



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

DAIANA SCHIAVON BOTARO

**DRENAGEM PROFUNDA EM OBRA DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: ESTUDO
DE CASO AMG- 0520, KM 5,8, TRECHO OLIVEIRA FORTES – ARACITABA, MG**

**UBÁ/MG
2024**

DAIANA SCHIAVON BOTARO

DRENAGEM PROFUNDA EM OBRA DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: ESTUDO DE CASO AMG- 0520, KM 5,8, TRECHO OLIVEIRA FORTES – ARACITABA, MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá - Ubá como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Suymara Toledo Miranda.

**UBÁ/MG
2024**

DRENAGEM PROFUNDA EM OBRA DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: ESTUDO DE CASO AMG- 0520, KM 5,8, TRECHO OLIVEIRA FORTES – ARACITABA, MG

RESUMO

A aplicação de dispositivos de drenagem em rodovias é fundamental para captar e conduzir adequadamente as águas pluviais, direcionando-as para locais de deságue seguros e garantindo o bom funcionamento da via. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar, por meio de uma revisão bibliográfica, os diferentes tipos de drenagem, com ênfase na drenagem profunda, e realizar um estudo de caso sobre a reconstrução do trecho Oliveira Fortes – Aracitaba, MG da rodovia AMG-0520, no km 5,8. Em síntese, destaca-se que, devido ao recalque ocorrido nesse trecho, foram implantados dispositivos de drenagem profunda, com a função de drenar e eliminar as águas provenientes tanto das precipitações pluviométricas quanto da elevação do lençol freático, que resultavam no aumento da umidade e na instabilidade do solo. A instalação desses sistemas visou estabilizar o terreno, minimizando os efeitos do recalque e proporcionando maior segurança estrutural à via, garantindo, assim, a integridade e a funcionalidade do pavimento ao longo do tempo.

Palavras-chave: Dispositivos. Drenagem Profunda. Rodovias.

DEEP DRAINAGE IN ROAD INFRASTRUCTURE WORK: CASE STUDY AMG- 0520, KM 5.8, OLIVEIRA FORTES SECTION – ARACITABA, MG

ABSTRACT

The application of drainage devices on highways is essential to properly capture and convey rainwater, directing it to safe drainage locations and ensuring the proper functioning of the road. In this context, the objective of this work is to present, through a bibliographical review, the different types of drainage, with emphasis on deep drainage, and to carry out a case study on the reconstruction of the Oliveira Fortes – Aracitaba, MG section of the AMG- 0520, at km 5.8. In summary, it should be noted that, due to the settlement that occurred in this section, deep drainage devices were implemented, with the function of draining and eliminating water from both rainfall and the elevation of the water table, which resulted in increased humidity and in soil instability. The installation of these systems aimed to stabilize the terrain, minimizing the effects of settlement and providing greater structural safety to the road, thus guaranteeing the integrity and functionality of the pavement over time.

Keywords: Devices. Deep Drainage. Highways.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as técnicas de drenagem de pavimentos rodoviários avançaram, destacando-se como um componente essencial para a preservação da infraestrutura viária. No Brasil, a importância da drenagem é ainda mais evidente em regiões com precipitação anual superior a 1.500 milímetros, especialmente em estradas que registram um Tráfego Médio Diário (TMD) de 500 veículos comerciais (DNIT, 2006).

De acordo com Rocha (2023), um projeto de drenagem tem como objetivo equipar as rodovias com dispositivos que possam capturar e conduzir eficientemente tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. Pesquisas indicam que essas águas podem atravessar os revestimentos dos pavimentos a uma taxa que varia de 33% a 50% nos pavimentos asfálticos e de 50% a 67% nos pavimentos de concreto. Se não forem instalados dispositivos especiais para drenagem, essas infiltrações podem causar sérios danos à estrutura do pavimento, incluindo a base e a sub-base (DNIT, 2006).

Diante desse panorama, o objetivo deste trabalho é apresentar, por meio de uma revisão bibliográfica, os diferentes tipos de drenagem, com ênfase na drenagem profunda, bem como, realizar um estudo de caso que detalha as etapas da instalação da drenagem profunda na rodovia AMG-0520, no trecho Oliveira Fortes - Aracitaba, km 5,8. Este estudo abordou aspectos como os projetos, os estudos de solo e a execução da obra, com o objetivo de recuperar a área afetada por problemas de abatimento de pista. A coordenação dos projetos e da execução da obra ficou a cargo do Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG), que seguiu as normas estabelecidas no manual do DER- MG e DNIT.

Dado o exposto, esse trabalho justifica-se pela necessidade de compreender os riscos que a água representa para os elementos que compõem uma via, especialmente em relação à durabilidade da pavimentação. Além disso, destaca-se a importância do dimensionamento adequado dos dispositivos de drenagem, que contribuem para aumentar a vida útil do pavimento e reduzir acidentes causados por aquaplanagem, deslizamentos de taludes e abatimentos de pista nas zonas de tráfego.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Drenagem de rodovias

De acordo com Pinheiro, Coutinho e Ferreira (2021) o sistema de drenagem de uma rodovia é composto por um conjunto de dispositivos, tanto superficiais quanto subsuperficiais ou profundos, projetado para desviar a água da plataforma viária. O projeto desses sistemas de drenagem é baseado em dados obtidos por meio de estudos hidrológicos, que abrange o dimensionamento, a seleção hidráulica, a funcionalidade e o posicionamento da obra e dos dispositivos (JABÔR, 2020).

Jabôr (2020) ressalta que, para correta instalação de dispositivos de drenagem, é crucial entender sua função, e inclusive sua implantação, evitando com isto: dispositivos mal posicionados, incompletos, inadequados, etc...

Dessa forma, a drenagem tem como objetivo evitar que os materiais que compõem o pavimento e o subleito sofram variações no teor de umidade, o que pode causar alterações no volume e na capacidade de suporte desses materiais ao longo do período de uso (DNIT, 2006).

A água no pavimento pode resultar de infiltrações superficiais causadas por juntas, trincas, bordos dos acostamentos e outros tipos de defeitos na superfície, que permitem a entrada de água no interior de sua estrutura (SUZUKI; AZEVEDO; JÚNIOR, 2013).

2.1.1 Origem das águas na estrutura dos pavimentos

A água da chuva, conforme descrito no Manual de Drenagem do DNIT (2006) e corroborado por Rocha (2023), pode seguir diferentes caminhos no sistema de drenagem de rodovias. Parte da água infiltra-se no solo, contribuindo para os lençóis freáticos, enquanto outra parte escoar superficialmente. Essas dinâmicas não são mutuamente exclusivas, pois variam de acordo com as condições de permeabilidade do solo, que pode ser mais ou menos permeável, influenciada por fatores como tipo de solo, topografia e clima.

Um terceiro aspecto pelo qual a água se manifesta é a "franja capilar", que resulta da ascensão capilar dos lençóis d'água, conforme as leis da capilaridade. A influência exercida pela "franja capilar" deve ser eliminada ou reduzida por meio de rebaixamento dos lençóis (DNIT, 2006; ROCHA, 2023; JANUÁRIO, GARCIA e GARCIA, 2016).

Segundo Suzuki; Azevedo; Júnior, (2013) a alta umidade da camada da estrutura do pavimento e do subleito surgem através da infiltração, percolação, capilaridade e movimentos em forma de vapor de água.

Nesse sentido, a FIG. 1 a seguir, mostrará como a água pode ascender por percolação a partir de um nível freático elevado ou infiltrar-se lateralmente pelas bordas do pavimento e pelas valetas. Além disso, efeitos de capilaridade e movimentos de vapor d'água também são importantes para o acúmulo de umidade sob a estrutura do pavimento. A distribuição do vapor d'água está relacionada às variações da temperatura e do clima (SUZUKI; AZEVEDO; JÚNIOR, 2013).

Figura 1: Origens da água presente na estrutura de um pavimento rodoviário.



Fonte: Suzuki; Azevedo; Júnior (2013).

Devido a ação da tensão superficial dos vazios do solo é que ocorre a capilaridade, que fica acima da linha de saturação. O movimento da água livre por capilaridade ocorre nos vazios dos solos, os quais podem ser comparados a tubos capilares, pois estão interconectados, embora de maneira irregular. (ROCHA, 2023).

DNIT (2006) e Rocha (2023) destacam que, de modo de outro, é essencial manter o lençol freático a uma profundidade entre 1,50 e 2,00 metros abaixo do subleito das rodovias, variando conforme o tipo de solo da área considerada.

Rocha (2023) destaca que a água resultante da ascensão capilar não pode ser drenada pela ação da gravidade. Para controlar seu movimento, é recomendada a instalação de dispositivos como uma camada drenante ou de bloqueio, capaz de interceder.

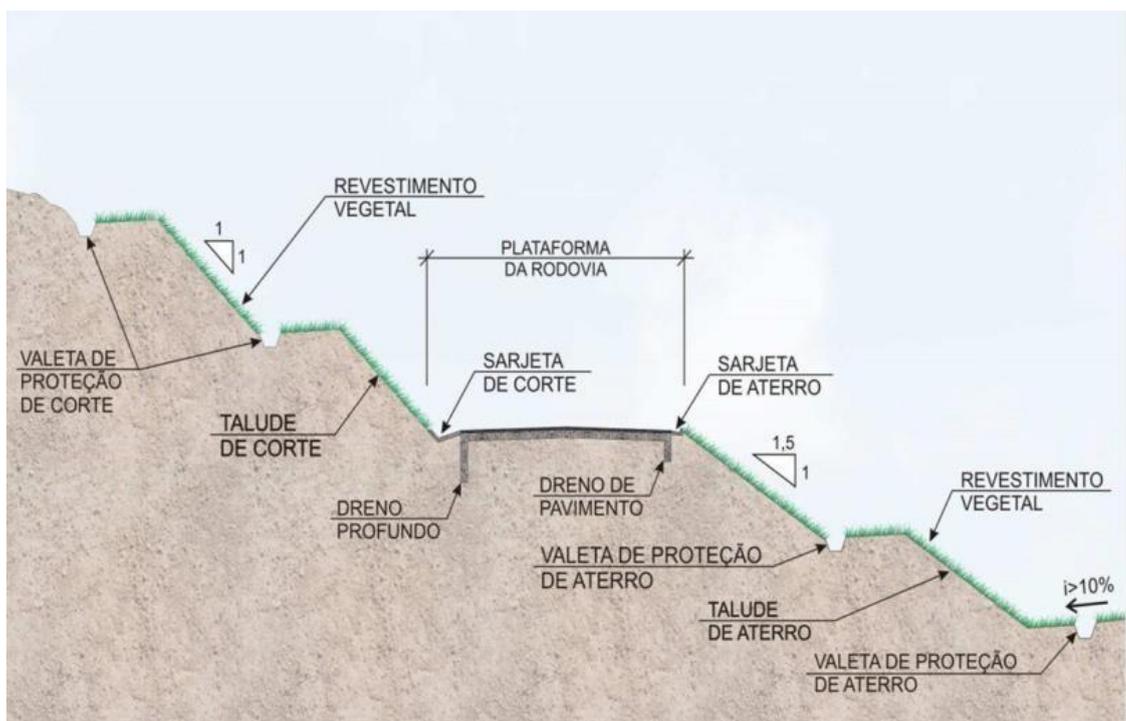
2.2 Tipos de drenagens

Conforme Delgado (2008), os sistemas de drenagem podem ser classificados em quatro tipos principais como mostras as FIG 2, 3 e 4: drenagem profunda ou subterrânea, drenagem superficial, drenagem de transposição de talvegue e drenagem urbana.

De acordo com o Manual de Drenagem do DNIT (2006), a drenagem profunda ou subterrânea tem a finalidade de interceptar o fluxo de água subterrânea, rebaixando o lençol freático e evitando que ele atinja o subleito. Esses drenos são instalados, preferencialmente, em profundidades entre 1,50 m e 2,00 m, com o objetivo de captar e aliviar o excesso de água no lençol freático, garantindo a proteção do corpo da rodovia. Sua instalação é indicada em trechos de corte, em terrenos planos com lençol freático próximo ao subleito, além de áreas potencialmente saturadas, como nas proximidades do pé dos taludes.

Nessa esteira, a drenagem superficial de uma rodovia tem a função de interceptar, captar e conduzir as águas pluviais, tanto aquelas provenientes das áreas adjacentes quanto as que caem diretamente sobre a pista, garantindo o escoamento seguro dessas águas. Isso é crucial para evitar problemas como erosão, acúmulo de água na pista e danos ao pavimento, assegurando a estabilidade estrutural (ROCHA, 2023).

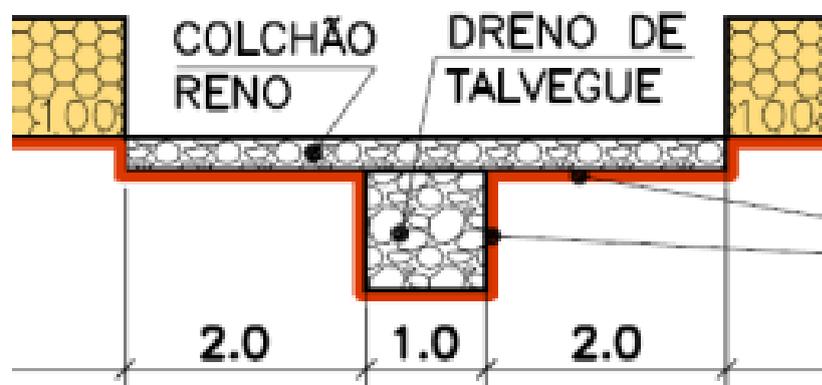
Figura 2: Dispositivos de drenagem superficial, subsuperficial e profunda em uma rodovia.



Fonte: Rocha (2023)

No caso da transposição de talvegues, as águas provenientes de uma bacia precisam ser conduzidas de modo a atravessar a estrada sem comprometer sua estrutura, atendendo às exigências hidrológicas e à conformação do terreno. (DNIT, 2006). Ele é utilizado em locais onde a obra de arte corrente (como bueiros ou outros sistemas de drenagem) não coincide com a linha do talvegue, que é a linha natural de escoamento das águas no ponto mais baixo de um vale ou depressão (JABÔR, 2023).

Figura 3: Projeto de transposição de talvegue



Fonte: 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

De acordo com a Lei nº 13.308, de 6 de julho de 2016, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, é determinado a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial, e tem como finalidade:

limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas águas nas áreas urbanas (ART. 3º I-D).

Figura 4: Dispositivos de drenagem urbana



Fonte: Elias et. al (2021).

Portanto, nesse trabalho, a ênfase será projetada à drenagem profunda, destacando seus principais dispositivos e suas respectivas aplicações.

2.3 Dispositivos de drenagem profunda

Conforme o DNIT (2006), foram selecionados ao longo do tempo alguns dispositivos de drenagens profundas para resolver problemas relacionados a infiltração de água, sendo eles:

- a) Drenos profundos;
- b) Drenos espinha de peixe;
- c) Colchão drenante;
- d) Drenos sub-horizontais;
- e) Valetões laterais;

Nesse sentido, o Manual de Projeto do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais (DER, 2021) detalha estratégias para a identificação de locais que demandam a instalação de drenos profundos, garantindo a execução adequada dos projetos de drenagem profunda.

- Verificar a presença de excesso de umidade nos cortes e avaliar se o tipo de vegetação existente indica a presença de umidade;

- Identificar os locais com presença de (nível da água) NA;
- Verificar a ocorrência de deformações no leito natural nas regiões de corte, pois isso pode indicar a presença de nível d'água elevado (NA) ou excesso de umidade;
- Identificar os locais com afloramento de rocha. Nestes locais, indicar colchão drenante na pista inteira;
- Verificar os locais com afloramento d'água no leito natural, para definição do preenchimento do colchão drenante (brita / areia);
- Verificar o (s) areal (is) e/ou pedreira (s) indicado (s) no projeto.

2.3.1 Dreno profundo longitudinal e transversal

Os drenos profundos são geralmente instalados em profundidades que variam entre um metro e dois metros, com o objetivo de captar e aliviar o lençol freático, protegendo assim o corpo da estrada. Esses drenos são recomendados para trechos em corte, terrenos planos onde o lençol freático esteja próximo ao subleito, além de áreas que possam estar saturadas, como aquelas localizadas próximas ao pé dos taludes (DNIT, 2006).

De acordo com a Norma Técnica do DNIT 015/2006 – ES, (p. 3) “drenos poderão ser cegos ou com tubos e, devido à pequena profundidade, podem ser também designados como drenos rasos; recebem, ainda, designações particulares como dreno transversal ou dreno longitudinal de base”.

Em casos em que não são implantados tubos nos drenos, estes por sua vez são chamados de “dreno cegos” (ROCHA, 2023).

O manual de Drenagem do DNIT (2006) define que, materiais utilizados nos drenos profundos variam conforme suas funções específicas, sendo classificados em dois principais grupos:

- materiais filtrantes: areia, agregados britados, geotêxtil, etc.
- materiais drenantes: britas, cascalho grosso lavado, etc.

A parte do dispositivo que exerce a função de captação em um sistema de drenagem subterrânea pode ser constituída por drenos cegos ou drenos tubulares, neste último caso utilizando tubos dreno em polietileno de alta densidade - PEAD - corrugados perfurados ou tubos dreno em concreto perfurado ou poroso (DNIT, 015/2006 – ES, p. 3).

Nesse panorama, a FIG. 5 a seguir, mostra a execução de dreno profundo longitudinal

com materiais drenantes e constituídos de drenos tubulares.

Figura 5 – Execução DPS – Dreno Profundo Longitudinal para corte em solo, na MG-280Paula Cândido



Fonte: A autora, (2023).

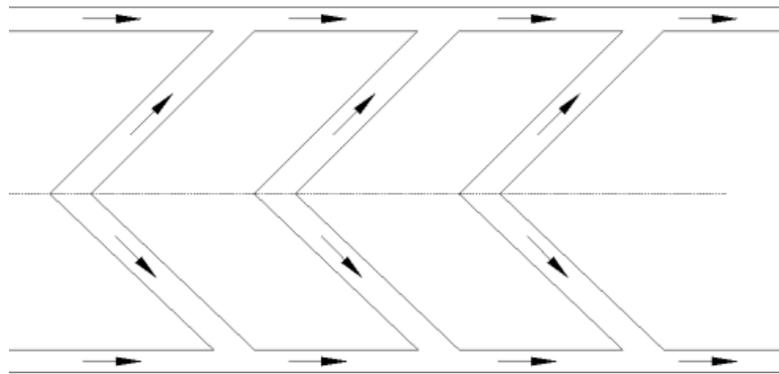
2.3.2 Dreno espinha de peixe

Os drenos espinhas de peixe são projetados para a drenagem de grandes áreas, pavimentadas ou não, e são normalmente dispostos em série, em um ângulo oblíquo em relação ao eixo longitudinal da rodovia ou da área a ser drenada. Devido à sua característica de serem rasos, geralmente não utilizam tubos, embora em alguns casos possam ser associados a tubulações para aumentar a eficiência (ROCHA, 2023).

Esses drenos podem ser necessários em trechos de corte, quando os drenos longitudinais não forem suficientes para garantir a drenagem adequada da área. Além disso, podem ser projetados em terrenos que receberão aterros, especialmente quando o lençol freático estiver próximo da superfície, o que pode comprometer a estabilidade da obra (DNIT, 2006).

Dessa forma, dependendo das condições presentes, as águas podem desaguar de forma livre ou por meio de drenos longitudinais, conforme ilustrado na FIG. 6 (JABÔR, 2023).

Figura 6: Planta dreno espinha de peixe instalado em rodovia



Fonte: DNIT (2006)

2.3.3 Colchão drenante

O objetivo das camadas drenantes é captar e escoar as águas localizadas em pequenas profundidades no corpo estradal, especialmente quando o volume de água não pode ser eficientemente drenado pelos drenos do tipo "espinha de peixe" (JANUÁRIO; GARCIA; GARCIA, 2016). Assim, conforme a Norma do DNIT (441/2023, p. 2) o “material selecionado que irá preencher a cava oriunda da remoção, total ou parcial, da camada de solo mole, funcionando como fundação para suportar o aterro rodoviário sendo envelopado com manta geotêxtil não tecido”.

Os materiais granulares dos colchões drenantes devem ser protegidos por filtros granulares ou geotêxteis para evitar a infiltração de partículas finas do solo, o que poderia reduzir sua capacidade de condução de água (DNIT, 2006).

Dando sequência, remoção da água coletada pelo colchão drenante deve ser realizada por meio do dreno longitudinal, que é responsável por conduzir a água ao longo da rodovia. Além disso, será necessário implantar um dreno coletor transversal no final do colchão drenante, com a função de interceptar, coletar e remover as águas que escoam no sentido longitudinal. Esse dreno transversal garante que a água seja direcionada adequadamente para fora da estrutura da rodovia. A FIG. 7 ilustrará (JABÔR, 2023).

Figura 7: Colchão drenante executado sobre solo mole na AMG-0520 Aracitaba



Fonte: A autora, (2024)

2.3.4 Drenos horizontais profundo - DHP

Os drenos sub-horizontais são comumente instalados em taludes de corte ou de aterro, posicionados de forma ortogonal ao eixo da plataforma. Sua principal função é permitir o escoamento das águas presentes nos maciços (estruturas de solo ou rocha), aliviando a pressão que essas águas exercem sobre o talude. Isso é fundamental para reduzir o empuxo hidrostático e evitar que a estabilidade do talude seja comprometida, prevenindo deslizamentos ou erosões, como mostrado na FIG. 8 (ROCHA, 2023).

Os tubos utilizados para os drenos sub-horizontais podem ser fabricados em materiais metálicos ou plásticos, como o (PEAD) rígido Polietileno de Alta Densidade, de acordo com as dimensões especificadas no projeto. Esses tubos devem ser resistentes e não apresentar fraturas, garantindo a integridade do sistema de drenagem. Normalmente, os tubos são instalados em comprimentos de até 40 metros (DNIT, 2006).

Figura 8: Esquema de DHP instalado em talude de corte



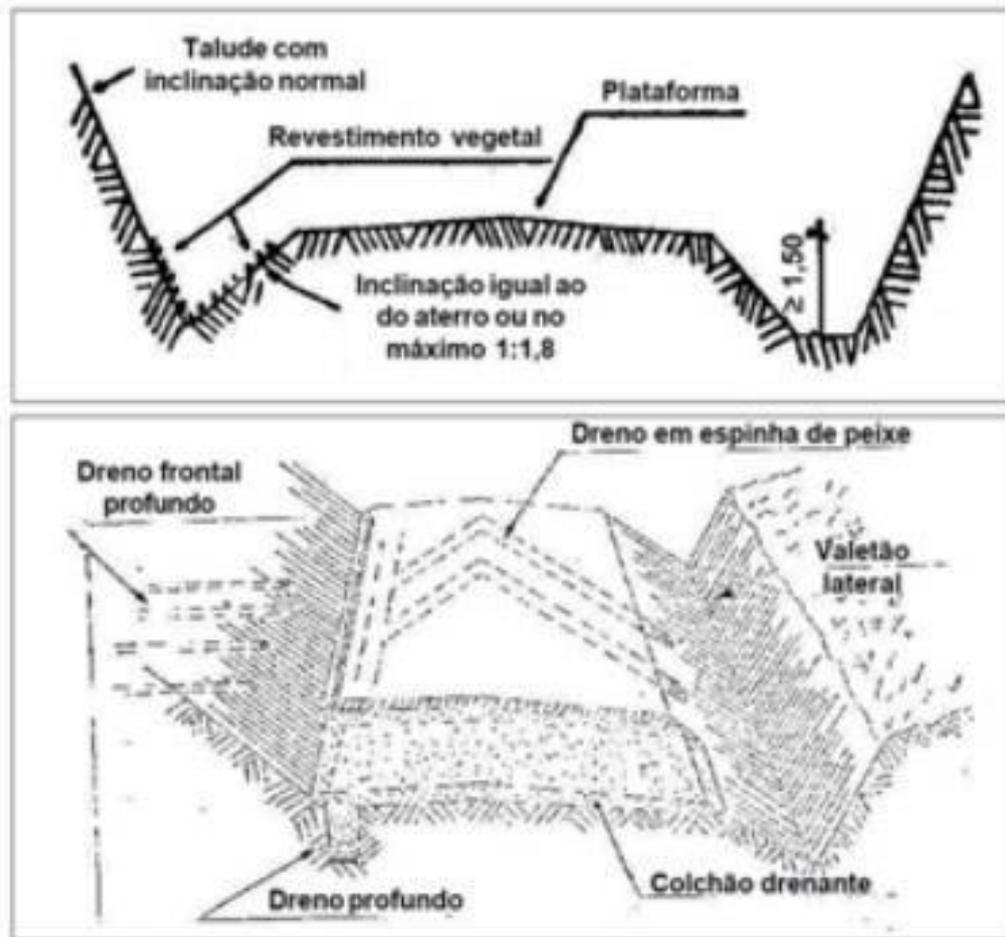
Fonte: Rocha (2023).

2.3.5 Valetões laterais

Conforme Januária; Garcia; Garcia (2016), é recomendado o uso de valetões laterais que são formados a partir da borda do acostamento. Nesse tipo de configuração, o valetão é composto, de um lado, pelo acostamento e, do outro, pelo próprio talude de corte, conforme FIG. 9. Outrossim, esse método é conhecido como falso-aterro.

Nesse panorama, as estradas ficarão sem acostamento confiável na época das chuvas e com acostamentos perigosos na época da cheia. Estes valetões irão funcionar de forma independente, em regiões planas podem exercer duas funções como, sarjetas e dreno profundo ao mesmo tempo, e profundidade de 1,5 a 2,0 metros e talude 3/2 quando possível (DNIT, 2006).

Figura 9: Detalhe dos valetões laterais



Fonte: Manual de Campanha –Estradas (2001).

2.4 Estudo de caso: implantação de dispositivos de drenagem profunda na AMG- 0520, Km 5,8, trecho Oliveira Fortes - Aracitaba, MG.

2.4.1 AMG- 0520 KM 5,8

O presente estudo de caso foi desenvolvido para avaliar a ocorrência de abatimento de pista na AMG- 0520 no km 5,8, trecho que liga Oliveira Fortes à Aracitaba, MG. Sendo a única via de acesso à cidade de Aracitaba, o trecho mencionado sofreu um recalque de aproximadamente 20 cm, quase isolando o município.

A obra de recuperação da rodovia começou em março de 2024, pela empresa PAVI DEZ, contratada pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais DER-MG por meio de licitação.

2.4.2 Sondagem a percussão- SPT

No período de 23/08/2023 a 30/08/2023, foram realizados pela empresa Evolução Engenharia, situada no Edifício Connect Towers, Areal, Águas Claras/DF, sondagens à percussão em 09 (nove) furos (FIG. 10), totalizando 99,29 m (noventa e nove metro e vinte e nove centímetros) perfurados no trecho da AMG-0520, km 5,8, Aracitaba, com objetivo de subsidiar a evolução do projeto de infraestrutura.

Figura 10: Localização dos furos de sondagem



Fonte: Evolução Engenharia (2023)

A cada metro de perfuração, foram recolhidas amostras do solo por meio do amostrador padrão, diâmetro interno de 1.3/8" e diâmetro externo de 2".

Durante a coleta das amostras, foram registradas as resistências à penetração do amostrador-padrão, correspondentes ao número de golpes necessários para cravar 45 cm do amostrador, com um peso de 65 kgf e altura de queda de 75 cm. O número de golpes necessários para a cravação dos últimos 30 cm serve como indicativo da compactidade dos solos arenosos e da consistência dos solos argilosos.

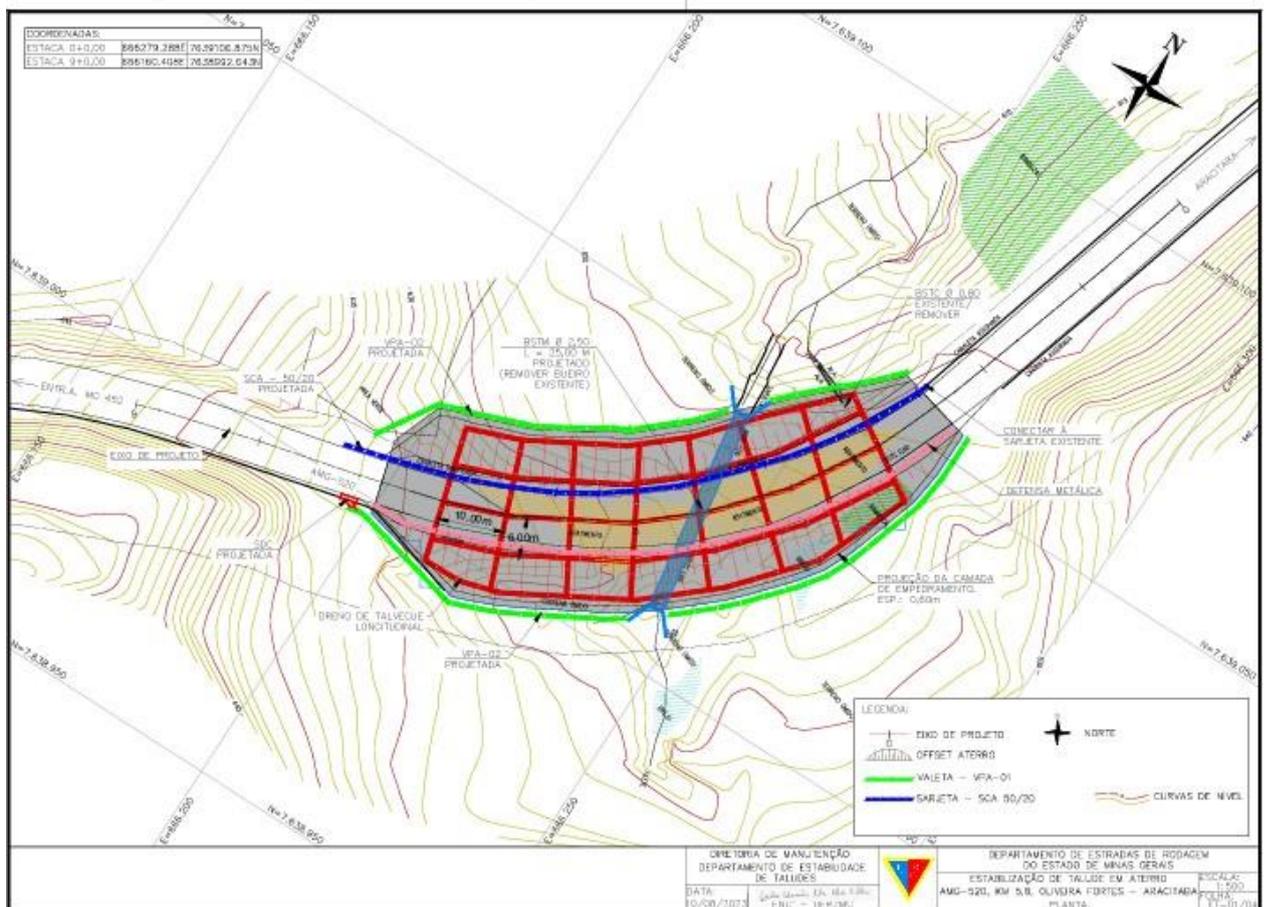
A FIG. 11 destaca o resultado da sondagem n° SP-03, que alcançou uma profundidade de -12,74 metros, com (nível d'água) N.A variando de -3,98 à -3,64 metros. Após 24 horas o N.A se estabilizou na profundidade de -3,71 metros.

2.4.3 Projeto de drenagem

Com a execução dos ensaios de sondagem do solo SPT, constatou-se a presença de solo siltoso argiloso, argila arenosa e argila siltosa, todos classificados como solos moles com baixa resistência.

De acordo com ensaio, foi elaborado o projeto de drenagem (FIG. 12) para estabilização do trecho. Como o nível de água estava elevado, foram dimensionados dreno espinha de peixe, dreno longitudinal e colchão drenante, com intuito de rebaixar o nível do lençol freático e trazer estabilidade ao aterro.

Figura 12: Projeto de estabilização de talude em aterro, AMG- 0520, km 5,8



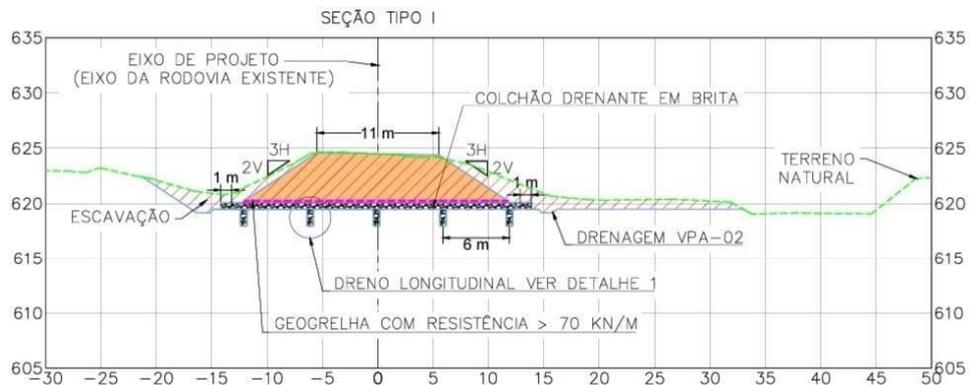
Fonte: DER- MG (2023)

Conforme ilustrado na FIG. 13, o dreno longitudinal foi dimensionado com espaçamento de 6 metros entre si, enquanto o dreno transversal apresenta espaçamento de 10 metros. Esses elementos foram estrategicamente posicionados para otimizar o direcionamento das águas provenientes do colchão drenante e do lençol freático.

Além disso, o colchão drenante foi projetado com uma faixa de brita de um metro de

largura em cada lado do talude de aterro. Essa faixa adicional tem como objetivo direcionar as águas provenientes do colchão drenante para fora da via, evitando o acúmulo de água nas laterais do aterro e promovendo um sistema eficiente de drenagem, o que aumenta a durabilidade e a segurança da via.

Figura 13: Corte seção transversal projeto da AMG- 0520 km 5,8



Fonte: DER-MG (2024)

2.4.4 Dimensionamento de drenagem profunda

2.4.4.1 Dreno profundo longitudinal e transversal

Para a execução do colchão drenante e dos drenos longitudinais e transversais, foi necessário remover todo o solo mole do trecho para garantir a estabilidade do terreno.

Foram instalados drenos longitudinais e transversais compostos por pedras de mão do tipo DRDT, com diâmetro inferior a 25 cm. Esses drenos possuem 1,5 m de profundidade e 0,6 m de largura, totalizando 532,38 metros de extensão. Para garantir a função de filtragem e proteção, os drenos foram envolvidos por uma manta geotêxtil não tecida tipo RT 16, com gramatura de 300 g/m² (FIG. 14). O memorial de cálculo deste projeto não forneceu informações sobre os custos de execução desses serviços.

Essa etapa foi realizada com dois dias, antes da elevação do lençol freático, uma medida preventiva para evitar que o trabalho das máquinas fosse prejudicado pelo risco de atolamento.

Figura 14: Execução de dreno longitudinal na AMG-0520 km 5,8



Fonte: Empresa PAVI DEZ (2024)

2.4.4.2 Colchão drenante

Para a execução de 1518,74 m² de colchão drenante, foi instalada uma manta geotêxtil não tecida tipo RT 16, com gramatura de 300 g/m². Em seguida, aplicou-se uma camada de 0,6 m de pedra de mão, com diâmetro inferior a 25 cm, totalizando um volume de 911,24 m³ (FIG.15).

Figura 15: Execução do colchão drenante



Fonte: A autora (2024)

Nessa perspectiva, com o objetivo de preencher os espaços vazios entre as pedras de mão, o projeto especificou uma camada de 20 cm de brita, com diâmetro entre 2 e 5 cm. No entanto, foi aplicada uma camada de 30 cm, totalizando 455,62 m³ de brita. Em seguida, o dreno

foi cuidadosamente envolvido com a manta geotêxtil (Bidim) como mostra a FIG. 16, garantindo a separação adequada entre o solo e o material drenante, além de prevenir a obstrução do sistema de drenagem por partículas finas do solo.

Este processo levou cerca de 12 dias para ser executado. No entanto, durante a própria execução, já foi possível observar a rápida drenagem da água, comprovando a eficácia do sistema implantado.

Figura 16: Execução do colchão drenante

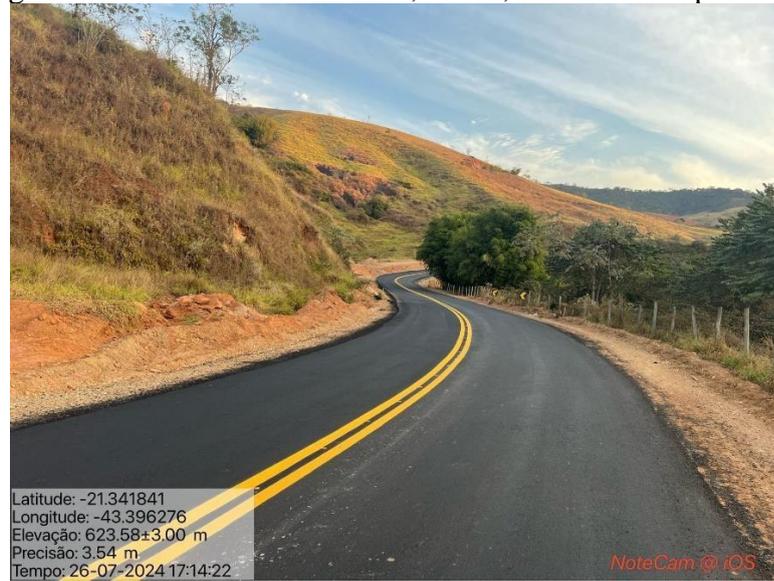


Fonte: Empresa PAVI DEZ (2024)

Foi implementado um bueiro simples tubular metálico (BSTM), envolvido por um dreno para otimizar a drenagem da área. Após a instalação, os dispositivos de drenagem foram preparados para suportar a carga do aterro. Essa carga gera uma compressão do solo, que expulsa a água de forma acelerada através dos drenos, direcionando o fluxo para as laterais do talude do aterro. Esse processo permite que o recalque ocorra durante a execução da obra, contribuindo para a estabilidade do aterro ao longo do tempo

Ao executar o aterro, foi implantado os dispositivos de drenagem superficial, pavimentação e sinalização da via (FIG.17), marcando a fase final da obra, que seguiu os padrões estabelecidos pelo DER-MG.

Figura 17: Trecho da AMG-0520, KM 5,8 executado e pavimentado



Fonte: Empresa PAVI DEZ (2024)

Dado isso, os dispositivos de drenagem implantados na obra tiveram um custo total de R\$ 405.548,78. No entanto, os valores referentes aos drenos longitudinais e transversais não foram computados na planilha. O valor geral da obra atingiu R\$ 894.185,27.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível afirmar que a drenagem profunda em rodovias é de extrema importância, especialmente em trechos sujeitos a alta precipitação e elevação dos lençóis freáticos. A instalação correta dos dispositivos de drenagem é crucial para garantir o escoamento adequado da água, prevenindo o abatimento de pista e outros danos estruturais.

O estudo de caso realizado na rodovia AMG-0520, no trecho entre Oliveira Fortes e Aracitaba, foi fundamental para entender a aplicação da drenagem profunda em rodovias e sua importância para a durabilidade e segurança das estruturas pavimentadas. A análise dos sistemas de drenagem profunda, como o dreno longitudinal, o dreno espinha de peixe, o colchão drenante e o dreno horizontal profundo, evidenciou a eficiência desses dispositivos na captação e direcionamento das águas, prevenindo danos ao pavimento e à base da rodovia.

Ao longo da pesquisa, demonstrou-se que é possível identificar e dimensionar os dispositivos de drenagem adequados para os problemas apresentados. Com isso, os sistemas de drenagem profunda foram implantados na AMG- 0520, trecho Oliveira Fortes- Aracitaba em MG, no km 5,8, de acordo com as necessidades da obra, respeitando as diretrizes dos projetos.

O estudo de caso realizado na rodovia AMG-0520, no trecho entre Oliveira Fortes e Aracitaba, foi fundamental para entender a aplicação da drenagem profunda em rodovias e sua importância para a durabilidade e segurança das estruturas pavimentadas. A análise dos sistemas de drenagem profunda, como o dreno longitudinal, o dreno espinha de peixe, o colchão drenante e o dreno horizontal profundo, evidenciou a eficiência desses dispositivos na captação e direcionamento das águas, prevenindo danos ao pavimento e à base da rodovia. Por fim, obteve-se um resultado satisfatório, com a observação da água sendo drenada e direcionada para fora do pavimento, atendendo às necessidades da rodovia de forma eficiente. Conclui-se, portanto, que o dimensionamento correto dos dispositivos de drenagem é imprescindível para mitigar os riscos associados à infiltração de água nas camadas do pavimento. A priorização da implantação e manutenção desses sistemas no setor rodoviário é crucial, assegurando a durabilidade da infraestrutura e a segurança dos usuários, além de contribuir para uma gestão de estradas mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRASIL, LEI Nº 13.308, DE 6 DE JULHO DE 2016. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13308.htm Acesso em 13out. 2024

DELGADO, Neila Carvalho Ferreira. **Hidrologia na drenagem das rodovias**. 2008. Monografia (Pós-Graduação) - Lato Sensu do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, [S. l.], 2008.

DER- MG, Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais.

MANUAL DE PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA. Belo Horizonte, 202. Disponível em: <https://www.der.mg.gov.br/files/77/Manuais/22773/Manual-de-Procedurementos-para-Elaboracao-de-Estudos-e-Projetos-de-Engenharia-Rodoviaria---Volume-VII:-Projeto-de-Drenagem.pdf>

DNIT 015/2006 - ES: **drenagem - drenos subterrâneos: especificação de serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DNIT 441/2023 – ES: **Camada granular, substituição solo mole, aterro rodoviário**. Rio de Janeiro: IPR, 2023.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT**. Manual de pavimentação. 2006. Disponível em: [www1.dnit.gov.br > ipr > ipr_new > manuais > manual](http://www1.dnit.gov.br/ipr/ipr_new/manuais/manual). Acesso em 06 out.2024

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT**. Manual de drenagem de rodovias. 2006. Disponível em: [www1.dnit.gov.br > ipr > ipr_new > manuais > manual](http://www1.dnit.gov.br/ipr/ipr_new/manuais/manual). Acesso em 07 out.2024

ELIAS, Beatriz & MENDONÇA, Luiz & FASSINA, Cristina & LIMA MORETTO, Renata. (2021). **Sistema de microdrenagem**. 10.22533/at.ed.99821130415.

JABÔR, Marcos Augusto. **Drenagem de Rodovias: Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem**. Apostila, 2020.

JABÔR, Marcos Augusto. **Drenagem de Rodovias: Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem**. Apostila, 2023.

JANUÁRIO, Nathália Faria; GARCIA, Paulo Roberto; GARCIA, Gabriella Faina. Rebaixamento do lençol freático. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v.1, n. 3, p. 66-81, 2016.

MANUAL de Campanha. BRASIL -Estradas. 1.ed2001.Disponível em:

<https://doutrina.ensino.eb.br/Manuais/C%205-38.pdf>.

PINHEIRO, Alyson Freitas; COUTINHO, Fernanda Martins; FERREIRA, Mônica Fernandes. O projeto de drenagem em pavimentos asfálticos: conserva o revestimento, previne acidentes e danos ao meio ambiente. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 11, p. 1585-1611, 2021.

ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Conceitos Básicos de Hidrologia e Drenagem para Projetos Rodoviários**. 2023.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; JÚNIOR, Felipe Issa Kabbach. **Drenagem subsuperficial de pavimentos: Conceitos e dimensionamento**. Oficina de Textos, 2013.