformação Permanente através do ensaio de Hamburgo e a Avaliação do Desgaste da Mistura pelo ensaio de Cantabro. A análise desses ensaios revelou que, no Método Abson, tanto os resultados do ensaio de Penetração quanto os do Ponto de Amolecimento estavam em conformidade com os limites estabelecidos.

Contudo, no ensaio de deformação permanente pelo método de Hamburgo, as medidas indicaram uma deformação média de 5,78 mm, ligeiramente superior ao limite de 5,5 mm estabelecido. Em relação à avaliação do desgaste da mistura pelo ensaio de Cantabro, verificou-se que as amostras, tanto as ensaiadas a seco quanto após imersão de 24 horas em água, apresentaram resultados satisfatórios.

Após a entrega do parecer técnico de diagnóstico da camada asfáltica, houve a necessidade de contratar outra empresa (2) para realizar os reparos necessários, os quais iniciaram em novembro de 2018.

Dando sequência aos serviços de reparo, a empresa (2) deu continuidade nos serviços de fresagem, pintura de ligação, nova aplicação da geogrelha anti-reflexão e capa asfáltica seguida de compactação, conforme ilustrado nas Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56 abaixo.

Figura 51 - Fresagem realizada pela empresa 2



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 52 - Fresagem realizada pela empresa 2



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 53 - Pintura de ligação e aplicação de geotelha anti-reflexão



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 54 - Aplicação de geogrelha anti-reflexão



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 55 - Recomposição da capa asfáltica e compactação



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

Figura 56 - Recomposição da capa asfáltica e compactação



Fonte: Prefeitura de Concórdia (2018).

5.1 Análise e discussão dos resultados

A prefeitura de Concórdia, por não possuir especialização na área de pavimentação, optou por contratar uma empresa externa para elaborar o projeto da rodovia abordada neste estudo. Isso foi feito com o intuito de assegurar um resultado satisfatório, dado que a mencionada rodovia é a principal via de acesso à cidade. Após a realização de uma série de estudos abrangentes, incluindo análises topográficas, geotécnicas, hidrológicas e ambientais, juntamente com levantamentos de dados como estudo de tráfego, ensaios do pavimento existente, observações visuais e caracterização do solo, entre outros, os resultados indicaram que a melhor abordagem para a restauração da rodovia seria a aplicação de um tratamento superficial duplo com uma espessura média de 8 centímetros. Essa escolha se fundamentou na elevada taxa de trincamento, especialmente devido ao pavimento existente ser muito antigo e ao aumento do tráfego ao longo dos anos.

Entretanto, no decorrer das obras, a empresa executora propôs à prefeitura uma modificação na solução de restauração, sugerindo a adoção de geogrelha anti-reflexão em conjunto com uma camada asfáltica. Essa sugestão visava a redução dos custos da obra, uma vez que a geogrelha ofereceria resultados equivalentes ao tratamento superficial duplo, porém com uma espessura menor de capa asfáltica. Vale

ressaltar que a camada asfáltica representa o componente mais oneroso no orçamento de pavimentação. Após a alteração, a redução de custos totalizou aproximadamente 34 mil reais.

Na rodovia examinada, foi executada a fresagem dos trechos mais deteriorados em uma profundidade de 3 centímetros, seguida pela recomposição dessas áreas. Essa intervenção teve como objetivo principal o nivelamento do greide, preparando o terreno para a inserção da geogrelha e a aplicação subsequente da nova camada asfáltica.

Ressalta-se que a espessura da camada asfáltica e a posição da geogrelha são fatores de extrema importância para o desempenho adequado da camada. A posição estratégica da geogrelha na obra abordada neste estudo tem como principal objetivo inibir ou mitigar a propagação de trincas no pavimento, visando assim prolongar a vida útil da estrutura. A espessura escolhida para a nova capa asfáltica foi de 6 centímetros, uma medida que se encontra dentro das recomendações do fabricante. Este sugere uma espessura mínima de 4,5 centímetros, e a opção por uma camada mais espessa pode proporcionar benefícios adicionais em termos de resistência e durabilidade da pavimentação. Dessa forma, a combinação da posição estratégica da geogrelha com a espessura adequada da capa asfáltica contribui para assegurar a integridade do pavimento e atender às diretrizes de desempenho estabelecidas.

A justificativa para a utilização da geogrelha é plausível e se encaixa nesse modelo de obra, principalmente devido à redução de custos apresentada, comparado com o projeto original. Porém, para a sua eficácia é necessário que os materiais que estão presentes devem estar bem aderidos, ou seja, a geogrelha deve estar bem aderida ao pavimento existente e a nova camada asfáltica deve estar aderida a geogrelha (Carmo et al., 2001b; Carmo et al., 2015a; Leite-Gembus et al., 2016).

As anomalias identificadas no pavimento imediatamente após a conclusão da restauração foram notáveis devido ao desgaste precoce e progressão rápida das condições. Os defeitos observados podem ter sua origem associada a diversos fatores, incluindo a metodologia de execução das etapas da restauração, a escolha do reforço para esse tipo de obra e as condições climáticas. No entanto, com base no relato de contaminação do cimento asfáltico de petróleo (CAP) na usina, acredita-se

que esses defeitos estejam relacionados a essa contaminação. Devido à contaminação do CAP na usina, a prefeitura iniciou um processo judicial contra a empresa executora da obra. Em razão desse contexto legal em andamento, não é viável abordar mais detalhes sobre essa contaminação no presente trabalho.

A contaminação do CAP pode ter impactos significativos na qualidade do pavimento, influenciando suas propriedades mecânicas e a aderência entre as camadas asfálticas, ele desempenha um papel crucial na coesão do pavimento, e qualquer contaminação pode comprometer sua capacidade de aderir e manter a integridade estrutural. Portanto, a presença de defeitos pode estar diretamente ligada à qualidade comprometida do material de pavimentação devido à contaminação do CAP.

Adicionalmente, para que a aplicação da nova camada asfáltica seja realizada de maneira precisa, garantindo a preservação de suas propriedades originais e seguindo estritamente o projeto estabelecido, algo que não foi observado na execução desta obra específica. Isto ocorreu não apenas devido à contaminação do cimento asfáltico de petróleo (CAP), mas também devido aos resultados dos ensaios que indicaram uma espessura consideravelmente diferente daquela especificada no projeto, tanto em excesso quanto em deficiência. Porém, a problemática está onde a espessura da nova camada asfáltica está menor que o mínimo indicado pelo fabricante, e na obra em questão das 10 amostras coletadas pela empresa (a), 2 estavam inferiores à 4,5 centímetros e outras 2 amostras no limite aceitável. Já nas amostras coletadas pela empresa (b), das 23 amostras coletadas, 11 estavam inferiores ao indicado e outras 2 amostras no limite aceitável.

Além disso, uma disparidade significativa nos teores de ligante do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), em comparação com o projeto e os controles tecnológicos conduzidos por diferentes empresas em momentos distintos, pode ter contribuído para a exsudação observada na pista. Nos ensaios realizados pela empresa (a), a média dos teores de ligante (6,04%) apresentou uma diferença média de 18,49% superior ao teor de ligante estabelecido no projeto (5,10%). Por outro lado, nos ensaios realizados pela empresa (b), a média dos teores de ligante (4,47%) revelou uma diferença média de 12,33% abaixo do teor de ligante previsto no projeto (5,10%).

Essa discrepância pode estar diretamente associada à possível contaminação do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP). No que diz respeito ao teor de ligante, não há excesso, mas sim uma insuficiência de ligante, conforme indicam os ensaios conduzidos pela empresa (b). Dado que não é possível que ocorra exsudação com teor de asfalto abaixo do limite do projeto, é relevante considerar a hipótese levantada pela empresa (a), executora da obra, que sugere que a contaminação por óleo térmico no tanque de asfalto ou óleo combustível no secador de agregados pode ser a causa dessa discrepância.

É plausível que a presença indevida de óleo contaminante no asfalto tenha sido considerada na determinação do teor de asfalto nas fases iniciais, conforme os ensaios da empresa (a). No entanto, à medida que o óleo leve evaporava devido ao calor e à ação do vento, os teores de asfalto remanescentes consequentemente diminuía. Esse fenômeno também explicaria a ascensão ou exsudação dos óleos leves para a superfície, mesmo quando os teores de asfalto eram inferiores aos especificados no projeto.

Outro aspecto importante foi a detecção de desagregação na massa asfáltica, uma falha que pode ser originada por diversos fatores, como contaminação, queima, deficiência de ligante ou adesividade, ou mesmo pela repelência do ligante pelo agregado. Em muitas situações, é fundamental a utilização de aditivos orgânicos para modificar as propriedades e estabelecer uma ligação entre as diferentes polaridades do ligante e do agregado. Esse processo resulta em uma melhor aderência entre os componentes, diminuindo a desagregação.

6 CONCLUSÃO

As principais conclusões obtidas destacam a importância de uma avaliação técnica criteriosa de obras de pavimentação. Mesmo com a aplicação de métodos de restauração aparentemente eficazes, como a utilização de geogrelha, a observação de patologias inesperadas no pavimento revelou que a qualidade da execução é essencial.

Inicialmente, a escolha do tratamento superficial duplo, foi considerada a abordagem mais adequada para a restauração da rodovia. Entretanto, durante o curso das obras, a proposta de modificação apresentada pela empresa executora, envolvendo a utilização de geogrelha anti-reflexão, resultou em uma redução de custos. Embora a justificativa sua utilização seja plausível, em termos financeiros, a sua eficácia está condicionada à aderência efetiva dos materiais envolvidos.

A identificação de defeitos imediatamente após a conclusão das obras, especialmente o desgaste precoce e a rápida progressão dos defeitos, apontam para a contaminação do CAP na usina, esta que comprometeu as propriedades da massa asfáltica, a aderência entre camadas asfálticas e conseqüentemente, sua integridade. A disparidade nos teores de ligante do CBUQ entre o projeto, os controles tecnológicos e os resultados obtidos dos ensaios realizados, contribuiu para a exsudação observada na pista, afetando negativamente a coesão do pavimento. Adicionalmente, a detecção de desagregação na massa asfáltica destaca a importância da aderência entre ligante e agregado.

Portanto, tornou-se evidente que a restauração realizada com uso da geogrelha teria sido mais eficaz se as condições do pavimento não estivessem tão danificadas e se houvesse um controle mais rigoroso na execução, especialmente devido à ocorrência de contaminação do cimento asfáltico durante o processo, pois todos os custos associados a levantamentos, testes e materiais foram afetados pelos problemas identificados na massa asfáltica, poderiam ter sido evitados. Em resumo, propõe-se que seja realizado um estudo aprofundado da via para assim analisar a melhor alternativa para solucionar os problemas identificados, sendo necessário um controle mais rígido de qualidade, bem como a possibilidade de substituição das camadas afetadas do pavimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, Luiz Gustavo de Souza e. **Reforço de Pavimentos Rodoviários com Geossintéticos**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10318-1: Geossintéticos Parte 1 - Termos e definições**. Rio de Janeiro. 2021.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

BASTOS, Gerson Alves. **Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas Reforçadas com Geogrelha para Pavimentos Flexíveis**. 2010. 245 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, PUC - Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2013.

BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P. e SOARES, J.B. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, 2022.

BONDT, A.H. **Anti-Reflective Cracking Design of (Reinforced) Asphaltic Overlays**. Ph.D, Thesis. Delft University of Technology. 1999.

BONFIM, Valmir. **Fresagem de pavimentos asfálticos**. 3ª ed. São Paulo: Exceção Editorial, 2010.

BÜHLER, A., **Estudo do Efeito de Grelhas de Reforço na Restauração de Pavimentos**. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos/SP. 2007.

CARMO, C.A.T.; OLIVEIRA, C.P. E SILVA, A.E.F. **Utilização da Geogrelha Hatelit na Restauração de Pavimento**. 33ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv). Florianópolis/SC. 2001.

CARMO, Cássio Alberto Teoro do et al. **Restauração de Pavimentos Aeroportuários Sulamericanos com Geogrelha de Poliéster**. In: 43ª RAPv Reunião Anual de Pavimentação, 2014, Maceió. Os Caminhos da Integração, 2014. v. 1.

CARMO, Cássio Alberto Teoro do. **Avaliação da resistência à fadiga de misturas asfálticas dosadas pelo método marshall reforçado com geogrelha**. In: XXI Congresso Ibero Latinoamericano del Asfalto, 2022, Punta Del Este, Uruguay, 2019. v. 1. p. 1827-1838.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. Brasília/DF. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Pesquisa CNT de Rodovias 2022**. Relatório Gerencial. Brasília/DF. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **ES-138**: Pavimentação – Reforço do subleito - Especificação de serviço. Rio de Janeiro. 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Publicação IPR – 720. Rio de Janeiro. 2006a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação**. Publicação IPR – 719. Rio de Janeiro. 2006b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de estudos de tráfego**. Publicação IPR – 723. Rio de Janeiro. 2006c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **PRO-006**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. Rio de Janeiro. 2003a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **TER-005**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia. Rio de Janeiro. 2003b.

ELSING, A.; LEITE-GEMBUS, F. **Parameter to Ensure a Durable Grid-Reinforced Asphalt Pavement**. 7th International Conference Bituminous Mixtures and Pavements. Anais. Thessaloniki, Greece. 2019.

FERREIRA, Fernanda Bessa. **Comportamento das interfaces solo – geossintético**. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

FONSECA, Leonardo Lacerda. **Avaliação em laboratório do comportamento de camadas asfálticas reforçadas com geossintéticos**. 2015. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

FONTES, L. P. T. L. **Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos**. 2009. 545 f. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2009.

FORTUNATO, Morgana. **Avaliação de viabilidade da restauração de pavimento flexível com reforço em geogrelha**: estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina, 65 p. 2021.

JOLIET, Y.; MALLOT, M. **Precautions When rutting results from the LCPC traffic simulator**. 2º Eurasphalt & Eurobitume Congress Barcelona, 2000.

LACHOUSKI, Ricardo Luís. **Aplicação de geossintéticos em engenharia geotécnica**: da análise de 32 casos de obras para soluções em engenharia. 2021. 124 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Pavimentação**. Juiz de Fora: Notas de Aula, 2006.

MEDINA, Jaques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda., 2015.

MOURA, Edson de. **Estudo de Deformação Permanente em Trilha de Roda de Misturas Asfálticas em Pista e em Laboratório**. Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo. 2010.

NÓBREGA, Eduardo Suassuna. **Comparação entre métodos de retroanálise em pavimentos asfálticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003.

PREFEITURA DE CONCÓRDIA. **Relatório técnico de controle tecnológico**. Concórdia, 2017.

PREFEITURA DE CONCÓRDIA. **Projeto de engenharia rodoviária para revitalização da Rua Tancredo de Almeida Neves no município de Concórdia/SC**. Concórdia, 2014.

PREFEITURA DE CONCÓRDIA. **Proposta de revisão do projeto de restauração com emprego de geogrelha anti-reflexão**. Concórdia, 2016.

PREFEITURA DE CONCÓRDIA. **Parecer técnico**: Condição atual e diagnóstico de mistura asfáltica. Concórdia, 2018.

PINTO, S. e PREUSSLER, E.S. **Pavimentação Rodoviária – Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Rio de Janeiro. 2010.

TRINCHÊS, Glicério; FONTES, Lisiane P. T. da Luz; MORILHA JÚNIOR, Armando (org). **Fadiga dos Revestimentos**. 20019. Disponível em: <https://www.grecaasfaltos.com.br/wp-content/conteudos/fatos-e-asfaltos/fatos_12.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2023.

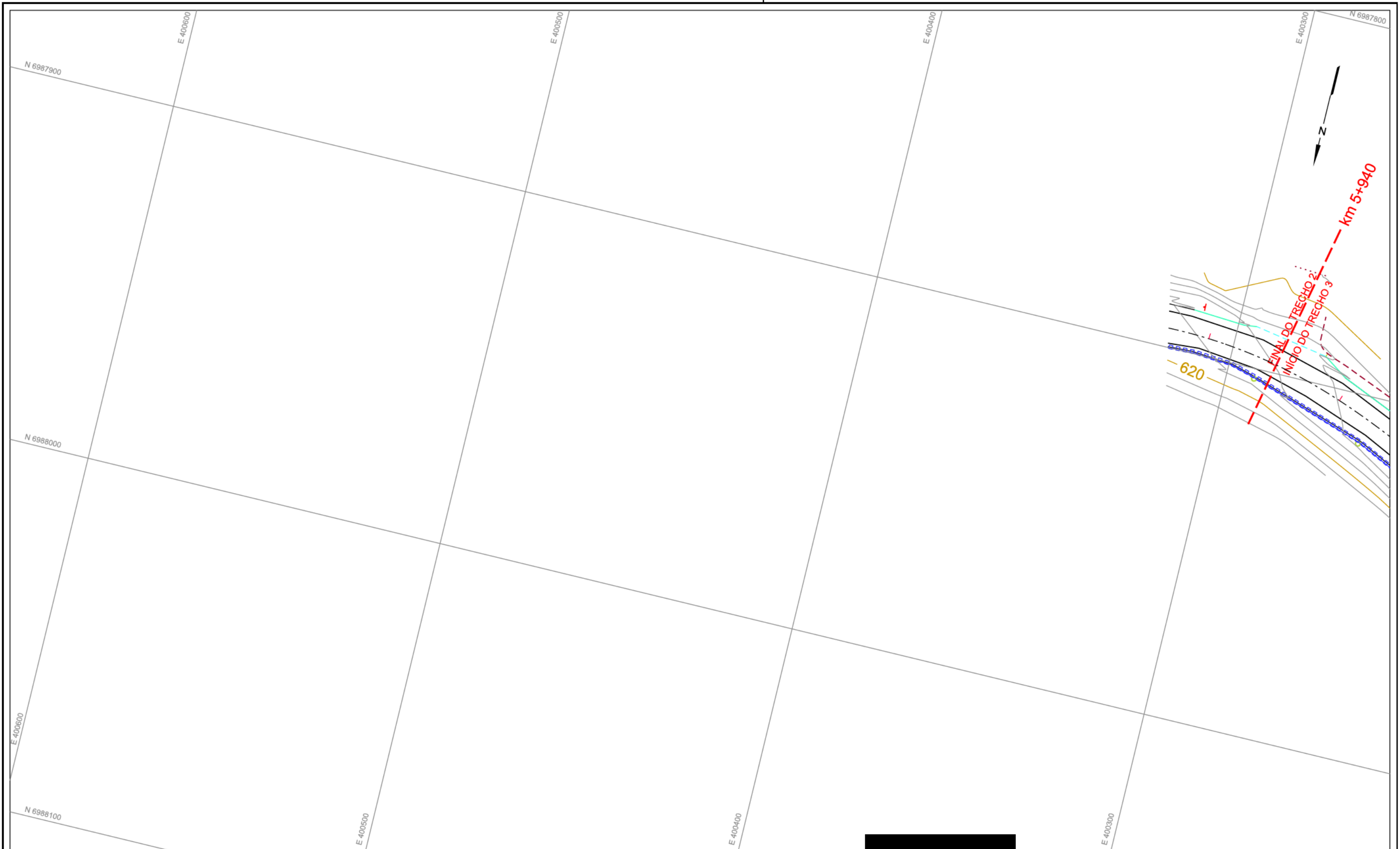
VERTEMATTI, José Carlos et al (org.). **Manual de Geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

VILCHEZ, G.M. **Contribuição para a elaboração de um método de projeto de restauração de pavimentos asfálticos utilizando geossintéticos em sistemas**

antirreflexão de trincas. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos. 2002. 121 p.

ANEXOS

ANEXO A - Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral



LEGENDA:

	Acesso		Cerca de tela		Muro de Tijolos com grade		Rocha
	Armário de Telecom		Calçada existente		Muro de pedra		Registro Casan
	Alinhamento predial		Cerca de arame		Ornêlo		Refletor
	Base de concreto		Cerca com grade de ferro		Offset dos taludes		Vegetação
	Boca de Lobo		Defensa		Totem de propaganda		Sajeta de passagem d=30cm
	Bordo de pista		Fibra ótica		Placa em pórtico		Sajeta existente
	Bordo do acostamento		Hidrante Casan		Placa existente		Semáforo
	Buero tubular de concreto		Lombada eletrônica		Poste de baixa tensão		
	Calha coletora de sargeta		Nível		Poste de alta tensão		
	Calha d'água		Marco topográfico		Poste de iluminação		
	Calha de energia		Melo - Flo		Poste telefônico		
			Muro de Tijolos		Ponto de ônibus		

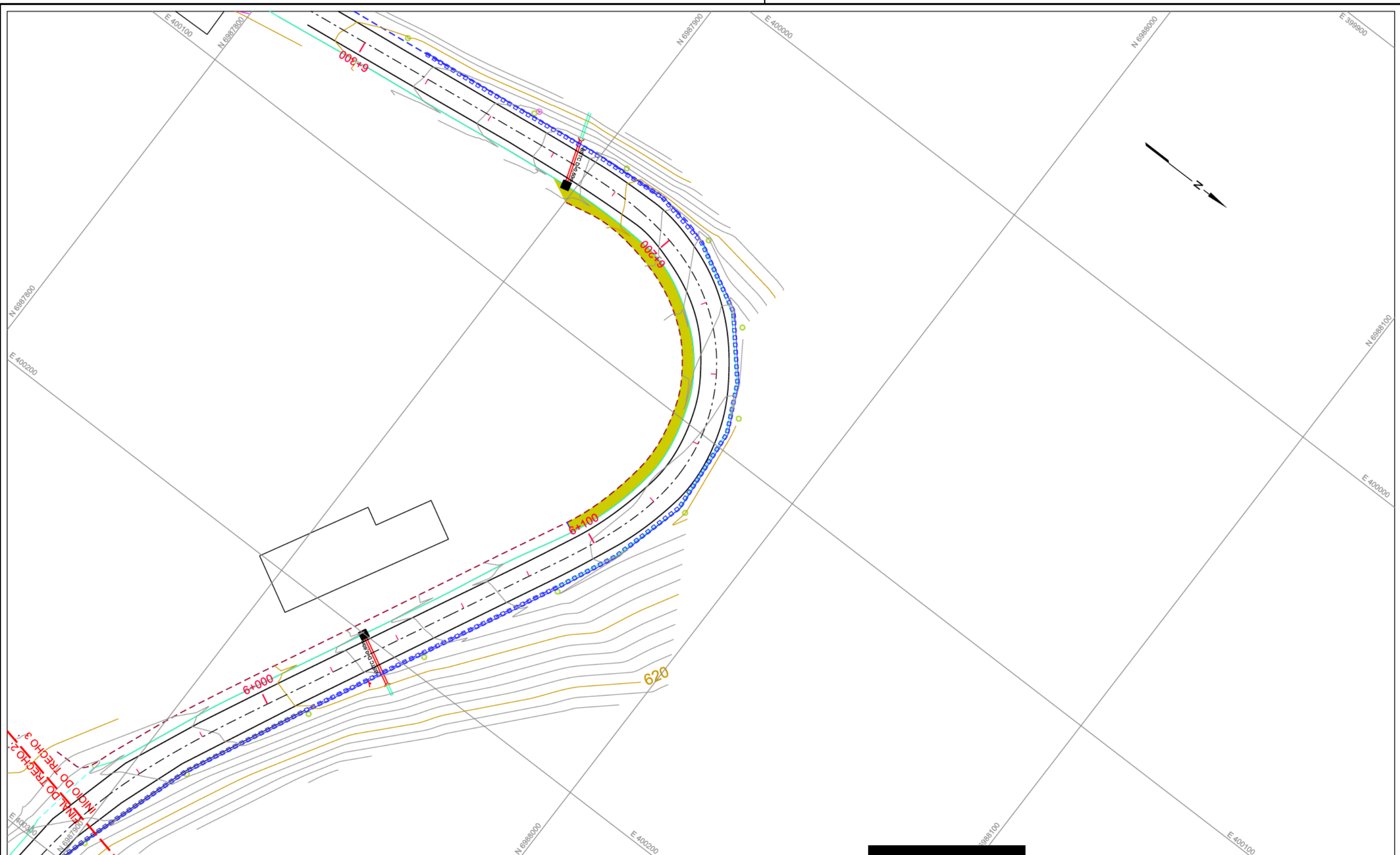
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO: P:\05_CONCORDIA\01_TNEVES\TOPO\03_T3\Topo_T3_01.dgn



EMPREENDIMENTO:			
PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA RUA TANCREDO DE ALMEIDA NEVES			
TRECHO COMPREENDIDO ENTRE A:		TRECHO:	
RUA JOÃO SUZIN MARINI E A RODOVIA BR-153/SC		03	
PROJETO:		EXTENSÃO:	
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL		1,340 km	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:		CONTRATANTE:	
[Redacted]		PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC	
ESCALA:	DATA:	REVISÃO:	FOLHA:
H=1:1000	Fevereiro/2014	1	PÁGINA:
			13



LEGENDA:

	—X—	Cerca de tela		
		Calçada existente		
		Cerca de arame		
		Cerca com grade de ferro		
		Defensa		
		Fibra ótica		
		Hidrante Casan		
		Lombrada eletrônica		
		Lixeira		
		Marco topográfico		
		Melo - Flo		
		Muro de Tijolos		

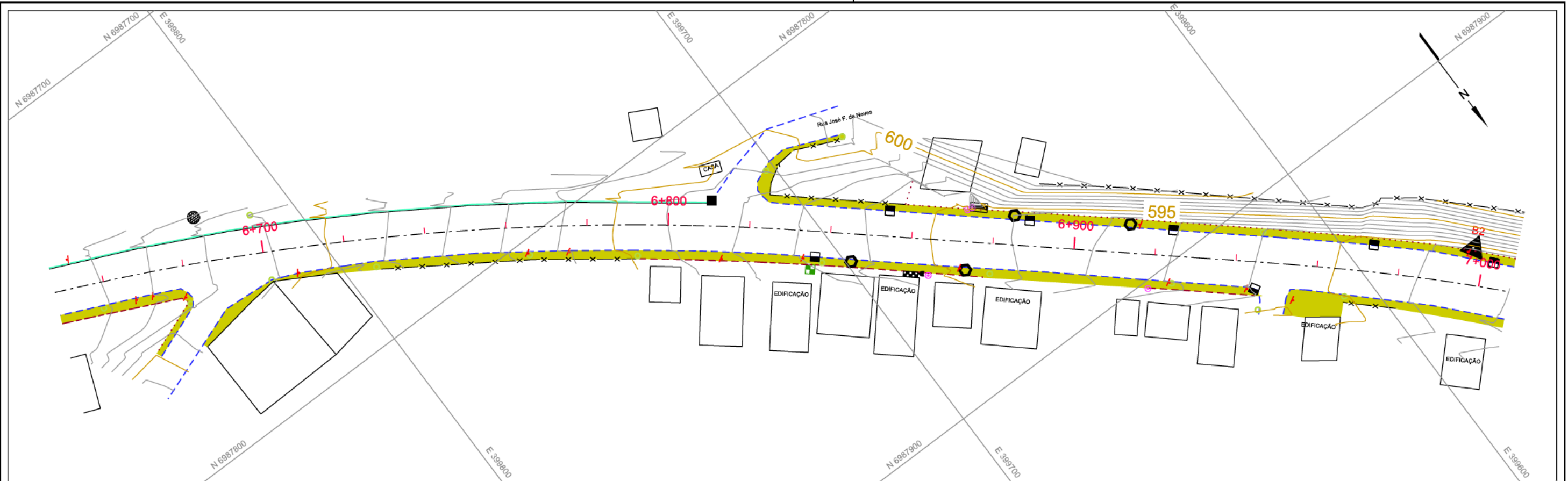
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

CÓDIGO: P:\05_CONCORDIA\01_TNEVES\TOPO\03_T3\Topo_T3_02.dgn

OBSERVAÇÕES:



EMPREENDIMENTO: PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA RUA TANCREDO DE ALMEIDA NEVES				
TRECHO COMPREENDIDO ENTRE A: RUA JOÃO SUZIN MARINI E A RODOVIA BR-153/SC			TRECHO: 03	
PROJETO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL			EXTENSÃO: 1,340 km	
RESPONSÁVEL TÉCNICO: [Redacted]		CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC		
ESCALA: H=1:1000	DATA: Fevereiro/2014	REVISÃO: 1	FOLHA:	PÁGINA: 14



LEGENDA:

	Acesso		Cerca de tela		Muro de Tijolos com grade		Rocha
	Armário de Telesc		Calçada existente		Muro de pedra		Registro Casan
	Alinhamento predial		Cerca de arame		Ornêlo		Refletor
	Base de concreto		Cerca com grade de ferro		Offset dos taludes		Vegetação
	Boca de Lobo		Defensa		Totem de propaganda		Sajeta de passagem d=30cm
	Bordo de pista		Fibra ótica		Placa em pórtico		Sajeta existente
	Bordo do acostamento		Hidrante Casan		Placa existente		Semáforo
	Bueiro tubular de concreto		Lombada eletrônica		Poste de baixa tensão		
	Calça coletora de sargeta		Linha		Poste de alta tensão		
	Calça d'água		Marco topográfico		Poste de iluminação		
	Calça de energia		Melo - Flo		Poste telefônico		
			Muro de Tijolos		Ponto de ônibus		

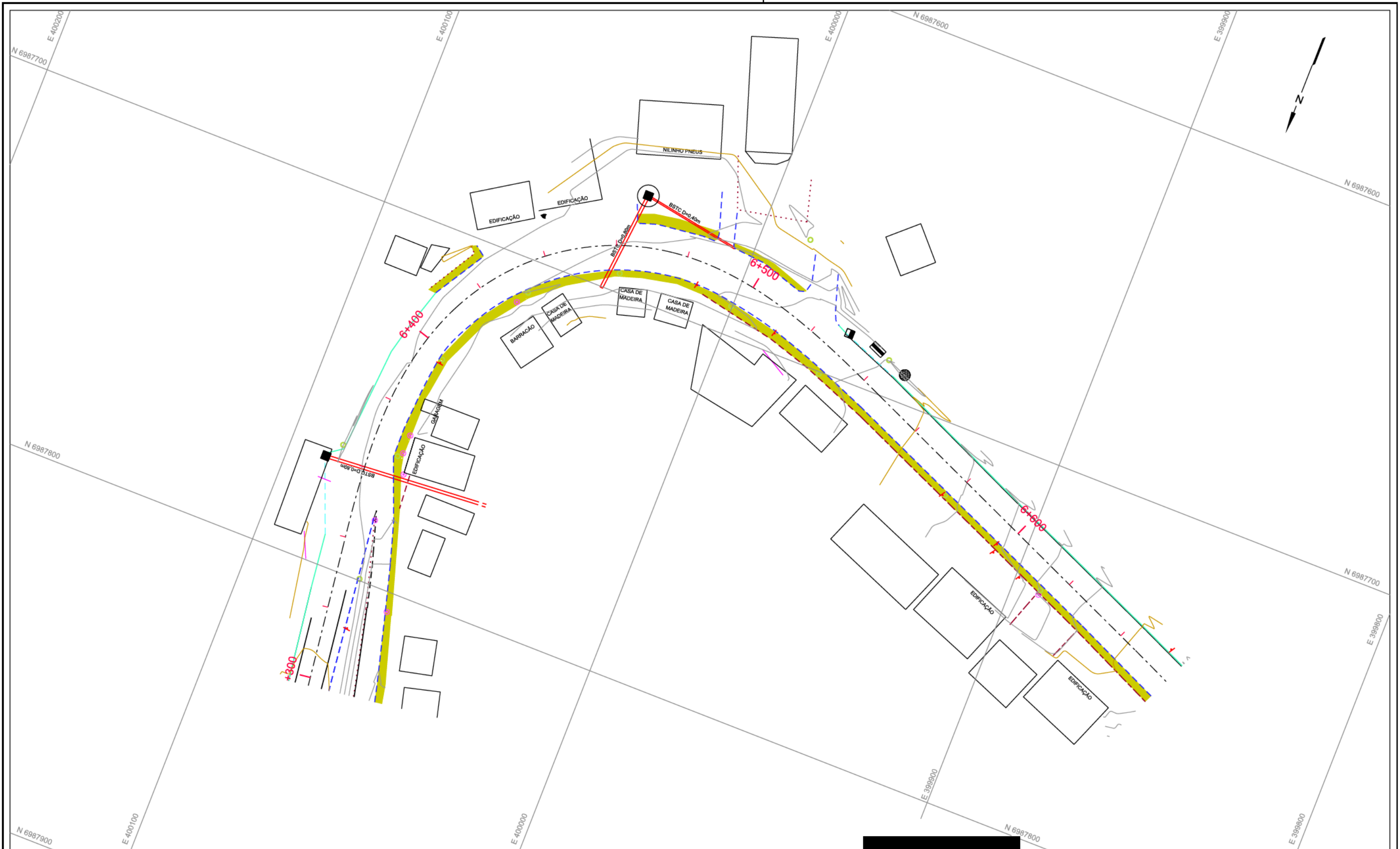
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

CÓDIGO: P:\05_CONCORDIA\01_TNEVES\TOPO\03_T3\Topo_T3_04.dgn

OBSERVAÇÕES:



EMPREENDIMENTO: PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA RUA TANCREDO DE ALMEIDA NEVES			
TRECHO COMPREENDIDO ENTRE A: RUA JOÃO SUZIN MARINI E A RODOVIA BR-153/SC		TRECHO: 03	
PROJETO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL		EXTENSÃO: 1,340 km	
RESPONSÁVEL TÉCNICO: [Redacted]		CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC	
ESCALA: H=1:1000	DATA: Fevereiro/2014	REVISÃO: 1	FOLHA: 15



LEGENDA:

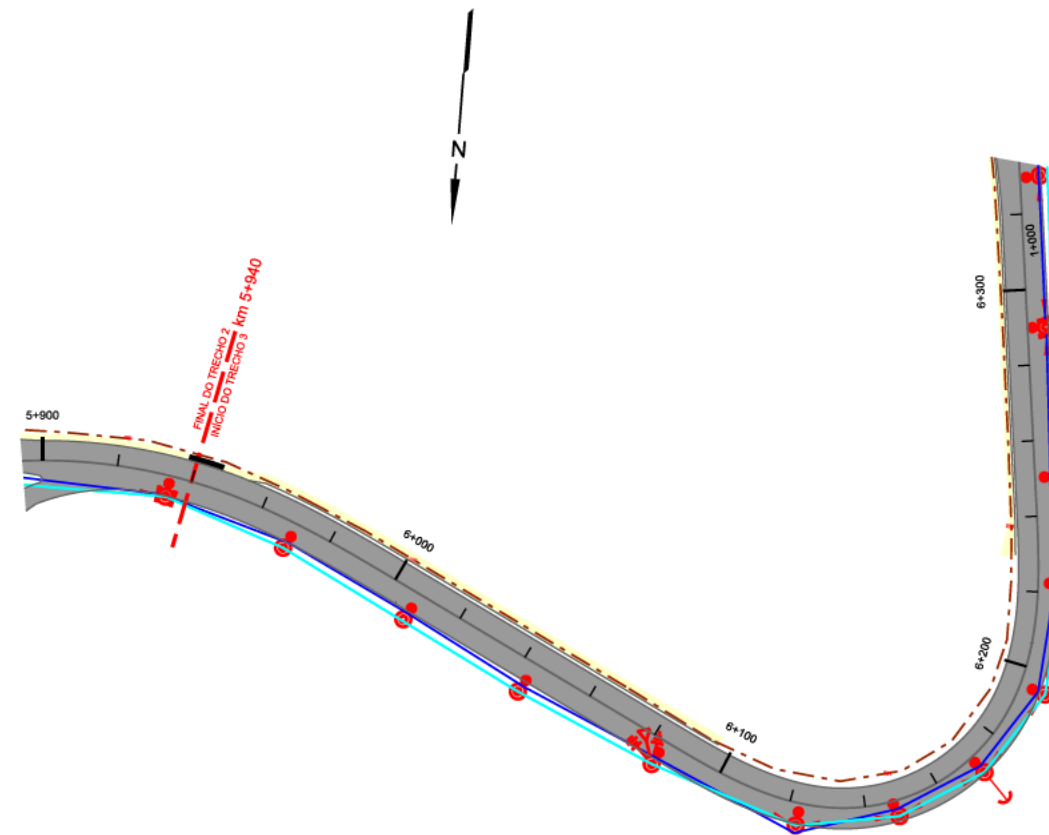
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

CÓDIGO: P:05_CONCORDIA/01_TNEVES:TOPO/03_T3:Topo_T3_03.dgn

OBSERVAÇÕES:

PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC

EMPREENDIMENTO:			
PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA RUA TANCREDO DE ALMEIDA NEVES			
TRECHO COMPREENDIDO ENTRE A:		TRECHO:	
RUA JOÃO SUZIN MARINI E A RODOVIA BR-153/SC		03	
PROJETO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL			EXTENSÃO:
			1,340 km
RESPONSÁVEL TÉCNICO:		CONTRATANTE:	
		PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC	
ESCALA:	DATA:	REVISÃO:	FOLHA:
H=1:1000	Fevereiro/2014	1	PÁGINA:
			16



LEGENDA:

REDES SUBTERRÂNEAS

- - - - - Rede CASAN - DN=50mm
- - - - - Rede CASAN - DN=75mm
- - - - - Rede CASAN - DN=100mm
- - - - - Rede CASAN - DN=150mm

REDES AÉREAS

- Rede CELESC - Primária
- Rede CELESC - Secundária

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

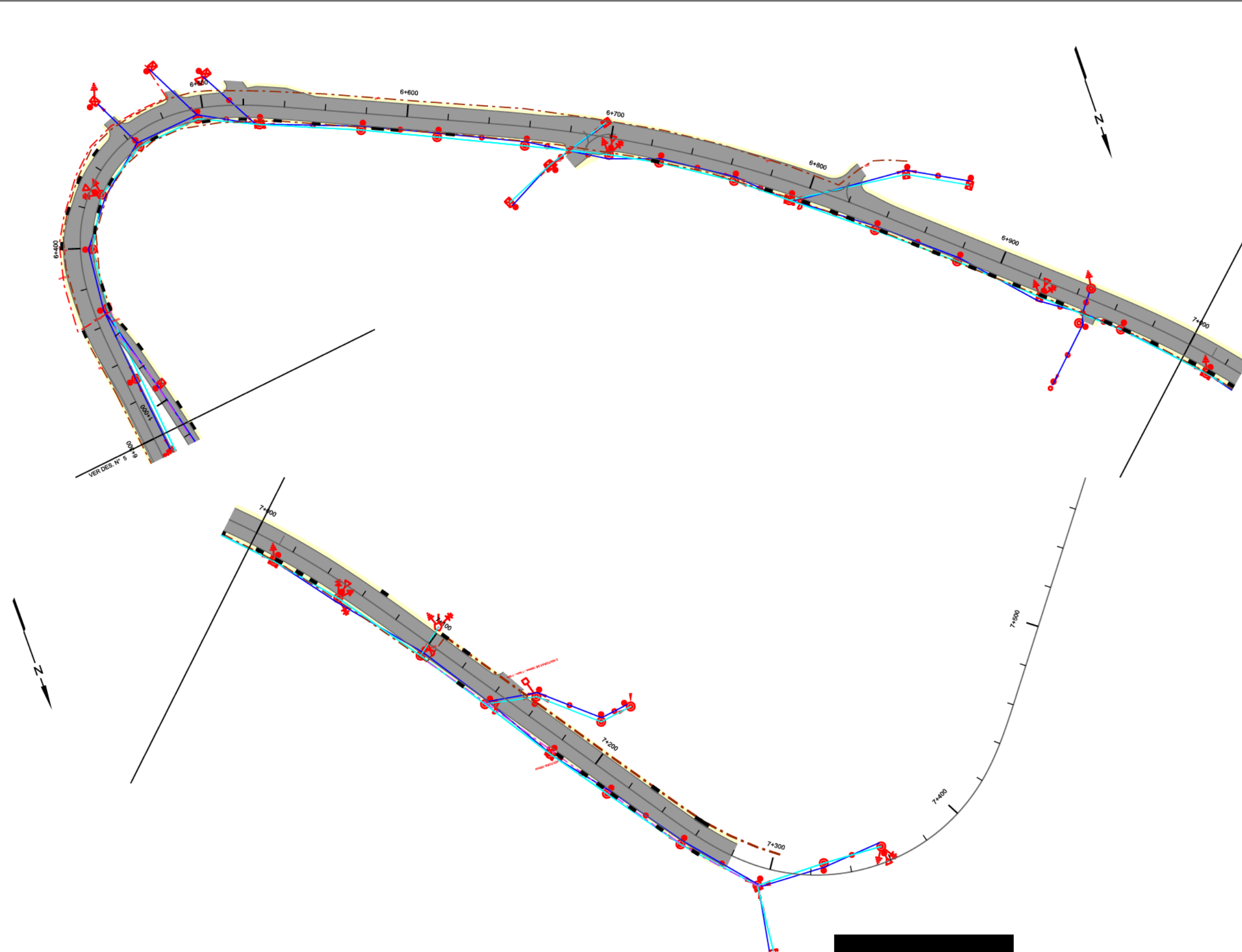
CÓDIGO: P105_CONCORDIA@1_NEVES\INTERF03_T3\Inter_T3_01.dgn


OBSERVAÇÕES:

PREFEITURA MUNICIPAL
DE CONCÓRDIA/SC



EMPREENDIMENTO: PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA RUA TANCREDO DE ALMEIDA NEVES				
TRECHO COMPREENDIDO ENTRE A: RUA JOÃO SUZIN MARINI E A RODOVIA BR-153/SC			TRECHO: 03	
PROJETO: CADASTRO DE INTERFERÊNCIAS COM REDES DE INFRAESTRUTURA			EXTENSÃO: 1,34 km	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:		CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC		
ESCALA: 1:2000	DATA: Fevereiro/2014	REVISÃO: 1	FOLHA:	PÁGINA: 18



LEGENDA: REDES SUBTERRÂNEAS - - - - - Rede CASAN - DN=50mm - - - - - Rede CASAN - DN=75mm - - - - - Rede CASAN - DN=100mm - - - - - Rede CASAN - DN=150mm		REDES AÉREAS — Rede CELESC - Primária — Rede CELESC - Secundária		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA: CÓDIGO: P105_CONCORDIA01_TNEVESINTERF03_T3Inter_T3_02.dgn	OBSERVAÇÕES: <div style="background-color: black; width: 100px; height: 20px; margin: 5px 0;"></div>	PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC 	EMPREENDIMENTO: PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA RUA TANCREDO DE ALMEIDA NEVES	
PROJETO: CADASTRO DE INTERFERÊNCIAS COM REDES DE INFRAESTRUTURA		TRECHO COMPREENDIDO ENTRE A: RUA JOÃO SUZIN MARINI E A RODOVIA BR-153/SC		TRECHO: 03	EXTENSÃO: 1,34 km		RESPONSÁVEL TÉCNICO: <div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin: 2px 0;"></div>	CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA/SC
ESCALA: 1:2000	DATA: Fevereiro/2014	REVISÃO: 1	FOLHA:	PÁGINA: 19				

ANEXO B – Ensaios Geotécnicos

BOLETIM DE SONDAGEM														
RODOVIA : Rua Tancredo de Almeida Neves														
OBJETIVO DA SONDAGEM : Estudo do Sub-Leito														
TRECHO : Cruzamento com a Rua João Suzin - Entroncamento com a BR-153														
Nº do Furo	Km	Fração	Inteiro	Posição	Afastamento (m)	Coordenadas		Tipo de Sondagem	Profundidade (m)		Amostra Nº	N.A. (m)	SONDAD C Lorenzi	DATA: 9 novembro, 2013
						X	Y		De	A				
LEGENDA: PP = pá e picareta, ST = sondagem a trado, SPN = sondagem penetrométrica, SPR = sondagem penetrométrica com rompedor, CAV = sondagem com cavadeira														
F 01	000	500		LD	Bordo				PP/CAV/ST	0,00	0,06			Capa Pista Rolamento
Obs.: Camada de Acostamento com 0,04m.														
										0,06	0,43			Base de Brita Graduada
										0,43	0,70			Sub-Base de Rachão
										0,70	1,10	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos
										1,10	---			Impenetrável CAV e ST
F 02	001	500		LE	Bordo				PP/CAV/ST	0,00	0,08			Capa Pista Rolamento
Obs.: Pista de Desaceleração e Acesso (Sem Acostamento).														
										0,08	0,22			Base de Brita Graduada
										0,22	0,54			Sub-Base de Rachão
										0,54	1,30	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos
										1,30	---			Impenetrável CAV e ST
F 03	002	500		LD	Bordo				PP/CAV/ST	0,00	0,09			Capa Pista Rolamento
Obs.: Camada de Acostamento com 0,06m.														
										0,09	0,21			Base de Brita Graduada
										0,21	0,46			Sub-Base de Rachão
										0,46	1,40	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos

BOLETIM DE SONDAGEM															
RODOVIA:		Rua Tancredo de Almeida Neves										OBJETIVO DA SONDAGEM: Estudo do Sub-Leito			
TRECHO:		Cruzamento com a Rua João Suzin - Entroncamento com a BR-153										SONDADC Loreni		DATA: #####	
Nº do Furo	Inteiro	Km	Fração		Posição	Afastamento (m)	Coordenadas		Tipo de Sondagem	Profundidade (m)		Amostra Nº	N.A. (m)	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	
			X	Y			De	A							
LEGENDA: PP = pá e picareta, ST = sondagem a trado, SPN = sondagem penetrométrica, SPR = sondagem penetrométrica com rompedor, CAV = sondagem com cavadeira															
F 07	006	500			LE	Bordo			PP/CAV/ST	0,00	0,06			Capa Pista Rolamento	
Obs.: Camada de Acostamento com 0,06m.															
Obs.: Alterado para Lado Esquerdo (Local em Curva Perigosa).															
										0,06	0,27			Base de Brita Graduada	
										0,27	0,72			Sub-Base de Rachão	
										0,72	---			Sub-Base de Rachão - Impenetrável CAV e ST	
F 08	007	250			LD	Bordo			PP/CAV/ST	0,00	0,06			Capa Pista Rolamento	
Obs.: Camada de Acostamento com 0,06m.															
										0,06	0,23			Base de Brita Graduada	
										0,23	0,37			Sub-Base de Rachão	
										0,37	1,40	001		Silte Argilo Arenoso Marron com Pedregulhos	
F 09	005	830				Bordo esquerdo da Rua Vitor Sopesla			PP/CAV/ST	0,00	0,04			Capa Pista Rolamento	
										0,04	0,18			Base de Brita Graduada	
										0,18	0,80			Silte Argilo Arenoso Marron com Pedregulhos	
F 10	006	270				Bordo Direito da Rua Vitor Sopesla			PP/CAV/ST	0,00	0,04			Capa Pista Rolamento	
										0,04	0,17			Base de Brita Graduada	
										0,17	0,80			Silte Argilo Arenoso Marron com Pedregulhos	

BOLETIM DE SONDAGEM													
RODOVIA :		Rua Tancredo de Almeida Neves				OBJETIVO DA SONDAGEM : Estudo do Sub-Leito				SONDADC Loreni			
TRECHO :		Cruzamento com a Rua João Suzin - Entroncamento com a BR-153				DATA: #####				CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA			
Nº do Furo	Km	Inteiro	Fração	Posição	Afastamento (m)	Coordenadas		Tipo de Sondagem	Profundidade (m)		Amostra Nº	N.A. (m)	Condições Atmosféricas : (S) Dia Seco (S); Dia Chuvoso (C); Chuva Dia Anterior (A)
						X	Y		De	A			
LEGENDA: PP = pá e picareta, ST = sondagem a trado, SPN = sondagem penetrométrica, SPR = sondagem penetrométrica com rompedor, CAV = sondagem com cavadeira													
S 01	001	150	LD	30,00				PP/CAV/ST	0,00	4,00	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos
Obs.: Material coletado no Corte existente													
									4,00	8,00			Material de 2ª Categoria
									8,00	---			Material de 3ª Categoria
S 02	002	960	LE	20,00				PP/CAV/ST	0,00	1,50	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos
Obs.: Alterado Lado da pista para coleta sendo que:													
LD Baixo Relevô em relação ao eixo pista e LE pode ser usado como jazida.													
S 03	004	660	LE	13,00				PP/CAV/ST	0,00	1,50	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos
S 04	004	600	LD	25,00				PP/CAV/ST	0,00	1,50	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos
Obs.: Alterado Lado da pista para coleta sendo que:													
LD Baixo Relevô em relação ao eixo pista e LE pode ser usado como jazida.													
S 04	004	600	LE	25,00				PP/CAV/ST	0,00	1,50	001		Silte Argilo Arenoso Marrom com Pedregulhos

QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DO SUBLEITO														
Rua		Tacondo de Almeida Neves no Município de Concórdia/SC												
Subleito Existente		Cruzamento com a Rua João Suzin - Entroncamento com a BR-153												
Trecho:														
Puro	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09*	F10*	S01	S02	S03	S04
Km	0+500	1+500	2+500	3+500	4+500	5+500	6+500	7+250	5+830	6+270	1+150	2+960	4+660	4+600
Lado	LD	LE	LD	LE	LD	LE	LE	LD	LE	LD	LD	LE	LE	LD
Camada (cm)	70-110	54-130	46-140	55-140	54-1P	48-160	72-1P	37-140	18-80	17-80	40-150	40-150	40-150	40-150
Posição em Rel. ao Eixo	Bordo da Pista	Bordo da Pista	Bordo da Pista	Bordo da Pista	Bordo da Pista	Bordo da Pista	Bordo da Pista	Bordo da Pista	BP-Rua Vitor Soppelsa	BP-Rua Vitor Soppelsa	30 metros	20 metros	13 metros	25 metros
	2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1"	88,4	95,3	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	86,9	87,5
	3/4"	84,0	87,8	100,0	100,0	94,0		100,0	93,9	93,6	87,6	92,7	81,5	85,9
	3/8"	74,4	78,0	98,1	100,0	83,2		98,0	82,9	82,4	75,4	92,1	73,7	79,6
	nº4	68,3	65,6	97,5	99,3	78,9		96,8	78,5	77,8	71,1	89,6	70,9	74,8
	nº10	67,0	53,0	96,5	98,1	75,2		93,8	74,8	74,0	70,1	88,2	67,6	70,4
	nº40	50,6	38,9	82,1	85,6	53,3		72,0	52,4	52,4	37,1	72,6	49,4	52,6
	nº200	30,6	27,9	63,7	69,3	31,6		60,6	30,2	31,1	21,6	52,0	29,4	28,5
	LL	45,9	42,0	43,9	49,8			53,2	54,8	54,6	49,2	46,0	56,1	52,5
IP	13,2	17,2	17,1	25,1			24,6	28,6	24,3	21,0	26,9	25,5	27,0	
IG	0,5	0,9	9,1	14,6			12,6	2,5	2,3	0,7	10,2	2,2	2,3	
Classificação H.R.B.	A2-7	A2-7	A7-6	A7-6			A7-6	A2-7	A2-7	A2-7	A7-6	A2-7	A2-7	
hot. (%)	39,2	20,5	26,2	34,1			30,0	35,1	35,6	38,0	28,0	30,8	32,0	
D máx. (g/cm3)	1,24	1,60	1,47	1,36			1,41	1,27	1,27	1,22	1,43	1,40	1,37	
Expansão (%)	0,7	0,2	1,4	0,2			0,4	0,2	0,2	0,3	1,1	0,5	0,8	
	11	13	7	9			10	9	8	11	7	8	8	
ISC (%)														
Granulometria	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													
	IMPENETRÁVEL													

ANEXO C – Demonstrativo dos quantitativos dos serviços de pavimentação com geogrelha

DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO COM GEOGRELHA										
1 - Fresagem + Reforço										
DISCRIMINAÇÃO	EXTENSÃO (m)	LARGURA DE CÁLCULO (m)	ESPES. (m)	ÁREA (m ²)	VOLUME (m ³)	MASSA (ton)	Densidade ou Taxa de Aplicação		UNID.	QUANTIDADE
							VALOR	UNID.		
1.13 - Segmento: Km 5+933 a Km 5+958; Km 5+958 ao Km 6+096; Km 6+096 ao Km 6+229; Km 6+229 ao Km 6+300										
Fresagem Descontínua esp.:3cm (30%) + Reconposição em CAUQ + Geogrelha Anti-reflexão + Reforço em CAUQ:6cm										
CAUQ (recomp. Fresag.)	367	10,75	0,030	1.183,58	35,51	88,77	2,50	ton/m ³	ton	88,77
CAUQ (reforço)	367	10,75	0,060	3.945,25	236,72	591,79	2,50	ton/m ³	ton	591,79
Geogrelha anti-reflexão				3.945,25					m ²	3.945,25
Fresagem Descontínua	367	10,75	0,03	1.183,58	35,51				m ³	35,51
Pintura de Ligação (fresag.)	367	10,75		1.183,58					m ²	1.183,58
Pintura de Ligação (reforço)	367	10,75		3.945,25					m ²	3.945,25
Fornec. de CAP-50/70							5,10	%	ton	34,71
Fornec. de RR-2C				5.128,83			0,60	l/m ²	ton	3,08
1.14 - Segmento: Km 6+300 a Km 6+400										
Fresagem Descontínua esp.:3cm (60%) + Reconposição em CAUQ + Geogrelha Anti-reflexão + Reforço em CAUQ:8cm										
CAUQ (recomp. Fresag.)	100	8,00	0,030	480,00	14,40	36,00	2,50	ton/m ³	ton	36,00
CAUQ (reforço)	100	8,00	0,060	800,00	48,00	120,00	2,50	ton/m ³	ton	120,00
Geogrelha anti-reflexão				800,00					m ²	800,00
Fresagem Descontínua	100	8,00	0,300	480,00	144,00				m ³	144,00
Pintura de Ligação (fresag.)	100	8,00		480,00					m ²	480,00
Pintura de Ligação (reforço)	100	8,00		800,00					m ²	800,00
Fornec. de CAP-50/70							5,10	%	ton	7,96
Fornec. de RR-2C				1.280,00			0,60	l/m ²	ton	0,77
1.14.1 - Ciclovía										
CAUQ	100	2,50	0,030	250,00	7,50	18,75	2,50	ton/m ³	ton	18,75
Pintura de Ligação	100	2,50		250,00					m ²	250,00
Fornec. de CAP-50/70							5,10	%	ton	0,96
Fornec. de RR-2C				250,00			0,60	l/m ²	ton	0,15
1.15 - Segmento: Km 6+400 ao Km 6+660; Km 6+660 ao Km 6+660 ao Km 6+740; Km 6+740 ao Km 6+846; Km 6+846 ao PF										
Fresagem Descontínua esp.:3cm (60%) + Reconposição em CAUQ + Geogrelha Anti-reflexão + Reforço em CAUQ:8cm										
CAUQ (recomp. Fresag.)	880	7,25	0,030	3.828,00	114,84	287,10	2,50	ton/m ³	ton	287,10
CAUQ (reforço)	880	7,25	0,060	6.380,00	382,80	957,00	2,50	ton/m ³	ton	957,00
Geogrelha anti-reflexão				6.380,00					m ²	6.380,00
Fresagem Descontínua	880	7,25	0,030	3.828,00	114,84				m ³	114,84
Pintura de Ligação (fresag.)	880	7,25		3.828,00					m ²	3.828,00
Pintura de Ligação (reforço)	880	7,25		6.380,00					m ²	6.380,00
Fornec. de CAP-50/70							5,10	%	ton	63,45
Fornec. de RR-2C				10.208,00			0,60	l/m ²	ton	6,12
1.15.1 - Ciclovía										
CAUQ	880	2,50	0,030	2.200,00	66,00	165,00	2,50	ton/m ³	ton	165,00
Pintura de Ligação	880	2,50		2.200,00					m ²	2.200,00
Fornec. de CAP-50/70							5,10	%	ton	8,42
Fornec. de RR-2C				2.200,00			0,60	l/m ²	ton	1,32
TOTAL ITEM 1 (TRECHO 03)										
CAUQ									ton	2.264
Geogrelha anti-reflexão									m ²	11.125
Fresagem Descontínua									m ³	294
Pintura de Ligação									m ²	19.067
Fornec. de CAP-50/70									ton	115
Fornec. de RR-2C									ton	11

ANEXO D – Diagrama unifilar de condição do pavimento

