

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



DANILO MARTINS DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS IDENTIFICADAS NO
PAVIMENTO RÍGIDO DAS OBRAS DE DUPLICAÇÃO DA
RODOVIA BR-101, EM SERGIPE**

São Cristóvão

2018

DANILO MARTINS DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS IDENTIFICADAS NO PAVIMENTO RÍGIDO
DAS OBRAS DE DUPLICAÇÃO DA RODOVIA BR-101, EM SERGIPE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Sergipe – UFS, para encerramento do
componente curricular e conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Joelson Hora Costa

São Cristóvão – SE

2018

DANILO MARTINS DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS IDENTIFICADAS NO PAVIMENTO RÍGIDO
DAS OBRAS DE DUPLICAÇÃO DA RODOVIA BR-101, EM SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Sergipe – UFS, para encerramento do
componente curricular e conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Joelson Hora Costa

Aprovado em: _____ de _____ de _____ .

BANCA EXAMINADORA

Nota _____

**Me – Joelson Hora Costa – Universidade Federal de Sergipe
(Presidente – Orientador)**

Nota _____

**Me – Victor Manuel de Queiroz Lourenço – Faculdade Pio Décimo
(1º Examinador)**

Nota _____

**Me – Robson Rabelo de Santana – Universidade Tiradentes
(2º Examinador)**

Pavimento Rígido

Avaliação das anomalias identificadas no pavimento rígido das obras de duplicação da rodovia BR-101, em Sergipe

Autor: Danilo Martins de Almeida

Orientador: Me. Joelson Hora Costa

Examinadores: Me. Victor Manuel de Queiroz Lourenço

Me. Robson Rabelo de Santana

RESUMO

Os pavimentos de concreto de cimento Portland estão sendo ao longo dos anos cada vez mais empregados, especialmente em vias de tráfego intenso e pesado; seu elevado custo inicial, quando comparado ao pavimento flexível, pode vir a ser compensado pela alta durabilidade e baixa necessidade de manutenção. Contudo, o aparecimento de patologias de forma precoce, reduz os atrativos principais desse tipo de pavimento: maior durabilidade e menor custo com manutenção. Além disso, o descaso com o erário, presente nas obras inacabadas e no abandono, evidenciam a má gestão, contribuindo ainda mais para o “Custo Brasil”. Esse trabalho de pesquisa busca, em possíveis falhas construtivas (processo executivo), justificar o aparecimento dessas patologias, e, para tal, foram realizadas pesquisas bibliográficas e de campo com a finalidade de compreender a importância das rodovias, condições de uso e metodologias construtivas. Como estudo de caso, foram avaliadas anomalias existentes no pavimento rígido das obras de duplicação da BR-101 NE, no estado de Sergipe, entre os municípios de Propriá e Malhada dos Bois.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas do pavimento flexível	6
Figura 2 - Distribuição de cargas	7
Figura 3 - Camadas do pavimento rígido	8
Figura 4 - Barras de transferência, barras de ligação e juntas	9
Figura 5 - Barras de ligação	12
Figura 6 - Barras de transferência	13
Figura 7 - Alçamento de placas	15
Figura 8 - Fissura de canto	15
Figura 9 - Placa dividida.....	16
Figura 10 - Degrau nas juntas.....	17
Figura 11 - Falha na selagem das juntas.....	17
Figura 12 - Desnível pavimento-acostamento	18
Figura 13 - Fissuras Lineares	18
Figura 14 - Desgaste superficial	20
Figura 15 - Placa bailarina	21
Figura 16 - Quebras localizadas.....	22
Figura 17 - Fissuras superficiais.....	23
Figura 18 - Fissuras de retração plástica.....	23
Figura 19 - Quebra de canto.....	24
Figura 20 - Esborcinamento de juntas	25
Figura 21 - Assentamento	25
Figura 22 - Buracos.....	26
Figura 23 - BR-101, Propriá/Aracaju.....	27
Figura 24 - BR-101 (Trecho 1).....	28
Figura 25 - BR-101 (Trecho 2).....	29
Figura 26 - Largura x Comprimento (placa).....	30
Figura 27 - Espessura da Placa	30
Figura 28 - Dimensões (Barras de Transferência)	31
Figura 29 - Barras de ligação	32
Figura 30 - Situação do subtrecho 1.....	33
Figura 31 - Construção de ponte no km-03.....	33
Figura 32 - Situação das juntas.....	34
Figura 33 - Barras de ligação e de transferência expostas.....	35
Figura 34 - Falhas no dispositivo de drenagem.....	36
Figura 35 – Situação de abandono (BR-101)	36
Figura 36 – Sub-base (subtrecho 03).....	37
Figura 37 - Exposição das barras de transferência e ligação.....	38
Figura 38 - Situação das juntas - subtrecho 4	38
Figura 39 – Terra e óleo na pista - subtrecho 4.....	39
Figura 40 - Bocas de lobo - subtrecho 4.....	39
Figura 41 - Desgaste superficial	40
Figura 42 - Área de risco de escorregamento de terra – subtrecho 4	41

Figura 43 - Furto de barras de transferência	42
Figura 44 - Subtrecho 5	42
Figura 45 - Uso indevido da rodovia	43
Figura 46 - Obras paradas (subtrecho 7).....	43
Figura 47 - Ausência de sarjetas (Trecho 2)	44
Figura 48 - Grandes reparos (Trecho 2)	44
Figura 49 - Esborcinamento de juntas (Trecho 2)	45
Figura 50 - Fissuras superficiais.....	46
Figura 51 - Quebra de canto.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Movimentação anual de Cargas	2
Tabela 2 - Movimentação anual de Passageiros	3
Tabela 3 - Classificação do pavimento (Extensão total).....	3
Tabela 4 - Classificação do estado geral (extensão total)	4
Tabela 5 - Subtrechos do Trecho 01.....	28
Tabela 6- Dimensões da Placa de concreto.....	30
Tabela 7 - Dimensões das barras de transferência	31
Tabela 8 - Diâmetro, comp. e espaçamento de barras de transferência (Barras Lisas - Aço CA-25)....	32
Tabela 9 - Dimensões das barras de ligação	32

LISTA DE SIGLAS

SE – Sergipe

NE - Nordeste

km – Quilômetro

m – Metro

cm - Centímetro

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

CNT - Confederação Nacional do Transporte

FRN – Fundo Rodoviário Nacional

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1	Pavimento.....	4
2.2	Pavimento flexível.....	5
2.3	Pavimento rígido	7
2.4	Pavimento semi-rígido	8
2.5	Defeitos dos pavimentos rígidos	14
2.5.1	<i>Alçamento de Placas</i>	14
2.5.2	<i>Fissura de canto</i>	15
2.5.3	<i>Placa dividida</i>	16
2.5.4	<i>Escalonamento ou degrau nas juntas</i>	16
2.5.5	<i>Falha na selagem das juntas</i>	17
2.5.6	<i>Desnível pavimento-acostamento</i>	18
2.5.7	<i>Fissuras lineares</i>	18
2.5.8	<i>Desgaste superficial</i>	19
2.5.9	<i>Bombeamento</i>	20
2.5.10	<i>Placa “bailarina”</i>	21
2.5.11	<i>Quebras localizadas</i>	21
2.5.12	<i>Passagem de nível</i>	22
2.5.13	<i>Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação</i>	22
2.5.14	<i>Fissuras de retração plástica</i>	23
2.5.15	<i>Esborcimento ou quebra de canto</i>	24
2.5.16	<i>Esborcimento de juntas</i>	24
2.5.17	<i>Assentamento</i>	25
2.5.18	<i>Buracos</i>	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	Área de estudo.....	27
3.2	Coleta de dados	29
4	ESTUDO DE CASO	30
4.1	Dimensões	30
4.2	Análise do Trecho 1 – Resultados e discussões	33
4.2.1	<i>Subtrecho 1 – Km 0 ao Km 3.8</i>	33
4.2.2	<i>Subtrecho 2 – Km 3.8 ao Km 6.9</i>	33

4.2.3	<i>Subtrecho 3 – Km 6.9 ao Km 8.3</i>	37
4.2.4	<i>Subtrecho 4 – Km 8.3 ao Km 22.3</i>	37
4.2.5	<i>Subtrecho 5 – Km 22.3 ao Km 23.0</i>	42
4.2.6	<i>Subtrecho 6 – Km 23.0 ao Km 24.0</i>	43
4.2.7	<i>Subtrecho 7 – Km 24.0 ao Km 24.6</i>	43
4.3	Análise do Trecho 2 – Resultados e discussões	44
4.4	Resposta do DNIT	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

O mundo em que vivemos está em constante transformação e a busca por novas tecnologias que tragam uma melhor relação custo/benefício para os investimentos em infraestrutura em nosso país é uma necessidade, sobretudo em face da escassez de recursos disponíveis. Heráclito de Éfeso, autodidata e pensador turco em meados do século XI a.C. dizia: “Nada é permanente, exceto a mudança”. Quando se trata de pavimentos, a preocupação com custos, qualidade, desempenho e durabilidade devem ser permanentes.

De acordo com dados da Confederação Nacional de Transportes – CNT (2018), o transporte rodoviário é o principal sistema logístico do Brasil. A abertura de novas estradas possibilita a integração nacional e o crescimento econômico. Quanto mais isoladas, as populações sofrem com fome e miséria, mais difíceis se tornam os acessos aos produtos e mais ausentes ficam os serviços de saúde e educação.

Nos últimos anos, o Brasil recebeu importantes investimentos em obras de pavimentação em concreto de cimento Portland. Segundo o [sítio mapadaobra.com](http://mapadaobra.com), construções como a duplicação da BR101-NE; o Rodoanel Mario Covas (São Paulo); a linha verde de Curitiba; os corredores de ônibus da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos – EMTU São Mateus-Jabaquara e a EPTV, em Brasília, já adotam essa solução. E essa escolha não se deu ao acaso, esse tipo de pavimento apresenta vantagens como: grande durabilidade, em geral, só após 20 anos de sua construção tem-se a necessidade de manutenção corretiva; conforto ao rolamento; melhor visibilidade por reflexão e conseqüente redução de gastos com iluminação pública; economia de combustível e redução no consumo de pneus. Essa maior durabilidade com pouca manutenção lhe traz competitividade econômica mesmo tendo inicialmente um maior custo de implantação, quando comparado ao pavimento flexível.

Todavia as falhas de projeto e construtivas, o descaso com os recursos públicos, atrasos ou até mesmo o abandono de trechos não concluídos das obras de pavimento rígido, a exemplo da duplicação da BR-101, fazem reduzir os principais atrativos do pavimento rígido.

O objetivo da presente pesquisa é registrar as anomalias possíveis de visualização, no pavimento rígido das obras de duplicação de 02(dois) trechos da rodovia BR-101, em Sergipe, caracterizando o estado de degradação decorrente de falhas construtivas e patologias, além de avaliar as possíveis causas desses problemas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo o DNIT, a história do rodoviário nacional teve seu início no século XIX, em 1861, com a inauguração da estrada União Indústria, que cortava os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Porém, essa história continuou por bastante tempo sem muito o que acrescentar. Somente em 1937 foi fundado o DNER, mas em sua criação ele ainda não possuía recursos próprios e suas atividades eram desvinculadas dos sistemas rodoviários estadual e municipal. Como resultado dessa política rodoviária, o Brasil chegou à década de 40 com apenas 423 km de rodovias pavimentadas, entre federais e estaduais.

Somente em 1945, com o Decreto-lei 8.463 (Lei Joppert), que conferia autonomia técnico-financeira ao DNER e criava também o Fundo Rodoviário Nacional, é que a situação passou a mudar. Em 1950 o Brasil já contava com 968 km de malha rodoviária pavimentada, o dobro que existia 5 anos antes.

Nas décadas seguintes o Brasil viu explodir o rodoviário e, já no final dos anos 1960, todas as capitais (com exceção de Manaus e Belém) estavam interligadas por estradas federais.

Em meados de 2014 tem início a pior crise da história brasileira, com alguns anos de recessão econômica, entretanto, alguns sinais de recuperação são registrados no segundo semestre de 2017.

Hoje o modal rodoviário é o principal sistema de transportes do país, transportando cargas e passageiros, como demonstrado nas Tabelas 1 e 2, a seguir. Segundo dados da CNT (2018), a extensão da malha rodoviária brasileira atingiu, em 2018, um total de 1.735.411 km.

Tabela 1 - Movimentação anual de Cargas

MATRIZ DO TRANSPORTE DE CARGAS		
Modal	Milhões de toneladas úteis	Participação (%)
Rodoviário	485.625	61.1
Ferrovário	164.809	20.7
Aquaviário	108.000	13.6
Dutoviário	33.300	4.2
Aéreo	3.169	0.4
Total	794.903	100.0

Fonte: CNT (2018)

Tabela 2 - Movimentação anual de Passageiros

PASSAGEIROS TRANSPORTADOS				
Modal	Rodoviário ⁽¹⁾ (2016)	Ferroviário ⁽²⁾ (2016)	Aquaviário ⁽³⁾ (2015/2016)	Aeroviário ⁽⁴⁾ (2016)
Total	92.529.213	2.893.458	552.091	96.162.660

Fonte: CNT (2018)

⁽¹⁾ Interestadual e internacional⁽²⁾ Longa distância⁽³⁾ Número de passageiros que viajaram em cruzeiros marítimos pelo país, Temporada 2015/2016⁽⁴⁾ Embarque e desembarque

Assim, para a continuidade da retomada do crescimento o Brasil nos próximos anos precisará de uma maior eficiência na infraestrutura de transportes e, conseqüentemente, a necessidade de dispor de rodovias com maior nível de qualidade. Assim, é imprescindível a recuperação e expansão da atual malha rodoviária para permitir esse crescimento (social e econômico) com bases permanentes.

Levantamentos da CNT (2017) apontam que metade dos pavimentos brasileiros são classificados como “regular”, “ruim” ou “péssimo”, como mostra a *Tabela 3*.

Tabela 3 - Classificação do pavimento (Extensão total)

Pavimento	Extensão Total	
	km	%
Ótimo	42.666	40,3
Bom	10.237	9,7
Regular	35.962	34,0
Ruim	14.004	13,2
Péssimo	2.945	2,8
Total	105.814	100,0

Fonte: CNT (2017)

Nesses valores estão incluídas rodovias federais, estaduais, sob gestão pública e sob gestão concedida.

Em relação a qualidade do estado geral dessas rodovias, se constatou também que houve uma piora quando comparadas ao ano anterior, 2016, e a principal razão dessa piora foi a redução dos investimentos em infraestrutura rodoviária. Em 2017, 61,8% das rodovias estavam classificadas como regulares, ruins ou péssimas, conforme *Tabela 4*, enquanto no ano anterior (2016) esse índice era de 58,2%

Tabela 4 - Classificação do estado geral (extensão total)

Estado Geral	Extensão Total	
	km	%
Ótimo	9.442	8,9
Bom	31.040	29,3
Regular	35.590	33,6
Ruim	21.217	20,1
Péssimo	8.525	8,1
Total	105.814	100,0

Fonte: CNT (2017)

A queda na qualidade das rodovias brasileiras tem relação direta com um histórico de baixos investimentos em infraestrutura rodoviária e com a crise econômica dos últimos anos.

Segundo o Plano CNT de Transporte e Logística (2018), para adequar o país de uma infraestrutura rodoviária adequada à demanda nacional, são necessários investimentos da ordem de 293,8 bilhões de reais. Já para manutenção, restauração e reconstrução dos 82.959 km de trechos desgastados, com trincas, remendos, afundamentos, ondulações, buracos e totalmente destruídos são necessários investimentos da ordem de 51,5 bilhões de reais.

2.1 Pavimento

De acordo com Bernucci et.al. (2010), o pavimento pode ser definido como:

Estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança [...]. (BERNUCCI, Liedi Bariani; DA MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros**. 3º ed. 2010; p.9)

O pavimento rodoviário classifica-se em três tipos:

- ✓ Flexível
- ✓ Semi-rígido
- ✓ Rígido

Também podem ser usadas as nomenclaturas “pavimentos de concreto de cimento Portland” (ou simplesmente concreto-cimento) para os pavimentos rígidos; “pavimentos asfálticos” para os flexíveis e “pavimentos semi-flexíveis” para os semi-rígidos.

2.2 Pavimento flexível

O DNIT (2006) define o pavimento flexível como aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob os esforços e essa carga é distribuída aproximadamente de forma equivalente entre essas camadas.

Para Bernucci et.al. (2010), o pavimento flexível pode ser formado por 4 camadas principais:

1) Revestimento asfáltico

O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento (em contato direto com as rodas dos veículos) e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de binder. O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma aliviada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento e melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).

São constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura.

- ✓ Por penetração: refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas.
- ✓ Por mistura: o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito na usina denomina-se pré-misturado propriamente dito. Quando o pré-envolvimento é feito na pista denomina-se pré-misturado na pista.

2) Base

Para ROSSI (2017), localiza-se logo abaixo do revestimento asfáltico, é responsável pelo suporte estrutural do pavimento, tendo que dissipar as cargas para as próximas camadas, reduzindo sua intensidade. É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. Na verdade, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito.

3) Sub-base

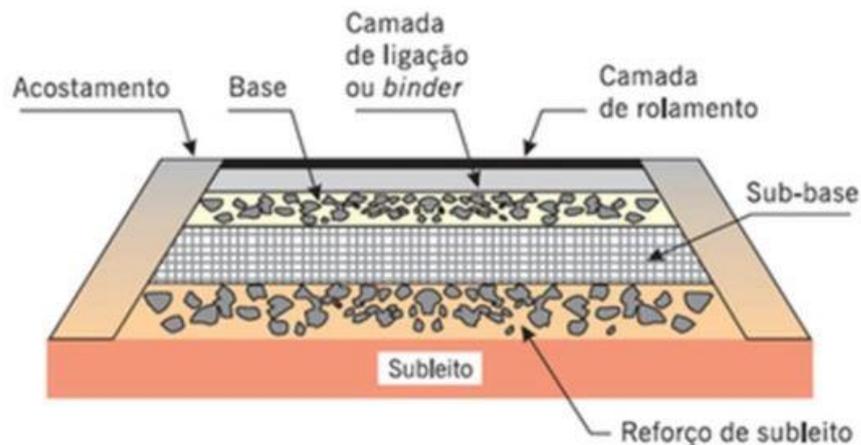
Segundo ROSSI (2017), é a camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Segundo a regra geral, com exceção dos pavimentos de estrutura invertida o material constituinte da sub-base deverá ter características tecnológicas superiores às do material de reforço; por sua vez, o material da base deverá ser de melhor qualidade que o material da sub-base.

4) Reforço do subleito

É uma camada de espessura constante, construída, se necessário, acima da regularização, com características tecnológicas superiores às da regularização e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, a sub-base. Devido ao nome de reforço do subleito, essa camada é, às vezes, associada à fundação. No entanto, essa associação é meramente formal, pois o reforço do subleito é parte constituinte especificamente do pavimento e tem funções de complemento da sub-base que, por sua vez, tem funções de complemento da base. Assim, o reforço do subleito também resiste e distribui esforços verticais, não tendo as características de absorver definitivamente esses esforços, o que é característica específica do subleito (ROSSI, 2017).

A Figura 1, a seguir, apresenta uma seção transversal com todas as camadas do pavimento flexível.

Figura 1 - Camadas do pavimento flexível

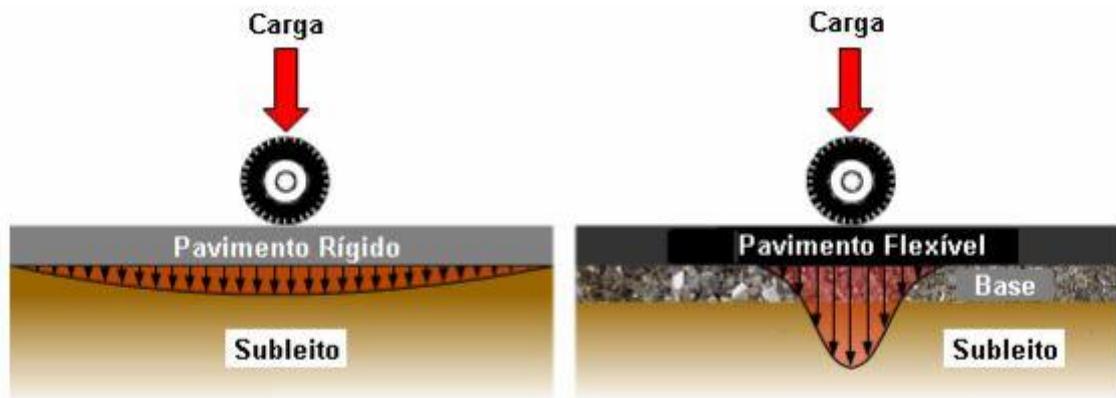


Fonte: alemdainercia.com, acesso em 23/08/2018

2.3 Pavimento rígido

Para DNIT (2006), pavimento rígido é aquele que possui revestimento com elevada rigidez quando comparado com as camadas inferiores, absorvendo praticamente todas as tensões oriundas do carregamento aplicado (tráfego).

Figura 2 - Distribuição de cargas



Fonte: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/TextoComplementar.pdf>

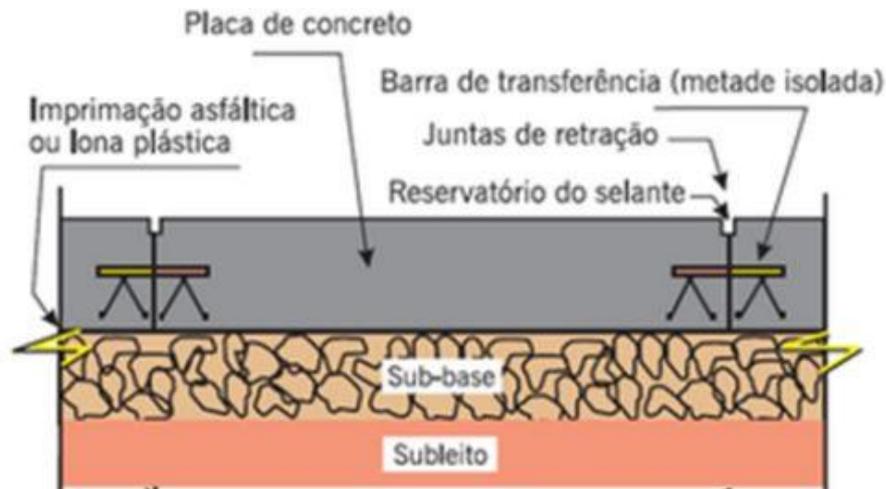
Para Marinho et.al. (2014), pode-se destacar dentre os vários tipos de pavimento de concreto de cimento Portland:

- a) Pavimento de Concreto simples;
- b) Pavimento de Concreto com Armadura Descontínua;
- c) Pavimento de Concreto Continuamente Armado;
- d) Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado;
- e) Pavimento de Concreto Protendido;
- f) Pavimento de Concreto com Fibras;
- g) Whitetopping.

O pavimento rígido é formado, em geral, por 2 camadas principais: placa de concreto e sub-base.

Na *figura 3* é possível visualizar as camadas do pavimento rígido.

Figura 3 - Camadas do pavimento rígido



Fonte: Grupo SPT

2.4 Pavimento semi-rígido

Situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis, tem uma deformabilidade maior que o rígido e menor que o flexível. É constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento.

De acordo com DNIT (2006), o pavimento semi-rígido caracteriza-se como uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias.

É chamado “direto” quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada e indireto (ou invertido) quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada

É o caso das misturas solo-cimento, solo-cal e solo-betume.

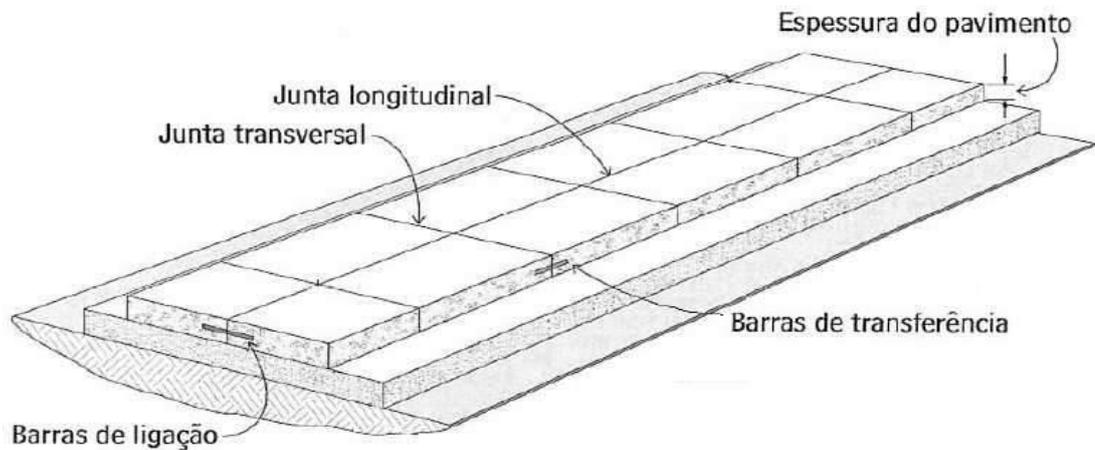
O pavimento rígido em estudo da obra de duplicação da BR-101 é constituído em pavimento de concreto simples com barras de transferência e de ligação.

Segundo DNIT (2005), a definição para o pavimento de concreto simples com barras de transferência é:

[...] dotados de sistema artificial de transmissão de carga, formado por barras curtas de aço liso, postada na meia-seção das juntas transversais e que podem ter comprimento de placa de até 9m a 12m, ainda que em nosso país não se utilize, normalmente, dessa ultima vantagem. (DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, **Manual de Pavimentos Rígidos**, publicação IPR 714, 2005)

Na Figura 4 a seguir, observa-se a disposição das barras de transferência e de ligação, além das juntas transversais e longitudinais.

Figura 4 - Barras de transferência, barras de ligação e juntas



Fonte: Rodrigues et. Al., 2006

Segundo DNIT (2005), o dimensionamento do pavimento de concreto de cimento Portland pressupõe a avaliação das solicitações (cargas, distribuição de tráfego, etc.) e das características da fundação, para determinação da espessura necessária de concreto. Também deve-se considerar as condições especiais do projeto (tipo de acostamento, mecanismo de transferência de carga, tipo e disposição das juntas). Dentro do possível deve ser garantida a condição estrutural pré-fixada no projeto, por meio da adequada conservação dos elementos estruturais e complementares, tais como juntas, barras de transferência, acostamentos, drenos, etc.

✓ Juntas

Para DNIT (2005), os pavimentos rígidos estão sujeitos a tensões que podem superar os limites de resistência do material e uma forma para controlar essas tensões adicionais é limitando as dimensões das placas de concreto. Esse processo consiste na instalação de juntas. Essas juntas podem estar longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao sentido da construção.

Para o cumprimento de sua função, é fundamental garantir a estanqueidade da junta:

É de vital importância impedir a infiltração de água e a penetração de sólidos através das juntas de um pavimento de concreto. A maneira mais adequada de fazê-lo é a vedação da ranhura artificial

de forma a tornar a seção estanque, devendo o material de vedação ser, além do mais, capaz de repelir as partículas sólidas que o tráfego, porventura, forçar contra ele. (DNIT, Manual de Pavimentos Rígidos, Publicação IPR 714, 2005, p.58)

As Juntas Transversais são construídas no sentido da largura da placa de concreto e segundo sua serventia, podem ser dos seguintes tipos principais:

- a) de retração (ou contração);
- b) de retração com barras de transferência;
- c) de construção;
- d) de expansão (ou dilatação).

Juntas Transversais de Retração com Barras de Transferência é o tipo utilizado na obra em estudo. Essas juntas além de controlar as fissuras de retração do concreto, devem proporcionar uma certa transferência de carga de uma placa para a outra. A decisão de se adotar ou não tal junta irá depender:

- I. do tráfego de projeto,
- II. da magnitude das cargas,
- III. do tipo de fundação do pavimento.

Juntas Longitudinais de Articulação com Barras de Ligação são empregadas nas mesmas funções da junta longitudinal de articulação, e a presença do dispositivo de ligação é pela necessidade de se manter as faixas de tráfego livres de possíveis movimentos laterais, assegurando a transferência de carga pela entrosagem dos agregados ou pelo encaixe tipo “macho-e-fêmea”.

O dispositivo de ligação é calculado para resistir à força de atrito entre a junta considerada e a junta ou borda livre mais próxima dela.

✓ Sub-Base

Localizada entre a placa de concreto e o subleito. Segundo DNIT (2005), é uma camada delgada com as seguintes funções:

- Uniformizar o suporte disponível ao longo da faixa do pavimento;
- Evitar os efeitos das mudanças excessivas de volume dos solos do subleito;

- Eliminar a ocorrência do fenômeno de bombeamento de finos plásticos, porventura presentes no solo de fundação, quando da presença de água em excesso e cargas pesadas.

Não devem ser bombeáveis nem consolidáveis, e para tanto deve ser pouco espessa.

Para evitar a ocorrência do fenômeno de bombeamento:

- Adotar obrigatoriamente a intercalação de uma sub-base quando o tráfego for intenso, com mais de 300 a 400 veículos comerciais por dia, por faixa de tráfego;
- Utilizar materiais que atendam aos requisitos seguintes:
 - a) dimensão máxima característica do agregado igual ou inferior a 1/5 da espessura da sub-base;
 - b) a porcentagem de material passando na peneira ABNT 0,075mm deverá ser igual ou menor do que 35% ;
 - c) o índice de plasticidade (IP) deve ser igual ou menor do que 6% ;
 - d) o limite de liquidez (LL) máximo deve ser de 25% ;
 - e) a granulometria do material deverá permitir que, após executada a sub-base;
 - f) sob a ação do tráfego, a consolidação do pavimento seja a menor possível.

✓ Subleito

Subleito é o terreno de fundação do pavimento. Segundo DNIT (2005), devem ser observadas a presença de solos expansivos e camadas espessas de argila mole. As condições de compactação de subleitos expansivos ou moderadamente expansivos devem ser controladas. Tais informações são obtidas na fase de estudos geológicos e geotécnicos. Para o controle de subleitos expansivos:

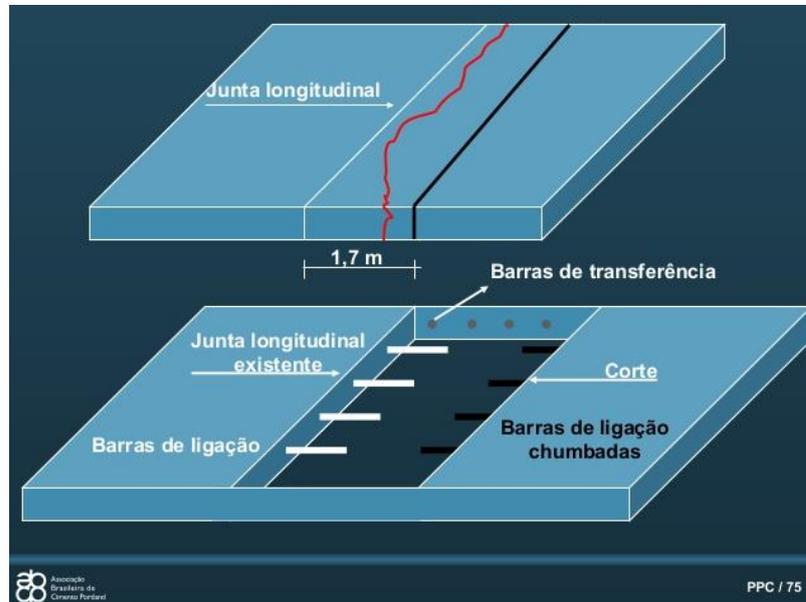
Em regiões úmidas, onde haja ocorrência de solos expansivos, aconselha-se a construção de uma camada de isolamento, composta de material não suscetível a variações volumétricas, com espessura de 15cm, no máximo, embora situações muito críticas exijam até 50cm de material não expansivo. Esta camada deve estender-se por toda a largura da plataforma, e as características físicas do material obedecerão às exigências da especificação AASHTO M 155. (DNIT, **Manual de Pavimentos Rígidos**, Publicação IPR – 714, 2005, p.72)

✓ Barras de Ligação

De acordo com DNIT (2004-B), devem obedecer a “NBR7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado”. Nas barras de ligação usa-se aço CA-50 e admite-se o emprego alternativo do aço CA-25. São colocadas nas juntas longitudinais,

precisam estar limpas e isentas de óleo ou qualquer substância que prejudique sua aderência ao concreto e mantém unidas as faixas de rolamento.

Figura 5 - Barras de ligação



Fonte: CARVALHO (2016)

Segundo DNIT (2005), as barras de ligação são calculadas para resistir à força de atrito entre a junta considerada e a junta ou borda livre mais próxima dela, seguindo a fórmula:

$$A_s = \frac{b \cdot f \cdot \gamma_c \cdot h}{100 \cdot S}$$

Onde:

A_s = seção de barras de aço necessária, por metro de comprimento da junta considerada, em cm²/m ;

b = distância entre a junta considerada e a junta ou borda livre mais próxima dela, em m;

f = coeficiente de atrito entre a placa e o subleito ou sub-base, que pode variar de 1,5 a 2,0, sendo geralmente tomado como 1,5;

γ_c = massa específica do concreto, igual a 24000 N/m²;

h = espessura da placa, em m;

S = tensão admissível no aço, em geral 2/3 da tensão de escoamento, em MPa.

O comprimento da barra de ligação, necessário para assegurar sua aderência ao concreto, considerando uma tensão máxima de aderência aço concreto de 2,5 MPa, é dado pela expressão :

$$\ell = \frac{S \cdot d}{t_b} + 7,5$$

Onde:

ℓ = comprimento de uma barra de ligação, em cm;

d = diâmetro da barra de ligação, em cm;

t_b = tensão de aderência entre o aço e o concreto, em geral tomada igual a 2,45 MPa;

7,5 = margem de segurança, prevendo-se uma possível descentralização da barra, em cm.

✓ Barras de Transferência

São barras de aço CA-25, lisas e retilíneas, usadas (também) em juntas do pavimento de concreto, com a função de transmissão de cargas verticais de uma placa para a outra.

Figura 6 - Barras de transferência



Fonte: Grupo Nacional do Aço (GNA)

De acordo com DNIT 2004-B, algumas diretrizes devem ser seguidas. São elas:

- a) O aço para as eventuais barras de transferência ou de ligação deverá obedecer à norma NBR 7480;
- b) As barras de transferência deverão ser obrigatoriamente lisas e retas, de aço tipo CA-25;

- c) O processo de instalação deverá garantir a sua imobilidade na adequada posição, mantendo-as, além do mais, paralelas à superfície acabada e ao eixo longitudinal do pavimento;
- d) Estas barras deverão ter metade do seu comprimento mais 2cm, pintados e engraxados, de modo a permitir a livre movimentação da junta. Nas juntas de construção que não coincidam com uma junta de contração, a barra não terá trecho pintado ou engraxado;
- e) O capuz que recobre a extremidade deslizante da barra de transferência das juntas de dilatação deve ser suficientemente resistente, para não amassar durante a concretagem. A folga entre a extremidade fechada do capuz e a ponta livre da barra, estabelecida no projeto deverá ser garantida durante a concretagem;
- f) No alinhamento destas barras são admitidas as tolerâncias seguintes:
 - O desvio máximo das extremidades de uma barra, em relação à posição prevista no projeto, será de $\pm 1\%$ do comprimento da barra;
 - Em pelo menos dois terços das barras de uma junta, o desvio máximo será de $\pm 0,7\%$.

2.5 Defeitos dos pavimentos rígidos

“É uma anomalia observada no pavimento, decorrente de problemas de fundação, de má execução ou do uso do pavimento” (DNIT 2004-A).

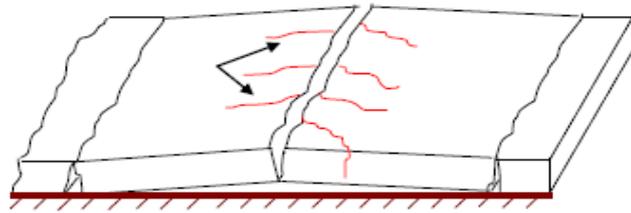
Tomando por base DNIT 2004-A e o DNIT (2010), serão descritos os defeitos mais comuns que ocorrem em pavimentos rígidos, assim como suas causas:

2.5.1 Alçamento de Placas

É o desnivelamento das placas nas juntas ou nas fissuras transversais e na proximidade de obstáculos fixos (como canaletas de drenagem, intervenções feitas no pavimento, encontros de pontes e fundações de prédios)

É causado pela expansão (dilatação) linear do pavimento, provocada pela sazonalidade do tempo, aliado à deficiência ou ausência das juntas de dilatação, como pode ser visto na Figura 7, abaixo.

Figura 7 - Alçamento de placas



Fonte: DNIT (2010)

2.5.2 Fissura de canto

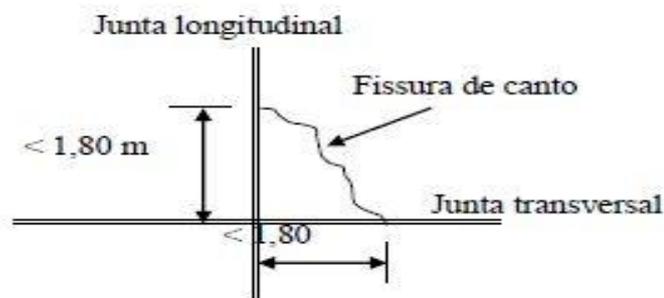
É a fissura que intercepta as juntas a uma distância de, no máximo, 1,80m das bordas ou juntas do pavimento, medindo-se a partir do seu canto. Geralmente atinge toda a espessura da placa.

É provocada por uma das seguintes causas:

- ✓ Falta ou deficiência dos dispositivos de transmissão de carga nas juntas, tais como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea ou entrosagem dos agregados, quando a junta for executada por serragem;
- ✓ Subdimensionamento da espessura do pavimento;
- ✓ Recalque diferencial da fundação do pavimento, devido à falta de uniformidade da capacidade de suporte desta fundação;
- ✓ Empenamento dos cantos da placa, devido às variações térmicas e de umidade entre a superfície superior e a inferior da placa.

A Figura 8 demonstra a configuração de uma fissura de canto.

Figura 8 - Fissura de canto



Fonte: DNIT (2010)

2.5.3 *Placa dividida*

Caracteriza-se pela placa fissurada, dividida em quatro ou mais partes, e atinge toda a espessura da placa.

A causa dessa patologia está relacionada com as causas que deram origem às fissuras, que podem ser:

- ✓ Deficiência no suporte da fundação do pavimento;
- ✓ Subdimensionamento da espessura do pavimento;
- ✓ Fadiga do concreto.

A Figura 9 demonstra a configuração de uma placa dividida.

Figura 9 - Placa dividida



Fonte: DNIT 2004-A

2.5.4 *Escalonamento ou degrau nas juntas*

É a ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e perenes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta.

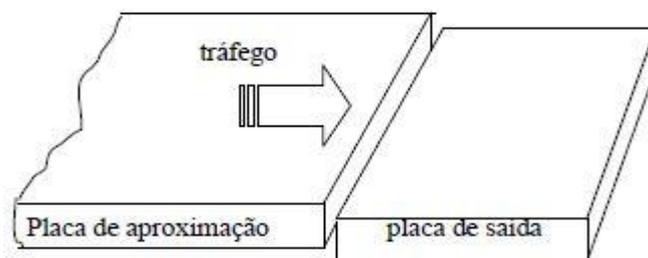
Reduzem o conforto e a segurança do tráfego, provocam danos nos veículos e contribuem, de forma significativa, para a redução da vida útil do pavimento.

São possíveis causas para essa patologia:

- ✓ Falta ou deficiência dos dispositivos capazes de garantir essa transmissão de carga nas juntas, tais como barras de transferência, encaixe tipo macho-fêmea ou entrosagem dos agregados, quando a junta é executada por serragem;
- ✓ Deficiência na sub-base;
- ✓ Dimensionamento de placas de dimensões curtas, aliada à passagem de tráfego pesado e canalizado.

A Figura 10, a seguir, detalha a ocorrência do degrau nas juntas.

Figura 10 - Degrau nas juntas



Fonte: DNIT (2010)

2.5.5 Falha na selagem das juntas

É qualquer dano no selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta ou que permita a infiltração de água.

Geralmente motivado pela execução deficiente da selagem, como quantidade deficiente de selante nas juntas, ou pela escolha de um material selante inadequado ou de baixa vida útil.

A Figura 11, a seguir, detalha a ocorrência da falha na selagem das juntas.

Figura 11 - Falha na selagem das juntas



Fonte: DNIT 2004-A

2.5.6 *Desnível pavimento-acostamento*

Caracteriza-se pelo degrau formado entre o acostamento e a lateral do pavimento, usualmente acompanhado de uma separação dessas bordas.

Suas causas são as mesmas citadas para o defeito “degraus nas juntas”, e sua existência é demonstrada na Figura 12, a seguir.

Figura 12 - Desnível pavimento-acostamento

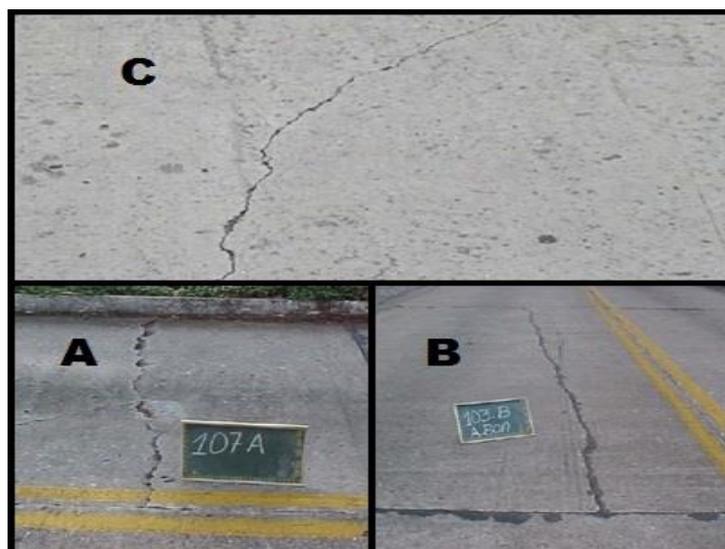


Fonte: Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS)

2.5.7 *Fissuras lineares*

Caracteriza-se pela placa fissurada, dividida em 2 ou 3 partes. As fissuras atingem toda a espessura da placa e podem ser transversais, como na Figura 13-A; longitudinais, como mostrado na Figura 13-B; ou diagonais, como pode ser visto na Figura 13-C.

Figura 13 - Fissuras Lineares



Fonte: DNIT 2004-A

As Fissuras transversais são provocadas pela retração hidráulica ou por perda d'água. As causas prováveis são:

- ✓ Cura deficiente;
- ✓ Atraso na serragem das juntas transversais;
- ✓ Profundidade insuficiente do corte da junta;
- ✓ Placas com comprimento acima do adequado para o tipo de agregado empregado no concreto, que geralmente varia de 5 a 7 m;
- ✓ Insuficiência de suporte da fundação;
- ✓ Subdimensionamento da espessura do pavimento.

Nas fissuras transversais localizadas próximas de uma junta transversal, as causas podem ser:

- ✓ Ineficiência ou má colocação das barras de transferência;
- ✓ Amarração do trecho engraxado das barras de transferência aos caranguejos de apoio destas barras;
- ✓ Colagem do concreto novo de uma placa ao concreto antigo da placa adjacente, no caso de juntas executadas por meio de fôrmas.

As Fissuras longitudinais são provocadas pelas seguintes causas:

- ✓ Largura excessiva da placa (maior que 3,80 m);
- ✓ Empenamento da placa no sentido transversal, com o levantamento das bordas longitudinais, devido a um elevado gradiente de temperatura e umidade entre a superfície superior e a inferior da placa, aliado à passagem de tráfego pesado sobre as bordas do pavimento;
- ✓ Profundidade insuficiente do corte da junta longitudinal, no caso de pavimento com várias faixas de tráfego.

As Fissuras diagonais, por sua vez, são provocadas por deficiência no suporte da fundação, ou são oriundas da formação simultânea de fissuras transversal e longitudinal.

2.5.8 *Desgaste superficial*

É caracterizado pelo descolamento de argamassa superficial, fazendo com que os agregados graúdos manifestem-se na superfície do pavimento e, com o tempo, fiquem com a sua superfície polida.

É provocado pelas seguintes causas:

- ✓ Emprego de concreto de baixa qualidade;
- ✓ Emprego de agregados sujos ou com pó aderente;
- ✓ Excesso de água de mistura no concreto;
- ✓ Concreto com exsudação elevada por deficiência de finos;
- ✓ Descolamento da pasta ou argamassa de cobrimento, devido ao acúmulo de água na superfície do pavimento depois do seu acabamento, que costuma ser evitado pela raspagem da superfície do concreto;

A Figura 14, a seguir, detalha a ocorrência do desgaste superficial.

Figura 14 - Desgaste superficial



Fonte: DNIT 2004-A

2.5.9 Bombeamento

É a expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, quando ocorre a passagem das cargas solicitantes. Essa expulsão pode ser através das juntas, bordas ou trincas.

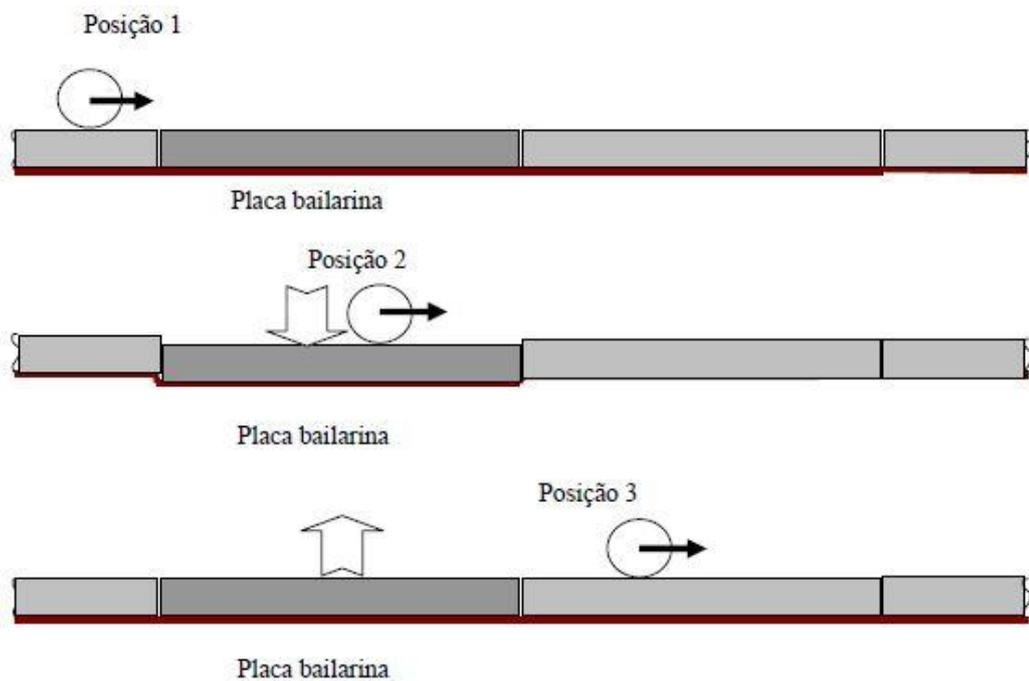
O bombeamento pode ser causado pela ausência de uma sub-base ou pela sua execução de modo inadequado, além da não colocação do lençol de plástico entre a placa e a sub-base.

2.5.10 Placa “bailarina”

Caracteriza-se pela movimentação vertical da placa quando sujeita a ação do tráfego, principalmente na região das juntas, como demonstrado na Figura 15, a seguir.

Suas possíveis causas são as perdas localizadas ou generalizadas de suporte da fundação, aliadas à existência de juntas ineficientes e à ação do tráfego pesado e canalizado.

Figura 15 - Placa bailarina



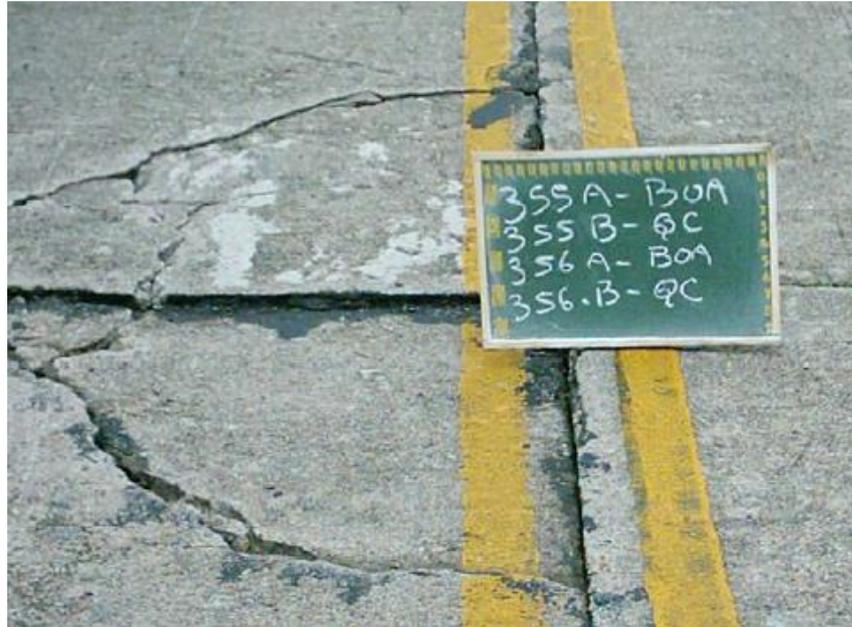
Fonte: DNIT (2010)

2.5.11 Quebras localizadas

São áreas das placas trincadas e partidas, em pequenos pedaços e formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si (em torno de 1,5 m).

Essa patologia pode ser provocada pela progressão da patologia denominada “placa bailarina”, e é detalhada na Figura 16.

Figura 16 - Quebras localizadas



Fonte: DNIT 2004-A

2.5.12 *Passagem de nível*

Ocorrem em passagens de nível, consistindo em depressões ou elevações próximas aos trilhos. São decorrentes de projeto inadequado ou de uma má execução do pavimento.

2.5.13 *Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação*

Fissuras superficiais são fissuras capilares, que ocorrem na superfície da placa, com profundidade entre 6 mm e 13 mm, que apresentam tendência a se interceptarem, formando ângulos de 120°.

A escamação é o descolamento da camada superficial fissurada e pode ser proveniente de outros defeitos, tais como o desgaste superficial. Já o surgimento das fissuras superficiais está relacionado com a retração plástica.

A Figura 17, a seguir, mostra a ocorrência de fissuras superficiais.

Figura 17 - Fissuras superficiais



Fonte: DNIT 2004-A

2.5.14 Fissuras de retração plástica

São fissuras pouco profundas (superficiais), com abertura inferior a 0,5mm e de comprimento limitado. Sua incidência costuma ser aleatória e se desenvolvem formando ângulo de 45° a 60° com o maior eixo longitudinal da placa.

São causas desse tipo de fissura:

- ✓ Execução do pavimento em ambiente de muita insolação, ação de ventos e baixa umidade relativa do ar;
- ✓ Problemas relacionados com os aditivos empregados no concreto (qualidade ou superdosagem), que podem retardar demasiadamente a pega do concreto, agravando as consequências da retração plástica.

A Figura 18, a seguir, mostra a ocorrência das fissuras de retração plástica.

Figura 18 - Fissuras de retração plástica



Fonte: DNIT 2004-A

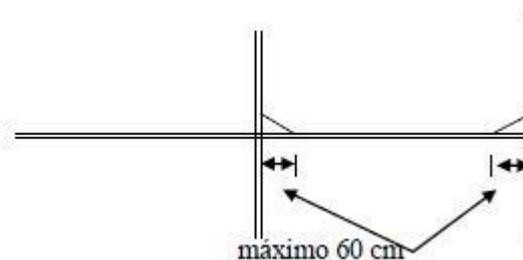
2.5.15 Esborcinamento ou quebra de canto

São quebras que aparecem nos cantos das placas em forma de cunha, numa distância de, no máximo, 60cm do canto. Difere da fissura de canto por interceptar a junta num determinado ângulo (quebra em cunha).

São decorrentes da retirada das formas nestes locais de maneira brusca, ou com o concreto tendo ainda uma resistência baixa. Também podem ser provocadas por uma utilização imprópria dos veículos pesados, quando eles trafegam fora das trilhas consideradas no projeto.

Na figura 19, a seguir, é demonstrada a patologia quebra de canto.

Figura 19 - Quebra de canto



Fonte: DNIT (2010)

2.5.16 Esborcinamento de juntas

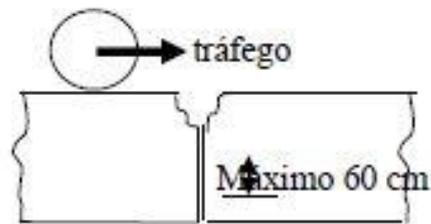
É a quebra (em forma de cunha) das bordas da placa de concreto nas juntas. Não atinge toda a espessura da placa e possui comprimento máximo de 60cm.

Pode ter como causas:

- ✓ Remoção precipitada das formas;
- ✓ Serragem prematura da junta, quando o concreto ainda não apresenta uma resistência adequada;
- ✓ Infiltração de materiais incompressíveis na junta, quando ela está muito aberta (em tempo frio), que posteriormente irão comprimir as bordas da junta, quando o tempo se tornar quente e as juntas se fecharem.

Na Figura 20, a seguir, é detalhada a ocorrência de esborcinamento de juntas.

Figura 20 - Esborcinamento de juntas



Fonte: DNIT (2010)

2.5.17 Assentamento

É o afundamento do pavimento com o aparecimento de ondulações superficiais de grande extensão. O pavimento pode permanecer íntegro.

Podem provocar o assentamento:

- ✓ Deficiência ou falta de uniformidade no suporte da fundação;
- ✓ Projeto ou execução deficiente da sub-base.

A Figura 21, a seguir, ilustra a patologia do assentamento.

Figura 21 - Assentamento



Fonte: DNIT 2004-A

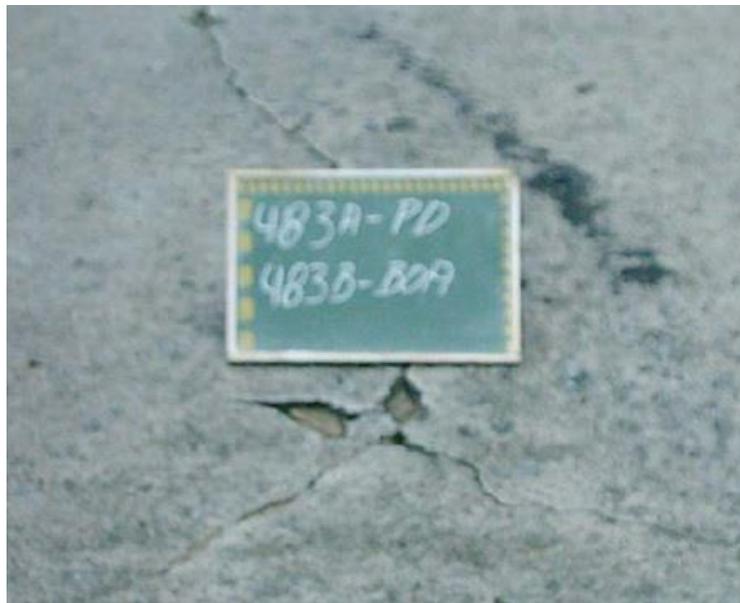
2.5.18 Buracos

São reentrâncias côncavas na superfície da placa com área e profundidade bem definidas.

São provocados em decorrência da progressão de outros defeitos já existentes, como as fissuras profundas e generalizadas, escamação, desgaste superficial, bem como o emprego de concreto de baixa qualidade.

A seguir, na Figura 22, é demonstrada a patologia denominada buracos.

Figura 22 - Buracos



Fonte: DNIT 2004-A

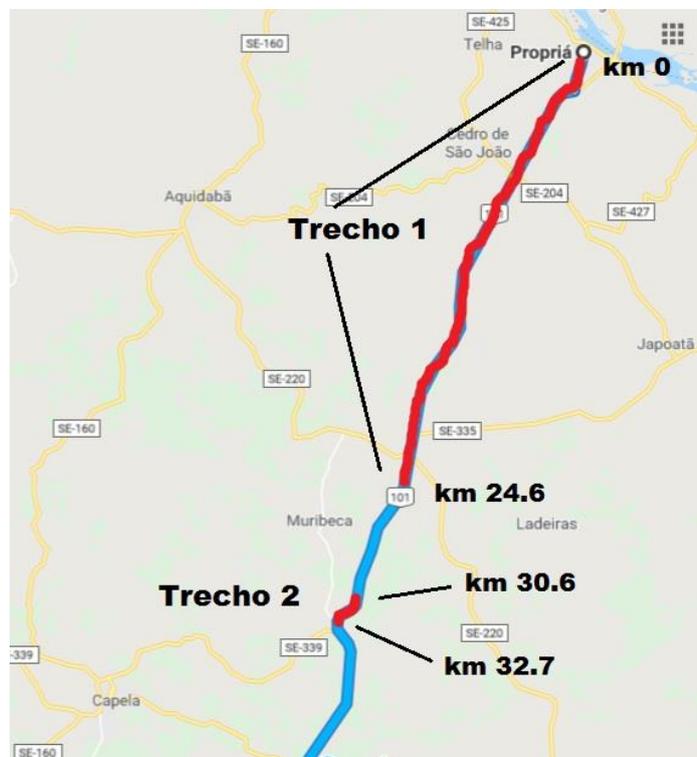
3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A BR-101 é uma rodovia federal que atravessa longitudinalmente o Brasil, tem seu ponto inicial no município de Touros, localizada no estado do Rio Grande do Norte e o final no município de São José do Norte, no estado do Rio Grande do Sul.

A área de estudo do presente documento é constituída por 2 trechos não consecutivos da BR-101 (Figura 23), no estado de Sergipe, sentido Propriá-Aracaju..

Figura 23 - BR-101, Propriá/Aracaju



Fonte: Google Maps

O primeiro trecho tem seu início no KM 0 dessa rodovia, localizado no município de Propriá (SE) e estende-se até o Km 24.6, no município de Muribeca (Figura 24).

Figura 24 - BR-101 (Trecho 1)



Fonte: Google Maps

Em toda sua extensão, o trecho 1 apresenta um estado heterogêneo em relação ao avanço das obras de duplicação. Foram observadas extensões de rodovia com obras parcialmente concluídas e outras com ausência de obras.

Para um estudo mais detalhado, o trecho 1 foi dividido em 7 subtrechos, identificados na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5 - Subtrechos do Trecho 01

Trecho 1	Km		
	inicial	final	
	0	24.6	
Subtrechos	Km		
	inicial	final	
	1	0.0	3.8
	2	3.8	6.9
	3	6.9	8.3
	4	8.3	22.3
	5	22.3	23.0
	6	23.0	24.0
7	24.0	24.6	

Fonte: Autor (2018)

O trecho 2, de menor extensão, localiza-se entre os quilômetros 30.6 e 32.7, no município de Capela. Ele apresenta uma mudança em relação às características do trecho 1, nele há a liberação para o tráfego. Na Figura 25 é possível visualizar o trecho 2.

Figura 25 - BR-101 (Trecho 2)



Fonte: Google Maps

3.2 Coleta de dados

Com base nas informações do DNIT (2005), DNIT (2010) e DNIT (2004-C), foi realizada uma pesquisa de campo e catalogados os resultados obtidos. A pesquisa foi elaborada por inspeção visual e os registros gerados por fotografias e anotações. Foram analisados:

- ✓ Dimensões das placas;
- ✓ Abertura das juntas;
- ✓ Diâmetro, comprimento e espaçamento das barras de transferência;
- ✓ Diâmetro, comprimento e espaçamento das barras de ligação;
- ✓ Tipo de pavimento executado no trecho examinado;
- ✓ Condição atual da obra;
- ✓ Patologias.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Dimensões

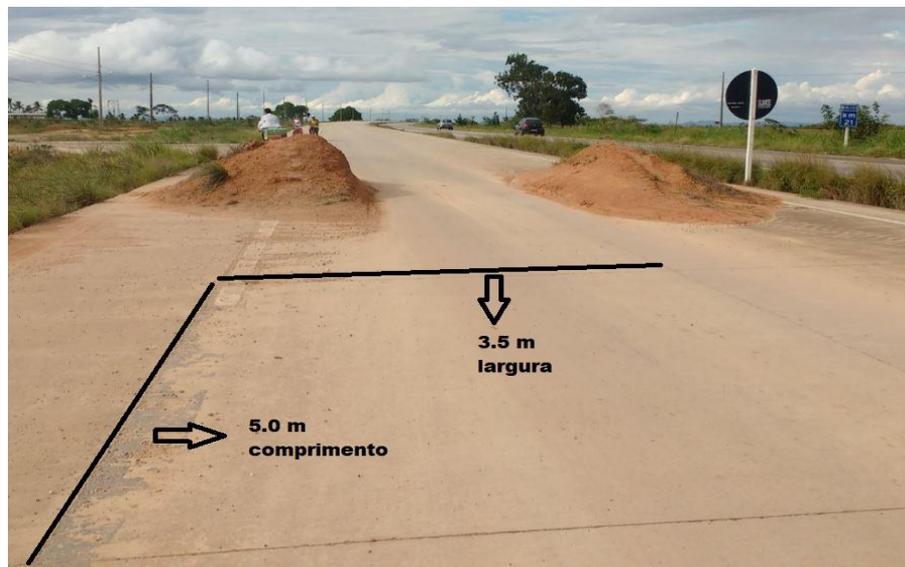
Na tabela 6 e nas Figuras 26 e 27 é possível identificar as dimensões das placas de concreto (comprimento, largura e espessura).

Tabela 6- Dimensões da Placa de concreto

Dimensões da Placa de concreto		
Comprimento	Largura	Espessura
5m	3,5m	20cm

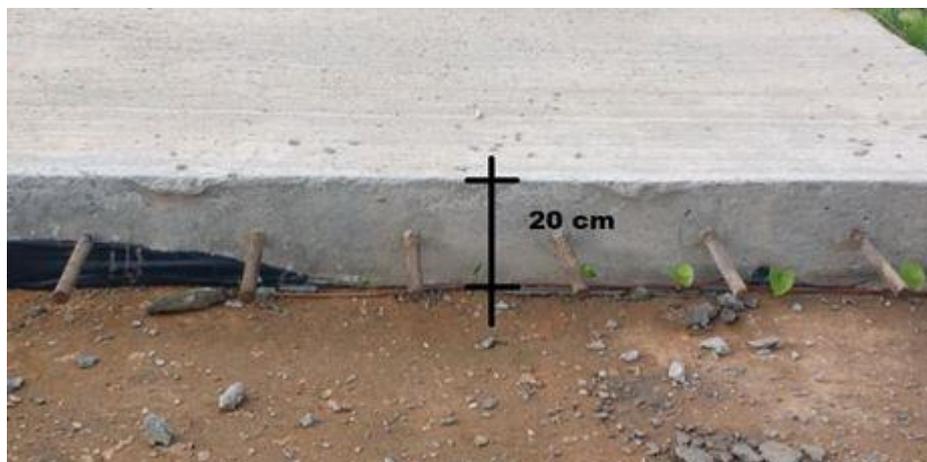
Fonte: Autor (2018)

Figura 26 - Largura x Comprimento (placa)



Fonte: Autor (2018)

Figura 27 - Espessura da Placa



Fonte: Autor (2018)

✓ Barras de Transferência

Confeccionadas em aço CA-25, lisas, posicionadas na linha central da espessura da placa e alinhadas. Deve-se observar que as barras têm uma das metades pintada e engraxada, evitando a oxidação e a aderência com o concreto em um dos lados da junta, permitindo a contração ou expansão da placa.

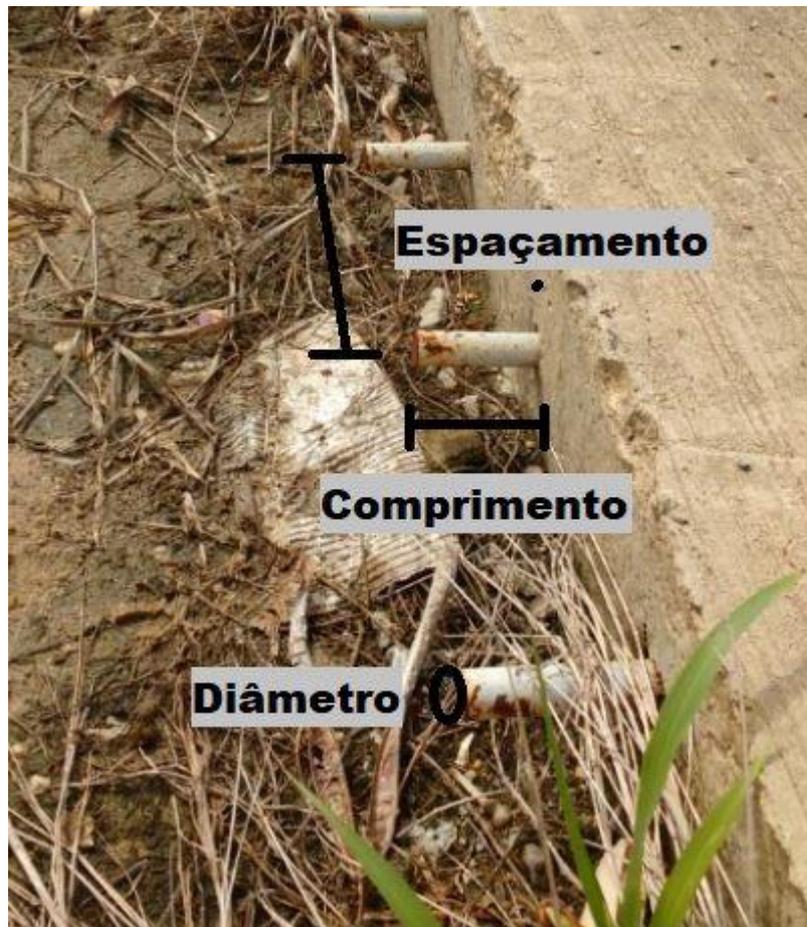
Na Tabela 7, a seguir, são especificadas as dimensões das barras de transferência encontradas *in loco*.

Tabela 7 - Dimensões das barras de transferência

Barras de Transferência		
Comprimento	Diâmetro	Espaçamento
470 mm	25 mm	300 mm

Fonte: Autor (2018)

Figura 28 - Dimensões (Barras de Transferência)



Fonte: Autor (2018)

De acordo com a Tabela 8, observa-se que as dimensões de diâmetro e espaçamento adotadas na duplicação da BR-101 (SE) estão em conformidade com os parâmetros do DNIT(2005). O comprimento observado foi de 470mm (a norma indica 460mm), o que pode ser explicado por uma movimentação no momento do encaixe.

Tabela 8 - Diâmetro, comp. e espaçamento de barras de transferência (Barras Lisas - Aço CA-25)

Espessura da Placa (cm)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Espaçamento (mm)
Até 17,0	20	460	300
17,5 - 22,0	25	460	300
22,5 - 30,0	32	460	300
> 30,0	40	460	300

Fonte: DNIT (2005)

✓ Barras de Ligação

De acordo com verificações *in loco*, as medidas aferidas encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Dimensões das barras de ligação

Barras de Ligação		
Comprimento	Diâmetro	Espaçamento
860 mm	10 mm	490 mm

Fonte: Autor (2018)

Tais medidas podem seguir critérios do DNIT, conforme item 2.3.4 do presente documento, seguindo NBR7480. De acordo com tais critérios, o valor calculado para o comprimento da barra de ligação foi de 680mm. Observa-se que o comprimento verificado *in loco* é superior, havendo a possibilidade da parte exposta da barra ser maior, quando comparada com a parte não visível.

Figura 29 - Barras de ligação



Fonte: Autor (2018)

4.2 Análise do Trecho 1 – Resultados e discussões

4.2.1 Subtrecho 1 – Km 0 ao Km 3.8

Observou-se nesse trecho a ausência de obras da duplicação da BR-101, exceto no Km 3.0 em que há a construção de uma ponte (Figura 30). A ponte encontra-se com fundação e pilares prontos, além de tabuleiro parcialmente liberado.

Figura 30 - Situação do subtrecho 1



Fonte: Autor (2018)

Figura 31 - Construção de ponte no km-03



Fonte: Autor (2018)

4.2.2 Subtrecho 2 – Km 3.8 ao Km 6.9

Localizado entre as cidades de Propriá e Cedro. Apresenta sistema de drenagem incompleta, com ausência de valetas em alguns trechos e não construção da mureta de contenção.

Alguns defeitos foram observados nesse subtrecho:

✓ Falha na selagem das Juntas

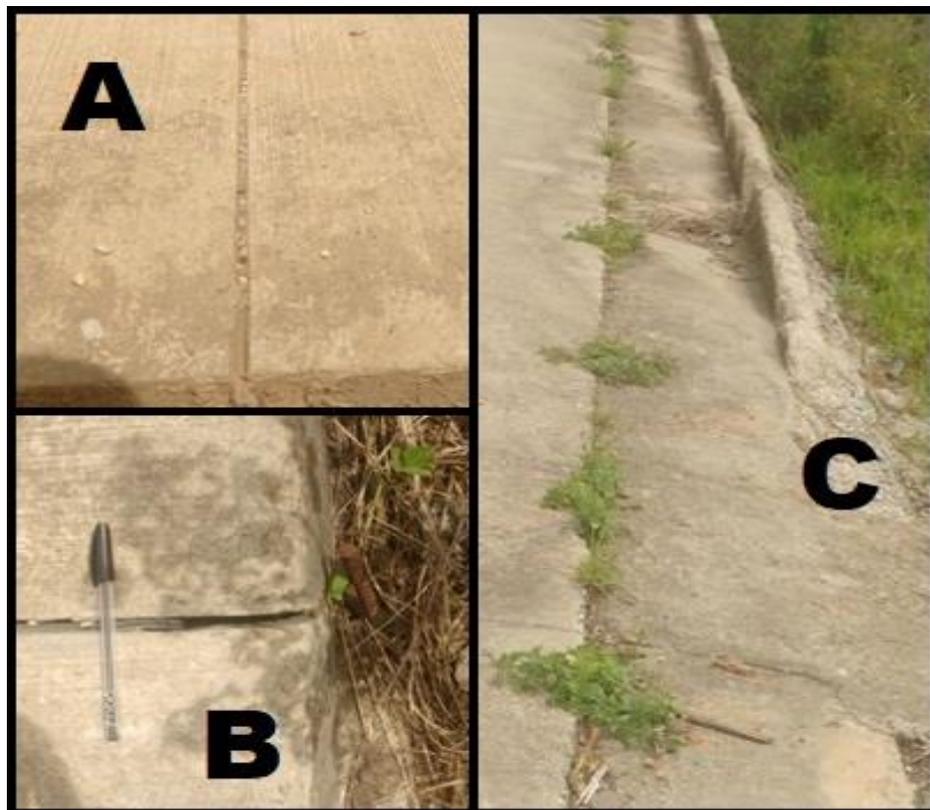
Falha na selagem das juntas, como presença de material incompressível (visto na *Figura 32-A*), ausência de material selante (exemplificado na *Figura 32-B*) e crescimento de vegetação nas juntas (presente na *Figura 32-C*). Pode ser provocado pela quantidade deficiente de selante ou por falha no corpo de apoio.

A presença de material incompressível nas juntas dificulta a movimentação horizontal das placas, causando tensões adicionais e empenamento da placa, gerando fissuras.

A Falta do material selante permite a infiltração das águas das chuvas nas juntas, provocando o “bombeamento” do agregado fino das camadas subjacentes ao revestimento, gerando uma zona enfraquecida próximo a junta. Acarreta no deslocamento da placa de concreto, facilitando a aparecimento de fissuras, esborcinamento da junta, degrau e placa bailarina.

O crescimento de vegetação nas juntas evidencia os problemas acima descritos.

Figura 32 - Situação das juntas



Fonte: Autor (2018)

✓ Exposição de barras de transferência e de ligação

Barras de ligação e barras de transferência expostas (*Figura 33*), sujeitas a deformidades e consequente perda da função, além de oxidação e corrosão perdendo parte de sua conformação geométrica, massa e resistência.

Conforme a NBR 7480(2007), as barras de aço oxidadas devem ser submetidas a ensaios para caracterizar sua resistência e massa específica, devendo ser substituídas caso não atenda as especificações da norma.

Figura 33 - Barras de ligação e de transferência expostas



Fonte: Autor (2018)

✓ Falhas no dispositivo de drenagem

Ausência de sarjetas e bocas de lobo, ou até trechos em que há a construção das sarjetas, mas com o abandono encontram-se danificadas (como visto na *Figura 34*), ocasionando em períodos chuvosos a saturação da sub-base e do subleito, favorecendo patologias como formação de degraus entre placas adjacentes, fissuração, assentamento e degradação das placas.

Segundo a norma DNIT 2004-C, os defeitos em pavimentos provocados por falta ou insuficiência de dispositivos de drenagem são considerados atípicos, porém devem ser corrigidos o quanto antes.

Figura 34 - Falhas no dispositivo de drenagem



Fonte: Autor (2018)

✓ Situação de abandono

O abandono também é visível, lixo acumulado e pessoas transitando pelas obras de duplicação são frequentes, exemplificado na Figura 35.

Figura 35 – Situação de abandono (BR-101)



Fonte: Autor (2018)

4.2.3 Subtrecho 3 – Km 6.9 ao Km 8.3

Situado no município de Cedro de São João, entre os quilômetros 6.9 e 8.3. Estende-se por 1.4 quilômetros com a sub-base exposta, com sinais de fissuração e desprendimento do agregado graúdo.

✓ Exposição da sub-base

A exposição da sub-base pode contribuir para o bombeamento de finos e ser danificada por infiltração de água da chuva. A Figura 36 mostra a situação do subtrecho 3.

Figura 36 – Sub-base (subtrecho 03)



Fonte: Autor (2018)

De acordo com o manual de pavimentos rígidos do DNIT (2006) é necessária recuperação de todo segmento de sub-base com substituição do material existente e correção das fissuras.

4.2.4 Subtrecho 4 – Km 8.3 ao Km 22.3

Situado entre os quilômetros 8.3 e 22.3, localizado entre os municípios de Cedro de São João e Muribeca. Apresenta o pavimento já construído, com drenagem incompleta (ausência de sarjeta em alguns trechos e bocas de lobo danificadas), pintura parcial das faixas e não construção da mureta de contenção.

Assim como no subtrecho 2, o subtrecho 4 apresentou problemas como:

- Exposição de barras de transferência e de ligação (*Figura 37*),
- Presença de material incompressível e vegetação nas juntas (*Figura 38*),
- Situações de descaso e abandono (*Figura 39*).

Tais patologias já foram analisadas no item 4.1.3 do atual documento, não havendo necessidade de nova descrição.

Figura 37 - Exposição das barras de transferência e ligação



Fonte: Autor (2018)

Figura 38 - Situação das juntas - subtrecho 4



Fonte: Autor (2018)

Figura 39 – Terra e óleo na pista - subtrecho 4



Fonte: Autor (2018)

✓ Problemas na rede de drenagem

Também foi identificado problemas com a rede de drenagem, como bocas de lobo deterioradas e inacabadas. Na situação da Figura 40-A observa-se que ainda não há um direcionamento adequado do fluxo d'água para a rede de drenagem, permitindo o escoamento da água sobre o solo, o que possibilita a saturação da sub-base e do subleito, favorecendo patologias como formação de degraus entre placas adjacentes, assentamento, fissuração e degradação das placas.

Figura 40 - Bocas de lobo - subtrecho 4



Fonte: Autor (2018)

✓ Desgaste superficial

Como visto na *Figura 41*, o pavimento apresenta desgaste superficial. Para DNIT (2010), é causado pela retirada da argamassa de recobrimento ou da pasta, em razão do acúmulo de água na superfície do pavimento após seu acabamento, o que pode ser evitado pela raspagem da superfície do concreto.

De acordo com o Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos, essa patologia gera dificuldade na drenagem da água no pavimento, permitindo infiltração pela junta transversal. Em conjunto com o problema da selagem das juntas, causa infiltração e saturação das camadas inferiores, causando problemas já citados, como degraus entre placas adjacentes, assentamento, fissuração e degradação das placas. São fatores que podem causar o desgaste superficial:

- Utilização de concreto de baixa qualidade;
- Uso de agregados sujos ou com pó aderente;
- Excesso de água de mistura de concreto e exsudação elevada por deficiência de finos.

Segundo DNIT (2010), além de ser um possível causador da patologia chamada “Escamação”, que é o descolamento da camada superficial fissurada, o desgaste superficial também tende a expandir, causando um desconforto ao tráfego.

Recomenda-se a aplicação de uma fina camada de pasta ou argamassa de cimento, com adição de emulsão adesiva para realizar a reparação dessa patologia.

Figura 41 - Desgaste superficial



Fonte: Autor (2018)

✓ Problemas geotécnicos em áreas adjacentes

Condições climáticas desfavoráveis podem romper taludes à beira da pista, evidenciando o abandono e descaso (como visto na Figura 42).

Para DNIT(2005), escorregamentos de terra ou de materiais rochosos em direção à rodovia podem provocar interrupções de tráfego, sérios acidentes e até comprometer a integridade estrutural do pavimento. Deve haver a análise probabilística da ocorrência destes escorregamentos, de suas consequências e soluções técnica e economicamente viáveis.

Figura 42 - Área de risco de escorregamento de terra – subtrecho 4



Fonte: Autor (2018)

✓ Furto de material

Ainda evidenciando a situação de descaso e abandono, foi verificado o furto de materiais. Na Figura 43 observa-se a falta de algumas barras de transferência.

Figura 43 - Furto de barras de transferência



Fonte: Autor (2018)

4.2.5 Subtrecho 5 – Km 22.3 ao Km 23.0

Localizado entre os municípios de Cedro de São João e Muribeca, entre os quilômetros 22.3 e 23.0 da referida rodovia.

Subtrecho sem obras de duplicação. Situação vista na *Figura 44*.

Figura 44 - Subtrecho 5



Fonte: Autor (2018)

4.2.6 Subtrecho 6 – Km 23.0 ao Km 24.0

Também entre os municípios de Cedro de São João e Muribeca, entre os quilômetros 23 e 24.

Situação semelhante ao subtrecho 4, com obras de duplicação em estágio avançado, faltando apenas a pintura das faixas e construção da mureta de contenção.

Devido ao abandono, foi identificado o uso indevido da rodovia por veículos não autorizados, evidenciado na Figura 45.

Figura 45 - Uso indevido da rodovia



Fonte: Autor (2018)

4.2.7 Subtrecho 7 – Km 24.0 ao Km 24.6

Ainda entre os municípios de Cedro de São João e Muribeca. Nesse trecho foram iniciadas (e abandonadas) obras de terraplenagem, devido à chuvas que ocorreram, alagamentos foram verificados, como visto na Figura 46.

Figura 46 - Obras paradas (subtrecho 7)



Fonte: Autor (2018)

4.3 Análise do Trecho 2 – Resultados e discussões

É o primeiro trecho liberado para o tráfego, apesar de visivelmente inacabado. Situa-se entre os quilômetros 30.6 e 32.7, no município de Capela. Situação construtiva muito parecida com os subtrechos 2 e 4, com pavimentação pronta e sistema de drenagem inacabado (ilustrado na Figura 47), não construção da mureta central e pintura das faixas concluída.

Figura 47 - Ausência de sarjetas (Trecho 2)



Fonte: Autor (2018)

Patologias encontradas:

✓ Grandes reparos

É considerado grande reparo quando a área a ser reparada ultrapassa 0,45m². Logicamente é um defeito que ocorre “pós-liberação” para o tráfego, usado para corrigir grandes defeitos que necessitam da remoção do pavimento original, que causam riscos e desconforto ao tráfego. A Figura 48, a seguir, detalha a ocorrência de grandes reparos.

Figura 48 - Grandes reparos (Trecho 2)



Fonte: Autor (2018)

✓ Esborcimento de juntas

Segundo DNIT (2010), o esborcinamento de juntas (evidenciado na Figura 49), pode ter como causas:

- Remoção precipitada das fôrmas;
- Serragem prematura da junta, quando o concreto ainda não apresenta uma resistência adequada;
- Infiltração de materiais incompressíveis na junta, quando ela está muito aberta (em tempo frio), que posteriormente irão comprimir as bordas da junta, quando o tempo se tornar quente e as juntas se fecharem.

De acordo com DNIT (2005), o esborcinamento de juntas pode provocar patologias como “placa bailarina” e “degraus nas placas”.

Figura 49 - Esborcinamento de juntas (Trecho 2)



Fonte: Autor (2018)

✓ Fissuras superficiais

Foram identificadas fissuras capilares e de pouca profundidade (entre 6mm e 13mm) que ocorrem na superfície da placa com tendência de se encontrarem. Caracterizando assim a patologia de fissuras superficiais (detalhada na Figura 50), definida por DNIT (2004-A)

Tal patologia pode ter origem no desgaste superficial.

Figura 50 - Fissuras superficiais



Fonte: Autor (2018)

✓ Quebras Localizadas

Também foram identificadas áreas das placas trincadas e partidas de formas variadas e em pequenos pedaços (ilustrada na Figura 51), caracterizando a patologia denominada “quebras localizadas”.

Tal patologia pode ser proveniente da progressão da “placa bailarina”, que por sua vez, pode ser causada por:

- Perdas no suporte da fundação;
- Juntas ineficientes;
- Tráfego pesado e canalizado

Figura 51 - Quebra de canto



Fonte: Autor (2018)

4.4 Resposta do DNIT

Foi solicitado ao DNIT, via ouvidoria em seu site, algumas informações referentes à obra de duplicação da rodovia BR-101 em Sergipe, sentido Propriá – Aracaju, para os seus 40 quilômetros iniciais, para fins de enriquecimento de dados da atual pesquisa. São elas:

1) Quais foram/são os subtrechos licitados, contratados, executados, parcialmente executados, não iniciados, abandonados? Quais foram essas empresas?

2) Qual a situação atual? Novos contratos?

Segue a resposta do DNIT na íntegra:

“Prezado Senhor,

Cumprimentando-o cordialmente, informa-se o que segue:

A execução das obras de duplicação e restauração da pista existente do km 0,0 ao km 40,0, da BR-101/SE, foi licitada pelo DNIT através do Edital nº 679/2009, tendo como vencedor o CONSÓRCIO EGESA/EMSA. O Contrato nº TT-255/2010-00, entre DNIT e consórcio EGESA/EMSA, foi firmado em 29 de março de 2010, com prazo contratual de 720 dias, sendo seu extrato publicado no Diário Oficial da União em 31 de março de 2010.

No dia 01 de abril de 2010, o contratante emitiu a Ordem de Paralisação nº 003_2010, por motivo administrativo. Em 10 de maio de 2010, os serviços foram retomados, conforme Ordem de Reinício dos Serviços nº 001/2010. Através do ofício nº ACC-440/2012, datado de 22 de outubro de 2012, o Consórcio EGESA-EMSA notifica ao DNIT que está suspendendo suas atividades contratuais, bem como solicita a rescisão amigável do contrato TT-255/2010-00. Em 22/04/2013 foi assinado o termo de rescisão amigável do contrato de empreitada TT-255/2010-00 e publicado no DOU em 10/05/2013.

Em 30 de outubro de 2014, foi realizada nova licitação na modalidade RDC - Preço unitário, Edital de Concorrência nº 0282/2014-21; o certame teve como vencedor o Consórcio Pavotec/Vilasa/EPC (PVE), celebrando assim o contrato UT-21-01120/2014-00 em 19/12/2014, no valor de R\$ 146.100.000,00, para execução do empreendimento no prazo de 720 dias, com ordem de início dos serviços para 05 de março de 2015.

Os serviços do contrato nº 1120/2014 iniciaram-se na data prevista, porém no ano de 2015 a Administração Pública Federal passou por bastante dificuldade em termos de

recursos financeiros, e, assim, em setembro de 2015, os serviços foram paralisados pelo consórcio construtor. Em 08 de junho de 2016, foi publicado no DOU um Extrato de Termo Aditivo nº 01/2016, suspendendo o prazo de Consórcio PVE a partir de 01/06/2016 por falta de recurso orçamentário.

Em 23/01/2017, foi dada ordem de reinício dos serviços por meio do Extrato de Termo Aditivo nº 02/2017.

Informa-se, também, que, tem-se, até o momento, aproximadamente 24 km de pavimento rígido executados e, atualmente, o consórcio construtor está trabalhando na terraplenagem de 05 retornos dentro do segmento (km 0 ao 40) e nas frentes de serviço entre o hotel velho Chico e o acesso de Propriá (km 3).

Permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,

Ouvidoria do DNIT/SE”

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pavimento se encontra em estado de abandono, sem manutenção, exposto às intempéries, uso indevido pela deficiente proteção à obra, além de sinais de uma execução inadequada. Os possíveis erros construtivos identificados foram:

- i. Retirada brusca das formas ou com o concreto ainda com baixa resistência;
- ii. Emprego de concreto de baixa qualidade;
- iii. Emprego de agregados sujos ou com pó aderente;
- iv. Excesso de água de mistura no concreto;
- v. Concreto com exsudação elevada por deficiência de finos;
- vi. Descolamento da pasta ou argamassa de recobrimento, devido ao acúmulo de água na superfície do pavimento depois do seu acabamento, que costuma ser evitado pela raspagem da superfície do concreto;
- vii. Serragem prematura da junta, quando o concreto ainda não apresenta uma resistência adequada;
- viii. Infiltração de materiais incompressíveis na junta.

Considerando a principal vantagem do pavimento rígido, que é a alta durabilidade com pouca necessidade de manutenção, quando comparado ao pavimento flexível, a diminuição de sua vida útil decorrente da prolongada paralisação das obras, situação de abandono e, principalmente, das possíveis falhas construtivas, evidenciam o descaso com o dinheiro público e falta de planejamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7480, – **Aço Destinado a Armadura para Estrutura de Concreto Armado** - Especificação. MAR/2007

ANDRADE, Clésio. **Pesquisa CNT de Rodovias**. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em 28 de março de 2018

BERNUCCI, Liedi Bariani; DA MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros**. 3º ed. 2010

Boletim Estatístico – CNT – Janeiro 2018. Disponível em: <<http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/BOLETIM%20ESTAT%20C3%8DSTICO/BOLETIM%20ESTAT%20C3%8DSTICO%202018/Boletim%20Estat%20C3%ADstico%20-%202001%20-%202018.pdf>>. Acesso em 15 de agosto de 2018

Breve Histórico do Rodoviarismo Federal no Brasil. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em 17 de agosto de 2018

DA SILVA, José Eudes; CARNEIRO, Luiz Antônio. Trabalho: **Pavimentos de Concreto: Histórico, Tipos e Modelos de Fadiga**, 2014. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Histórico do Rodoviarismo**. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em 05 de junho de 2018.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, **Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos**, Publicação IPR 737, 2010

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, **Manual de Pavimentos Rígidos**, publicação IPR 714, 2005.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, NORMA DNIT 061/2004-TER, **Pavimentos rígidos – defeitos – terminologia**.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, NORMA DNIT 060/2004-PRO, **Pavimentos rígidos - inspeção visual – procedimento**.

Grupo IDD. **5 motivos para de usar o pavimento rígido, principalmente em corredores de ônibus**. Disponível em: <<https://www.idd.edu.br/blog/idd-news/5-motivos-para-se-usar-o-pavimento-rigido-principalmente-em-corredores-de-onibus>>. Acesso em 18 de junho de 2018.

ISIS, Raquel; BIANCHI, Flávia Regina; CASTRO, Verônica. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf> Acesso em 25 de março de 2018

LOTURCO, Bruno. **Pavimento Rígido**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/102/artigo286026-1.aspx>>. Acesso em 28 de março de 2018.

PAVESYS – Engenharia de Pavimentos. **Fiscalização da qualidade de serviços**. Disponível em: <http://www.agergs.rs.gov.br/upload/1426008831_Relat%C3%B3rio%20RM2%20-%20Contrato%20AGERGS%2018-2013%20-%20Pavesys%20Eng.2014%20%28Vacaria%29.pdf>. Acesso em 08 de agosto de 2018.

Pavimento Rígido: Solução para corredores de ônibus. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pavimento-rigido-para-corredores-de-onibus/>>. Acesso em 08 de agosto de 2018

RODRIGUES, José Luís Azevedo. Dissertação: **Conceção de Pavimentos Rígidos**, 2011. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto (Portugal)

ROSSI, Ana Carolina. Monografia: **Etapas de uma Obra de Pavimentação e Dimensionamento de Pavimento para uma Via na Ilha do Fundão**, 2017. Universidade Federal do rio de Janeiro.

ROSSI, Ana Carolina. Monografia: **Etapas de uma Obra de Pavimentação e Dimensionamento de Pavimento para uma Via na Ilha do Fundão**, 2017. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Transporte Rodoviário – Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/estudo/transporte-rodoviario-pavimento>>. Acesso em 28 de março de 2018

Universidade Federal de Juiz de Fora. **Pavimentação**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>>. Acesso em 25 de abril de 2018.

Universidade Federal do Paraná. **Tipos de Pavimento**. Disponível em: <<http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/TextoComplementar.pdf>>. Acesso em 25 de março de 2018