



FACULDADE VALE DO AÇO
ENGENHARIA CIVIL

ÉRIKA DUARTE DE SOUSA

**ESTUDO GEOTÉCNICO DO SOLO NAS EROSÕES ÀS MARGENS DA BR 222
NO KM 04 NO PERÍMETRO URBANO DE AÇAILÂNDIA**

AÇAILÂNDIA

2021

ÉRIKA DUARTE DE SOUSA – 000043

**ESTUDO GEOTÉCNICO DO SOLO NAS EROSÕES ÀS MARGENS DA BR 222
NO KM 04 NO PERÍMETRO URBANO DE AÇAILÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil
na Faculdade Vale do Aço.

Orientador: Prof. Esp. Randal Silva Gomes

AÇAILÂNDIA

2021

**Ficha catalográfica - Biblioteca José Amaro Logrado
Faculdade Vale do Aço**

S275e

Sousa, Érika Duarte de.

Estudo geotécnico do solo nas erosões às margens da BR 222 no KM 04 no perímetro urbano de Açailândia. / Érika Duarte de Sousa. – Açailândia, 2021.

47 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Faculdade Vale do Aço, Açailândia, 2021.

Orientador: Prof. Ms Esp. Randal Silva Gomes

1. Erosão. 2. Geotecnia. 3. Solo. 4. BR 222. 5. Açailândia - Ma I. Sousa, Érika Duarte de. II. Gomes, Randal Silva. (orientador). III. Título.

CDU 551.3.053

ÉRIKA DUARTE DE SOUSA – 000043

**ESTUDO GEOTÉCNICO DO SOLO NAS EROSÕES ÀS MARGENS DA BR 222
NO KM 04 NO PERÍMETRO URBANO DE AÇAILÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil na
Faculdade Vale do Aço.

Aprovado em 03 / 08 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Randal Silva Gomes (Orientador)

Faculdade Vale do Aço - FAVALE

Prof. MSc. Ludimilla da Silveira Ferreira

Faculdade Vale do Aço - FAVALE

Prof. MSc. Valéria Matos Lima

Faculdade Vale do Aço - FAVALE

Aos meus pais, Genilda Duarte e
Claudemir Milhomem.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ouvir minhas orações, pelas bênçãos e oportunidades concedidas a mim, sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais, Genilda Duarte e Claudemir Milhomem. Agradeço pelos ensinamentos, incentivos e apoio emocional e financeiro.

À minha irmã, Jéssica Duarte. Agradeço pela cumplicidade, por estar comigo nos momentos difíceis, pelos incentivos e apoio.

Ao meu irmão, Jefferson Duarte. Agradeço pela cumplicidade, pelas caronas, pelas ajudas, pelo apoio e incentivos.

À minha querida tia, Luciana Duarte. Pelos incentivos, por acreditar em mim e me apoiar sempre.

Às minhas amigas, Judith Asisis, Victórya Sousa, Michelly Coutinho e Eloane Maia. Por me apoiarem e sempre estarem comigo ao longo desta jornada.

Ao meu querido e amado, Lucas Marcell. Por estar ao meu lado, pelo apoio e incentivos, pela cumplicidade, por ter se tornado colo e por me amar tanto.

Ao meu orientador, Randal Gomes. Pela paciência e dedicação, por compartilhar seu conhecimento comigo e pela ajuda em todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores, pelos ensinamentos e aprendizados ao longo desta caminhada.

À Favale, por ter trago a oportunidade de poder cursar Engenharia Civil na minha cidade natal.

“Cada dia é um presente e não um direito adquirido. Faça o que for possível, deixe seus medos para trás e tente seguir o caminho menos óbvio. Este primeiro passo que você dá é o mais longo.”

(Nickelback)

SOUSA, E. D. **ESTUDO GEOTÉCNICO DO SOLO NAS EROSÕES ÀS MARGENS DA BR 222 NO KM 04 NO PERÍMETRO URBANO DE AÇAILÂNDIA.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdade Vale do Aço, Açailândia/MA.

RESUMO

O estudo do processo erosivo é de grande importância para a busca de suas possíveis soluções. Suas causas podem estar atreladas a diversos fatores como: propriedades físicas e químicas do solo, ações da natureza ou ações humanas. O estudo geotécnico do solo de erosões possibilita a caracterização do mesmo, como também auxilia na identificação de suas causas e consequências. Este trabalho apresenta um estudo geotécnico do solo nas erosões às margens da BR 222 no km 04 no perímetro urbano de Açailândia-MA, com o objetivo de avaliar qualitativamente as causas dessas erosões e suas consequências, inicia com estudo preliminar do local e coleta de amostra de solo para ensaio em laboratório e por fim, apresenta os resultados obtidos para devidas conclusões. Neste estudo pode-se identificar a presença de erosões como sulcos, ravinas e até, uma voçoroca. Essas erosões são influenciadas pela declividade do terreno, águas pluviais e pelo sistema de drenagem existente na área que é insuficiente para solucionar os impactos da chuva no local.

Palavras-chave: Estudo Geotécnico. Erosão. Rodovia.

SOUSA, E. D. **GEOTECHNICAL STUDY OF THE SOIL IN EROSIONS ON THE MARGINS OF BR 222 AT KM 04 IN THE URBAN PERIMETER OF AÇAILÂNDIA**. Project Course Conclusion (Bachelor of Engineering Civil). Valley of Steel School, Açailândia/MA.

ABSTRACT

The study of the erosive process is of great importance for the search for possible solutions for them. Their causes can be linked to several factors such as: physical and chemical properties of the soil, nature's actions or human actions. The geotechnical study of erosion soils enables its characterization, as well as helping to identify its causes and consequences. This paper presents a geotechnical study of soil erosion on the margins of BR 222 at km 04 on the urban perimeter of Açailândia-MA, in order to qualitatively assess the causes of these erosions and their consequences, it begins with a preliminary study of the site and collection of soil sample for laboratory testing and finally, it presents the results obtained for proper conclusions. In this study we can identify the presence of erosion such as furrows, gullies and even a gully. These erosions are influenced by the slope of the terrain, rainwater and the existing drainage system in the area, which is insufficient to resolve the rain impacts on the site.

Keywords: Geotechnical study. Erosion. Highway.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| FAO | Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura |
| KM | Quilômetro |
| MA | Maranhão |
| NBR | Norma Brasileira |
| PH | Peso das Hastes |
| PM | Peso do Martelo |
| SE | Sergipe |
| SPT | <i>Standard Penetration Test</i> |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Formação de erosão em sulcos | 17 |
| Figura 2 - Formação de ravinas no relevo..... | 17 |
| Figura 3 - Vista aérea de uma voçoroca | 18 |
| Figura 4 - Aumento de erosão em rodovia em SP em menos de uma semana | 21 |
| Figura 5 - Erosão na rodovia SE-488 | 22 |
| Figura 6 - BR 316 em Bacabal no Maranhão | 23 |
| Figura 7 – Erosão na BR 222 km 520 em Buriticupu, no Maranhão | 23 |
| Figura 8 – Corte na rodovia BR 222 no trecho do bairro Pequiá..... | 24 |
| Figura 9 – Equipamento para sondagem manual..... | 25 |
| Figura 10 – Trado-concha e Trado helicoidal..... | 26 |
| Figura 11 – Amostrador-padrão | 27 |
| Figura 12 – Perfuratriz rotativa | 31 |
| Figura 13 – Localização da área | 33 |
| Figura 14 – BR 222 Km 04..... | 33 |
| Figura 15 – Extensão do terreno | 34 |
| Figura 16 – Coleta de amostra para ensaio em laboratório | 35 |
| Figura 17 – Sulcos e ravinas no terreno..... | 36 |
| Figura 18 – Cobertura vegetal do terreno | 37 |
| Figura 19 – Erosão às margens da BR 222 km 04..... | 38 |
| Figura 20 – Contribuição do bueiro na margem direita da rodovia..... | 39 |
| Figura 21 – Ponto mais baixo da rodovia | 40 |
| Figura 22 – Barreira de contenção..... | 41 |
| Figura 23 – Contribuição para captação de águas pluviais na margem esquerda da rodovia | 42 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadra 1 – Apresentação das penetrações | 28 |
| Quadro 2 – Estado de compacidade e resistência do solo | 29 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Objetivos | 13 |
| 1.1.1 Objetivo Geral..... | 13 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 13 |
| 1.2 Justificativa | 14 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 15 |
| 2.1 O solo | 15 |
| 2.2 Erosão do solo e a Geotécnica | 16 |
| 2.3 Erosão do solo e rodovias..... | 19 |
| 2.4 Sistemas de sondagem simples em solos..... | 25 |
| 2.4.1 Sistema de sondagem manual | 25 |
| 2.4.2 Sistema de sondagem mecanizado | 30 |
| 2.5 Ensaio Marshall | 32 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 33 |
| 3.1 Revisão Bibliográfica | 33 |
| 3.2 Localização da área | 33 |
| 3.3 Observação do terreno | 34 |
| 3.4 Coleta de amostra para ensaios | 35 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 36 |
| 4.1 Condições físicas e cobertura vegetal do terreno | 36 |
| 4.2 Tipos de erosões existentes | 37 |
| 4.3 Sistema de drenagem de águas pluviais da rodovia | 38 |
| 4.4 Caracterização do solo através de ensaio em laboratório | 43 |
| 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 44 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 45 |

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados publicados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 2019, a cada cinco segundos uma área correspondente a um campo de futebol sofre erosão no mundo. Levando em consideração esses dados e fazendo uma análise futura, a FAO ainda acrescenta que até o ano de 2050 mais de 1 milhão de quilômetros quadrados de solo serão degradados no mundo todo.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990) o processo erosivo ocorre de forma desprendida, onde as partículas do solo são arrastadas e depositadas devido a água e o vento. Essas partículas se desagregam por causa dos efeitos diretos das gotículas de chuva no solo, como também pelas águas que escoam durante e após este fenômeno. Durante o escoamento, o solo é transportado de forma seletiva e depositado no fundo de vales.

O desenvolvimento de erosões em uma determinada área está relacionado a diversos fatores, levando em consideração que cada porção de solo possui características próprias, como estrutura física, química e morfológica. Essas características podem ou não influenciar no surgimento de erosões, o que torna as variáveis de controle do processo erosivo algo com um alto grau de complexidade, conforme aponta Madureira *et al.* (2006).

As erosões no espaço urbano em geral estão associadas à falta de planejamento do meio físico respeitando o caráter do mesmo. O crescimento ocupacional acelerado de áreas de risco aumenta o grau de periculosidade para possíveis acidentes, conforme explica Madureira *et al.* (2006).

Uma das problemáticas atuais presentes na cidade de Açailândia – MA é a intensificação do processo erosivo às margens da BR 222 no perímetro urbano, como exemplo pode-se citar o Km 04 nas proximidades do bairro Baixão, sentido Açailândia - São Luís. Segundo Castro *et al.* (2006), a comunidade local de Açailândia – MA e pesquisadores da região já têm conhecimento sobre os problemas causados pelas erosões urbanas, onde foram realizados diversos estudos com o intuito de compreender a dinâmica de crescimento populacional local e seus interferências socioambientais. Mas quais seriam as causas do aumento desse processo erosivo? Eles acontecem por ações da natureza ou ações humanas? As propriedades do solo influenciam para o aumento dessas erosões?

Estes processos erosivos às margens da BR 222 em Açailândia-MA podem estar atrelados a fatores físicos do solo, climáticos e/ou a própria intervenção do homem no espaço, trazendo consequências imediatas ou a longo prazo. Da complexidade dessas causas, surge a necessidade de se fazer um estudo mais aprofundado do solo dessas erosões, como também torna-se relevante a investigação das influências externas do meio onde elas se encontram. Portanto a proposta deste estudo visa identificar as reais causas desses processos erosivos, tendo como foco principal o km 04 da BR 222 no perímetro urbano de Açailândia-MA, para prever possíveis consequências, trazendo pontos positivos como o auxílio na busca por soluções mais adequadas para esse problema.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar qualitativamente as causas de erosões na BR 222 no km 04 no perímetro urbano de Açailândia.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ❖ Caracterizar o solo de erosões às margens da BR 222 no perímetro urbano de Açailândia, no km 04 nas proximidades do bairro Baixão;
- ❖ Identificar os tipos de erosões existentes na área de estudo;
- ❖ Verificar das influências na intensificação do processo erosivo;
- ❖ Apresentar das consequências causadas por esse processo erosivo.

1.2 Justificativa

A análise das causas de erosões na BR 222 no perímetro urbano de Açailândia – MA torna-se importante pois a rodovia é a principal ligação entre a cidade e a capital do estado do Maranhão e recebe diariamente um trânsito composto por habitantes de várias partes do país que desenvolvem diversas atividades que dependem da via para realização das mesmas.

Para buscar soluções para determinados tipos problemáticas faz-se necessária coleta e levantamento de dados que possam demonstrar suas possíveis causas. Levando em consideração isso, o estudo geotécnico do solo de erosões às margens da BR 222 no perímetro urbano de Açailândia-Ma é necessário para que o diagnóstico seja feito, contribuindo assim para que a solução desta problemática seja encontrada. Problemas como deslizamentos de terra, rompimento da rodovia, entre outros, poderão ser evitados com a realização deste estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O solo

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em uma publicação no ano de 2018, o solo que classificamos é uma coleção de objetos naturais, compostos por partes dinâmicas tridimensionais sólidas, líquidas e gasosas. Essas partes são compostas por minerais e materiais orgânicos. Esses materiais ocupam a maior parte do manto estendido dos continentes terrestres e contêm organismos e pode estar no ambiente natural coberto por vegetação e, finalmente, modificado pela perturbação humana.

O solo tem como limite superior a atmosfera, embora alguns solos possam ter uma coluna de água sobreposta (permanente ou periódica), desde que não haja impedimento ao desenvolvimento de raízes de plantas adaptadas a essas condições. Os limites laterais são os contatos com corpos d'água superficiais, rochas, gelo, áreas com coberturas de materiais detríticos inconsolidados, aterros ou terrenos sob espelhos d'água permanentes. O limite inferior do solo é difícil de ser definido. Em geral, o solo passa gradualmente, em profundidade, para rocha dura ou materiais saprolíticos ou sedimentos que não apresentam sinais da influência de atividade biológica. O material subjacente (não solo) contrasta com o solo pelo decréscimo nítido de constituintes orgânicos e pelo decréscimo de alteração e decomposição dos constituintes minerais, ou seja, pelo predomínio de propriedades mais relacionadas ao substrato rochoso ou ao material de origem não consolidado. (EMBRAPA, 2018, p. 27)

Meurer (2006), afirmam que na formação e manutenção dos sistemas de vida, o solo é um elemento essencial. Pode-se dizer que, sem algumas de suas características, não pode haver vida na terra. O conjunto de cargas elétricas que o compõe permite armazenar e liberar gradualmente os elementos químicos, mantendo assim um equilíbrio dinâmico entre a proporção retida na fase sólida e a proporção facilmente obtida na solução.

Fisicamente falando, o solo é um meio de manter a vida das plantas e uma variedade de comunidades biológicas, e também tem a capacidade de reter água e fornecer oxigênio. Do ponto de vista socioeconômico, é a base de uma variedade de sistemas de produção que podem produzir alimentos, fibras e madeira e, ao final da

cadeia produtiva, também pode ser utilizada como meio de destinação de resíduos, como afirmado por Azevedo e Dalmolin (2006).

“O recurso natural solo é intensamente afetado pelo processo de urbanização, e esses solos tendem a alterações drásticas de suas características morfológicas, físicas, químicas e biológicas, tornando-se totalmente distintos dos naturais” (DALMOLIN; AZEVEDO, 2006).

2.2 Erosão do solo e a Geotécnica

Francisco (2011) afirma que a erosão do solo é um processo natural e dinâmico, e o uso da terra e formas de relevo são aspectos que o agravam. A sociedade usa a tecnologia para mudar o meio ambiente e gerar novos ritmos para os processos naturais. Nesse sentido, a erosão do solo ocorre em espaços urbanos e rurais, e tem diferentes tipos e intensidades, tornando-se necessárias pesquisas e análises em escalas de tempo e espaço.

Vários aspectos da paisagem local e regional como geologia, geomorfologia, ciência do solo, climatologia e hidrologia, são críticos para a dinâmica do processo de erosão e afetam a localização das áreas mais vulneráveis. Por outro lado, através de práticas de manejo e conservação, as formas de uso do solo como agricultura, pecuária, silvicultura, entre outras, desempenham um papel no ritmo temporal do processo de erosão, conforme aponta Francisco (2011).

“A erosão dos solos ocorre nos espaços urbanos e rurais e com diferentes tipos (laminar ou linear), e intensidades (sulcos, ravinamentos e voçorocamentos), sendo necessária no seu estudo a análise através das escalas temporal e espacial” (FRANCISCO, 2011, p. 58).

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1993) a erosão em sulcos é caracterizada por uma série de fendas sinuosas distribuídas ao longo do terreno, conforme representada na Figura 1, as quais são causadas pelo fluxo de água que desliza sobre o terreno durante os períodos de chuvas intensas ou contínuas.

Figura 1 - Formação de erosão em sulcos



Fonte: BRASIL ESCOLA (2015).

“As ravinas resultam do aumento das dimensões do raio hidráulico e do perímetro molhado dos sulcos de erosão pela ação contínua da ação cisalhante do escoamento” (LAFAYETTE; CANTALICE; COUTINHO, 2011. p. 2168), conforme Figura 2.

Figura 2 - Formação de ravinas no relevo



Fonte: BRASIL ESCOLA (2015).

O processo de voçorocamento pode ocorrer por deslizamentos de terra fazendo com que o horizonte subterrâneo seja exposto, conforme Figura 3. Também podem se originar de sulcos e ravinas, características de erosão superficial causada pelo acúmulo de escoamento, criando cortes iniciais no solo e, eventualmente, atingindo áreas mais baixas do solo, levando a processos erosivos maiores (ANDRADE; PORTOCARRERO; CAPECHE, 2005).

Figura 3 - Vista aérea de uma voçoroca



Fonte: Brasil Escola (2015).

Rubira, Melo & Oliveira (2016), em seu estudo sobre solos de encostas, declara que o condicionamento dos processos erosivos se dá devido aos fatores climáticos, relevo, cobertura vegetal, ações antrópicas e pela própria natureza do solo. Há alguns outros autores que seguem a mesma linha de raciocínio, como por exemplo, Costa *et al.* (2005) que diz que os fatores que afetam o processo de erosão

são a erosividade e a erodibilidade, sendo a primeira medida pela intensidade e energia cinética das chuvas, e a segunda determinada pelas características físicas, químicas e morfológicas do solo. O autor também acrescenta entre estes fatores, a cobertura vegetal, devido à sua maior ou menor proteção do solo, aclive e declive, medidas de conservação e gestão do solo.

Do ponto de vista econômico a erosão destrói a infraestrutura urbana: galerias pluviais, redes elétricas, praças, lagoas de tratamentos de efluentes, linhas de esgotos, vias asfálticas, entre outras estruturas de construções civis. Do ponto de vista ambiental a erosão promove como consequência o assoreamento de lagos e canais fluviais, altera o fluxo subsuperficial em alguns casos, empobrece o solo devido à perda de nutrientes, entre outros problemas. Além dos problemas ambientais e econômicos, existem também os sociais, como os sanitários. Nas regiões urbanas as áreas escavadas pela erosão tendem a tornar-se foco de vetores patogênicos devido ao acúmulo de lixo e esgoto, diminuindo a qualidade de vida da população limítrofe. (RUBIRA; MELO; OLIVEIRA, 2016, p. 169)

Para Andrade *et al.* (2013), a engenharia geotécnica é o campo da engenharia civil ao qual seus conceitos e princípios básicos em Mecânica do Solo, Geologia, e Mecânica das Rochas são aplicados a problemas práticos tradicionais, incluindo a identificação e características de fundações, estabilidade de taludes, estruturas de suporte de terras, aterros, represas entre outros. A Geotecnia é uma ciência que procura estudar o comportamento de solos e de rochas decorrentes de ações naturais e/ou humanas. Com o auxílio desta ciência podemos compreender a dinâmica dos processos erosivos e buscar as soluções mais cabíveis para os problemas que este fenômeno pode acarretar não somente na natureza, mas também na sociedade em geral.

2.3 Erosão do solo e rodovias

Embora todos os cuidados com o meio ambiente tenham sido tomados, principalmente nos últimos anos, a realidade é que a intervenção humana no ambiente natural é na maioria das vezes necessária para o desenvolvimento nacional, mas tem trazido muitos problemas ambientais. Dentre as diversas formas de uso e ocupação do meio natural, podemos citar as vias expressas, pois à medida que a demanda para a circulação de mercadorias e serviços continua a aumentar, as vias expressas

precisam ser equipadas com maior capacidade de transporte e carga, conforme afirmado por Junior (2010).

O que se vê hoje no país é uma enorme dependência do transporte rodoviário, fruto do modelo de transporte adotado, em detrimento de outras modalidades como o ferroviário e hidroviário, para citar apenas os mais econômicos. No entanto, quando se trata de obras de implantação, restauração e/ou duplicação de rodovias, depara-se com enormes possibilidades de problemas ambientais por elas gerados e que precisam ser estudados e, quando se manifestam, mitigados. Assim, o profissional ou a equipe que estuda e planeja o uso e a ocupação do meio físico em uma determinada região, deve realizar o prognóstico, o diagnóstico, a caracterização e a avaliação dos problemas ambientais decorrentes para, então, propor e implementar as soluções com vistas à prevenção e mitigação aos problemas ambientais latentes ou em curso. A não consideração dos problemas ambientais nas fases de estudos, implantação de obras ou de operação, e a sua não mitigação na época oportuna, estes poderão ser considerados passivos ambientais. (JUNIOR, 2010, p. 17)

Junior (2010) também declara que com a implantação, restauração e/ou duplicação de rodovias, através de corte profundo, construção de taludes, remoção de solos, entre outros, no ambiente físico envolvendo seus componentes (solo, rocha, relevo, água e suas interações) há uma profunda mudança. Obras de drenagem, remoção de coberturas de solo, alteração dos caminhos das águas superficiais e subterrâneas e etc., causam impactos ambientais, que quando não são reduzidos podem ser descritos como ambientes degradados que precisam de recuperação.

O processo de expansão urbana sem planejamento adequado e em locais inapropriados como encostas íngremes e áreas de mananciais podem resultar na degradação da cobertura vegetal e dos recursos naturais solo e água. É evidente o estabelecimento de loteamentos e invasões em áreas inadequadas, o lançamento das águas pluviais canalizadas em locais inapropriados e a intensificação do processo de impermeabilização do solo (BRITO; MARTINS; AICHA, 2012, p. 86).

“Na faixa de domínio das rodovias a erosão é causada em maior parte pela falta de recobrimento vegetal combinada com a declividade acentuada nesses pontos” (NOGAMI; VILLIBOR, 1995).

O problema do surgimento de erosões relacionadas com a construção de rodovias está presente desde o início das obras. Entre as principais causas destacam-se: desmatamento excessivo da área de abrangência da rodovia; abandono de caminhos de serviço sem recuperação da área utilizada; má disposição de bota-fora; dimensionamento deficiente das obras; entre outros (BRASIL, 1996, p. 58 – 67).

A Figura 4 mostra um dos casos ocorridos no Brasil relacionados a erosões que aumentaram com a intensificação das chuvas, declividade acentuada do terreno, ausência de um sistema de drenagem de águas pluviais adequado, falta de manutenção e recuperação da área afetada e que invadiram a(s) faixa(s) de rodovias federais e estaduais provocando assim a interdição as mesmas e dificultando o tráfego de veículos. O desmoronamento ocorreu em 26 de fevereiro de 2019, no quilômetro (km) 438 da rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, em Quintana, no estado de São Paulo, conforme publicado pelo G1 Bauru e Marília (2019).

Figura 4 - Aumento de erosão em rodovia em SP em menos de uma semana



Fonte: G1 Bauru e Marília (2019).

Outro exemplo de problema ocasionado por erosões aconteceu na rodovia SE-488, entre os municípios de Umbaúba e Indiaroba, no estado de Sergipe (SE), conforme Figura 5, em março de 2020. O fato ocorreu pelo mesmos motivos já citados anteriormente, forte chuvas na região, declividade acentuada do terreno e ausência de manutenção e medidas para recuperação da área. A publicação foi feita pelo G1 SE (2020).

Figura 5 - Erosão na rodovia SE-488



Fonte: G1 SE (2020).

No Maranhão, a BR 316 foi rompida no km 340, conforme Figura 6, na cidade de Bacabal (a 240 km da capital do estado, São Luís), após forte chuva que agravou a erosão já existente, em 2020. Neste mesmo ano, a BR 222 cedeu uma das faixas no km 520 (Figura 7) e no km 538, no município de Buriticupu. As publicações destes acontecidos foram feitas pelo G1 MA (2020).

Figura 6 - BR 316 em Bacabal no Maranhão



Fonte: G1 MA (2020).

Figura 7 – Erosão na BR 222 km 520 em Buriticupu, no Maranhão



Fonte: G1 MA (2020).

Com relação às erosões às margens da BR 222 na cidade Açailândia – MA, Castro *et al.* (2006) afirma que o maior problema está relacionado à falta de manutenção desses locais, principalmente a falta de medidas para controlar o crescimento dessas erosões e prevenir outras erosões. Além disso, as ações destinadas a controlar as erosões relacionadas ao tráfego rodoviário incluem: o uso de proteção vegetal; forro ou implantação de valetas ou canaletas revestidas com cobertura vegetal, entre outros.

Em 17 de março de 2020, após forte chuva na região e um grande volume de água que resultou em um corte por completo da rodovia, a BR 222 foi interditada no trecho próximo ao “rio do 40” no bairro Pequiá na cidade de Açailândia-MA, conforme publicado pelo Imirante.com (2020). A Figura 8 mostra o corte da rodovia, sua extensão foi estimada de 80 a 100 metros, com 5 metros de altura, segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O ocorrido afetou a população local, as indústrias situadas no Polo Industrial do bairro Pequiá e os demais que utilizam a BR como via de tráfego para demais localidades do Estado e do país.

Figura 8 – Corte na rodovia BR 222 no trecho do bairro Pequiá



Fonte: Imirante.com (2020).

2.4 Sistemas de sondagem simples em solos

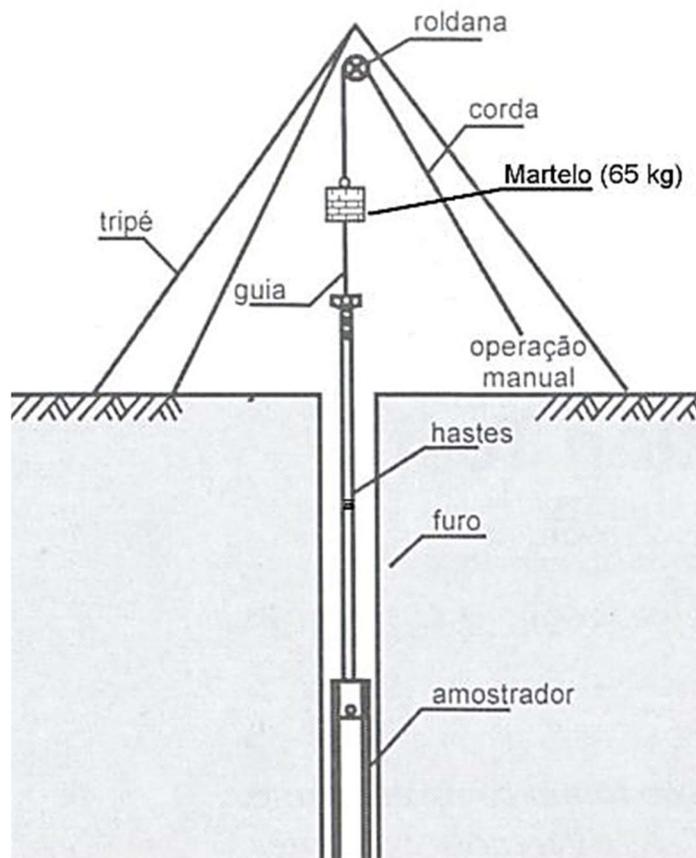
A NBR 6484, atualizada em 2020, descreve dois tipos de sistemas que podem ser utilizados para executar sondagens simples para reconhecer solos com ensaio de SPT (*Standard Penetration Test*): manual e mecanizado.

“Este método consiste na perfuração e cravação dinâmica de amostrador-padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e de um índice de resistência, bem como na observação do nível da água dentro do furo de sondagem” (NBR 6484, 2020, p. 2).

2.4.1 Sistema de sondagem manual

“Procedimento de execução do ensaio onde o amostrador é cravado no solo com o uso do martelo elevado manualmente por meio de um cabo têxtil que passa pela roldana localizada na parte superior do tripé ou torre de sondagem” (NBR 6484, 2020, p. 2). A Figura 9 representa o modelo do equipamento utilizado para esse tipo de ensaio.

Figura 9 – Equipamento para sondagem manual



Fonte: Portal Metalica (2020).

A Norma detalha o procedimento para realização deste ensaio, que tem como primeira etapa a locação do furo. O furo é marcado com um piquete cravado no solo, nele “deve ter gravada a identificação do ponto de sondagem e estar suficientemente cravado no solo, servindo de referência de nível para a execução da sondagem e posterior determinação de cota por meio de nivelamento topográfico” (NBR 6484, 2020, p. 12).

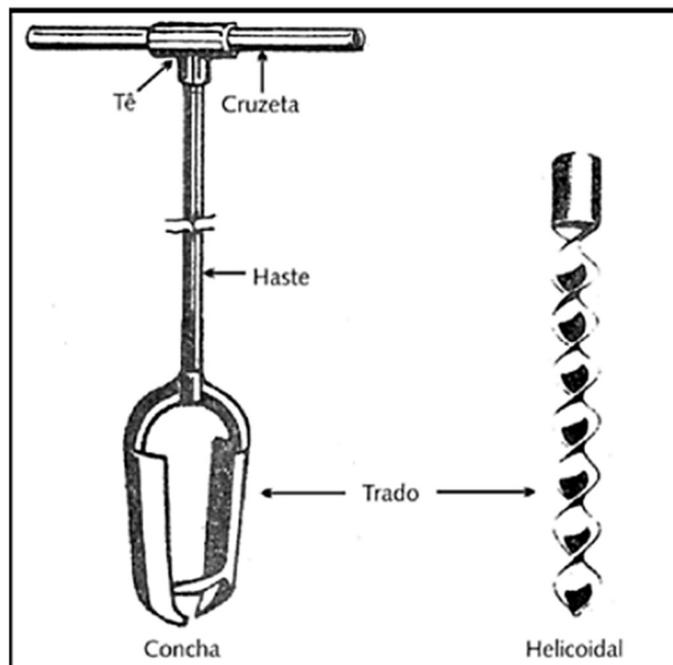
A sondagem se inicia com o processo de perfuração com profundidade de até 1 metro (m) utilizando um trado-concha (Figura 10) ou cavadeira manual.

5.2.2.2 Nas operações subseqüentes de perfuração, intercaladas às de ensaio e amostragem, deve ser utilizado trado helicoidal (Figura 10) até se atingir o nível d'água freático ou quando o avanço da perfuração com emprego do trado helicoidal for inferior a 50 mm após 10 min de operação. Neste caso, passa-se ao método de perfuração por circulação de água, também chamado de lavagem.

5.2.2.3 Não é permitido que, nas operações com trado, o mesmo seja cravado dinamicamente com golpes do martelo ou por impulsão da composição de perfuração.

5.2.2.4 Pode-se utilizar outros tipos de trado para perfuração desde que seja garantida a eficiência quanto à limpeza do furo, bem como quanto à não perturbação do solo no ponto de ensaio. (NBR 6484, 2020, p. 13)

Figura 10 – Trado-concha e Trado helicoidal



Fonte: FILHO (2017).

“A cada metro de perfuração, a partir de 1m de profundidade, devem ser colhidas amostras dos solos por meio do amostrador-padrão, com execução de SPT” (NBR 6484, 2020, p. 14). A Figura 11 representa o amostrador-padrão utilizado.

Figura 11 – Amostrador-padrão



Fonte: NBR 6484 (2020).

A NBR 6484 (2020) especifica, nos itens 5.2.3.5 e 5.2.3.6, p. 14, que:

5.2.3.5 Após o posicionamento do amostrador-padrão conectado à composição de cravação, coloca-se a cabeça de bater e, utilizando-se o tubo de revestimento como referência (ou outro referencial), marca-se na haste um comprimento de 45 cm divididos em três segmentos iguais de 15 cm. Caso a haste se movimente (penetre no solo) apenas com o peso próprio da composição de cravação, deve-se anotar a penetração do amostrador no solo utilizando a representação de peso das hastes (PH)/(centímetros penetrados).

5.2.3.6 Em seguida, deve-se apoiar cuidadosamente o martelo e registrar o avanço estático. Caso ocorra o avanço, deve-se registrar (PM)/(centímetros penetrados). Nas situações de solos muito moles, em que se saiba a priori que o avanço da composição poderá ocorrer somente pelo efeito do peso das hastes (PH) ou pelo peso do martelo (PM), a contratante pode solicitar que o operador limite o avanço da composição a 45 cm, e que seja coletada uma amostra para determinação do teor de umidade do solo. (NBR 6484, 2020, p.14)

A Quadro 1 apresenta as penetrações e exemplifica o registro dos golpes durante a realização do ensaio.

Quadro 1 – Apresentação das penetrações

| Penetração | Registro dos golpes | Exemplo |
|---|---|--------------------|
| Penetração de 45 cm Três trechos iguais a 15 cm | Golpes por trecho | 3/15 – 3/15 – 4/15 |
| Penetração diferente de 45 cm Trechos diferentes de 15 cm | Número de golpes para uma penetração imediatamente superior a 15 cm | 3/17 – 4/14 – 5/15 |
| Penetração superior a 45 cm com a aplicação do primeiro golpe de martelo | Número de golpes e respectiva penetração | 1/58 |
| Penetração com haste e amostrador, sem número de golpes | Sem número de golpes | PH/50 |
| Penetração com martelo, haste e amostrador, sem número de golpes | Sem número de golpes | PM/70 |
| Penetração superior a 45 cm com a aplicação de poucos golpes do martelo | Número de golpes e respectiva penetração nos respectivos intervalos | 1/33 – 1/20 |
| Penetração inferior a 45 cm Se em qualquer dos três segmentos, o número de golpes ultrapassar 30 | Número de golpes para cada intervalo de penetração | 32/15 |
| Se não for observado avanço do amostrador durante a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo | Número de golpes para zero centímetros de penetração | 5/0 |

Fonte: NBR 6484 (2020).

Cada um dos recipientes contendo amostras de solo devem ser etiquetados. Nas etiquetas dos mesmos devem estar escritas a designação ou número do trabalho, local onde a amostra foi coletada, número da sondagem, número da amostra, profundidade da amostra, número de golpes e as penetrações obtidas.

A Quadro 2 apresenta os índices de resistência a penetração e a designação para cada tipo de solo, conforme NBR 6484 (2020).

Quadro 2 – Estado de compactidade e resistência do solo

| Solo | Índice de resistência à penetração <i>N</i> | Designação ^a |
|--|--|--------------------------|
| Areias e siltes arenosos | ≤ 4 | Fofa(o) |
| | 5 a 8 | Pouco compacta(o) |
| | 9 a 18 | Medianamente compacta(o) |
| | 19 a 40 | Compacta(o) |
| | > 40 | Muito compacta(o) |
| Argilas e siltes argilosos | ≤ 2 | Muito mole |
| | 3 a 5 | Mole |
| | 6 a 10 | Média(o) |
| | 11 a 19 | Rija(o) |
| | 20 a 30 | Muito rija(o) |
| | > 30 | Dura(o) |
| ^a As expressões empregadas para a designação da compactidade das areias (fofa, compacta etc.) são referências à deformabilidade e à resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não podem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na mecânica dos solos. | | |

Fonte: NBR 6484 (2020).

A paralisação do ensaio ocorre conforme especificações de projeto e é de responsabilidade do contratante ou de seu preposto. Na ausência de critérios de paralisação, a NBR 6484 (2020) estabelece os seguintes critérios:

- a) avanço da sondagem até a profundidade na qual tenham sido obtidos 10 m de resultados consecutivos indicando *N* iguais ou superiores a 25 golpes;
 - b) avanço da sondagem até a profundidade na qual tenham sido obtidos 8 m de resultados consecutivos indicando *N* iguais ou superiores a 30 golpes;
 - c) avanço da sondagem até a profundidade na qual tenham sido obtidos 6 m de resultados consecutivos indicando *N* iguais ou superiores a 35 golpes.
- (NBR 6484, 2020, p.17)

Durante a identificação das amostras deve-se fazer a observação tátil e visual das mesmas de acordo com suas características de granulometria (areias, pedregulhos, argilas e siltes), plasticidade (capacidade de ser moldado sob determinada umidade), cor (branco, cinza, preto, marrom, amarelo, vermelho, roxo, azul e verde, complementando com claro e escuro) e origem (solos residuais, transportados ou aterros). A partir daí é realizada a elaboração do perfil geológico-geotécnico da sondagem.

2.4.2 Sistema de sondagem mecanizado

“Procedimento de execução do ensaio onde o amostrador é cravado no solo com o uso de martelo acionado mecanicamente” (NBR 6484, 2020, p. 2).

Assim como o sistema de sondagem manual, o procedimento mecanizado se inicia com a locação e marcação dos furos, definidos de acordo com o projeto. Os piquetes de marcação devem conter a identificação do ponto de sondagem e servem como referência de nível para execução da mesma. Além disso, os piquetes auxiliam na determinação da cota através do nivelamento topográfico, conforme explica a NBR 6484 (2020).

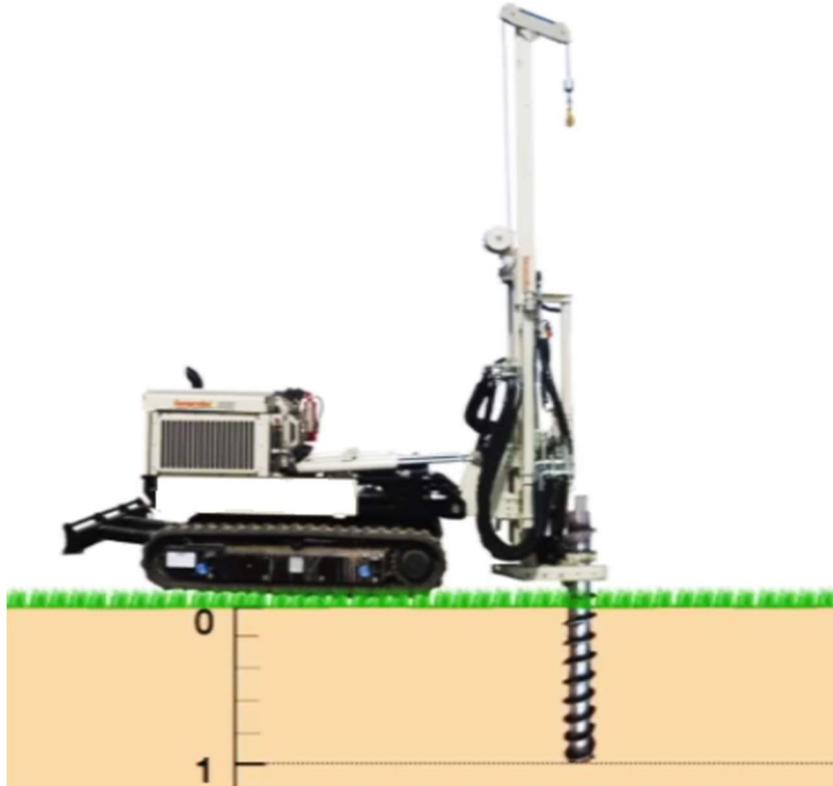
Para o procedimento de perfuração é utilizada uma perfuratriz rotativa, conforme Figura 12, pois “[...] deve proporcionar um furo estável e limpo antes da inserção do amostrador e deve também assegurar que o ensaio de penetração seja realizado em solo minimamente perturbado” (NBR 6484, 2020, p. 21).

A NBR 6484 (2020) considera os seguintes métodos de perfuração:

- a) método de perfuração com trado helicoidal;
 - b) método de perfuração com trado oco;
 - c) método de perfuração com tricône;
 - d) método de perfuração *wire-line* com barrilete mínimo N.
- (NBR 6484, 2020, p. 21)

“A cada metro de perfuração, a partir de 1 m de profundidade, devem ser colhidas amostras dos solos por meio do amostrador-padrão, com execução de SPT” (NBR 6484, 2020, p. 22).

Figura 12 – Perfuratriz rotativa



Fonte: Damasco Penna, adaptado pelo autor (2021).

Através do acionamento mecânico/hidráulico o martelo é elevado até uma altura de 75 cm, fixando uma frequência entre 10 a 40 golpes por minuto. A apresentação das penetrações obtidas seguem os mesmos exemplos do Quadro 1.

Quando a cravação atingir 45 cm, o índice de resistência à penetração N é expresso como a soma do número de golpes requeridos para a segunda e a terceira etapas de penetração de 15 cm, adotando-se os números obtidos nestas etapas mesmo quando a penetração não tiver sido de exatos 15 cm. (NBR 6484, 2020, p. 23)

A etiquetagem das amostras, os critérios de paralisação do ensaio e a identificação das amostras para elaboração do perfil geológico-geotécnico da sondagem seguem o mesmo procedimento descrito no item 2.4.1, p. 28-30.

2.5 Ensaio Marshall

O Ensaio Marshall é um procedimento utilizado para determinação da resistência a penetração de um corpo de prova de solo que normalmente são utilizados na composição das camadas dos pavimentos de rodovias e estradas, conforme explica Biopdi (2020).

Com este ensaio, pode-se obter uma caracterização significativa do solo analisado. O ensaio se divide em três etapas: compactação, expansão e resistência à penetração.

Biopdi (2020) faz a descrição das etapas do ensaio:

- Compactação do corpo de prova:

Os corpos de prova, comumente 5, são compactados com energia de compactação normal (12 golpes/camada) ou intermediária (26 golpes/camada) ou modificada (55 golpes/camada) sendo 5 camadas necessárias. A energia de compactação padrão (Proctor) é normatizada pela ABNT NBR 6457:2016 que descreve com detalhes o ensaio de compactação.

- Expansão:

Após a finalização do processo de compactação as amostras são imersas em água por um período de 4 dias. Sobre as amostras é posicionado um medidor de deslocamento que pode ser um relógio comparador (analógico ou digital) ou um reflectômetro, sendo realizado uma medida a cada 24 horas. Os valores são apresentados de como expansão percentual com relação ao valor inicial.

- Resistência à penetração:

Após a finalização do processo de expansão os corpos de prova são drenados por 15 minutos e posteriormente levados para a prensa de ensaio sendo realizada as medidas de resistência a penetração do cilindro a uma velocidade de 1,27 mm/min durante 10 minutos. Assim obtém-se os dados de penetração (mm) por carga(N)/pressão (MPa). (Biopdi, 2020)

3.3 Observação do terreno

Para observação da área de estudo foi realizada uma visita no local analisando a condições físicas do terreno, topografia, relevo, declividade, cobertura vegetal, tipos de erosões existentes e sistema de drenagem de águas pluviais da rodovia.

A Figura 15 mostra a cobertura vegetal existente na extensão do terreno.

Figura 15 – Extensão do terreno



Fonte: Autor (2021).

3.4 Coleta de amostra para ensaios

Durante a visita ao local foi feita a coleta da amostra de solo na erosão (Figura 16) para realização da caracterização do mesmo através de ensaios em laboratório.

Figura 16 – Coleta de amostra para ensaio em laboratório



Fonte: Autor (2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Condições físicas e cobertura vegetal do terreno

O terreno possui um relevo consideravelmente acidentado que contribui para o escoamento da água da chuva em sua superfície, do ponto mais alto para o ponto mais baixo, acarretando em alagamentos e transporte de solo para outros pontos, originando sulcos e ravinas, conforme Figura 17.

Figura 17 – Sulcos e ravinas no terreno



Fonte: Autor (2021).

A cobertura vegetal, conforme Figura 18, é de pequeno porte e em alguns pontos não há existência da mesma, deixando o solo desprotegido e propício para o surgimento de novas erosões e/ou aumento das erosões já existentes na área.

Figura 18 – Cobertura vegetal do terreno



Fonte: Autor (2021).

4.2 Tipos de erosões existentes

Como já analisado no item 4.1 deste trabalho, há presença de sulcos e ravinas (conforme Figura 17, p. 36) os mesmos originados devido ao impacto da chuva na superfície, podendo-se identificar o fator de erosividade no solo da área devido a esse fato, e que transporta o solo para outras localidades devido a inclinação do terreno.

Pôde-se constatar também a existência de uma erosão de porte maior, localizada, aproximadamente, 5 metros de distância das margens da rodovia BR 222. A Figura 19 apresenta esta erosão que já possui característica de uma voçoroca.

Figura 19 – Erosão às margens da BR 222 km 04



Fonte: Autor (2021).

4.3 Sistema de drenagem de águas pluviais da rodovia

No sistema de drenagem de águas pluviais da rodovia foi constatado que a contribuição do bueiro da margem direita, como mostra a Figura 20, está fora do local mais baixo da rodovia, o que possibilita a criação de zonas de alagamento.

Figura 20 – Contribuição do bueiro na margem direita da rodovia



Fonte: Autor (2021).

O local mais baixo está situado próximo às câmeras de monitoramento da rodovia, como mostra a Figura 21, onde durante os período de chuvas pode haver alagamentos tanto no terreno quanto na própria rodovia.

Figura 21 – Ponto mais baixo da rodovia



Fonte: Autor (2021).

Na margem esquerda da rodovia foi feita uma barreira de contenção provisória, conforme Figura 22, para minimizar os impactos das águas da chuva no bairro Baixão, devido a inclinação do terreno que possibilita a descida d'água com mais facilidade. Nesta mesma margem, há a contribuição para captação das águas pluviais, conforme Figura 23.

Figura 22 – Barreira de contenção



Fonte: Autor (2021).

Figura 23 – Contribuição para captação de águas pluviais na margem esquerda da rodovia



Fonte: Autor (2021).

Estas medidas realizadas pela Secretaria de Infraestrutura do município para melhoria do sistema de drenagem da via não serão suficientes para um grande volume de chuva, pois as contribuições são insuficientes para a captação de volumes maiores de água, podendo acarretar em alagamentos que afetarão o bairro Baixão, as áreas nos arredores e a própria rodovia. O processo erosivo será intensificado podendo provocar o aumento das erosões já existentes que consequentemente poderão invadir parcial ou totalmente a rodovia, acarretando na interdição da mesma.

4.4 Caracterização do solo através de ensaio em laboratório

A coleta realizada não foi utilizada pela empresa que iria realizar o ensaio de compactação e caracterização do solo, pois a amostra era composta somente por solo superficial de matéria orgânica, resíduos transportados pela chuva, raízes e compostos da vegetação do local, com isso a amostra foi desconsiderada.

Para um ensaio eficiente da compactação do solo onde passa a rodovia, seria necessário realizar o ensaio Marshall, onde seria feita a penetração do asfalto e coleta da amostra de solo abaixo da camada de revestimento asfáltico. A partir disso, seriam obtidos resultados coerentes aos existentes sob a camada da rodovia.

Não foi possível a realização do ensaio de Marshall durante a execução deste estudo, pois na cidade de Açailândia-MA não existem empresas que fazem esse tipo de ensaio.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As erosões, portanto, são processos que estão ligados às condições físicas do terreno, ações naturais como a chuva e a fatores próprios do solo, como a erosividade. A estudo geotécnico dessas erosões é importante pois, para a identificação e a busca de soluções das mesmas, é preciso avaliar o meio ao qual elas estão inseridas.

Neste trabalho foi realizado um estudo geotécnico da área às margens da BR 222 no km 04 no perímetro urbano de Açailândia-MA, onde pode-se identificar a presença de erosões como sulcos, ravinas e até, uma voçoroca. Essas erosões são influenciadas pela declividade do terreno, águas pluviais e pelo sistema de drenagem existente na área que é insuficiente para solucionar os impactos da chuva no local.

As influências ditas anteriormente provocam o aumento das erosões existentes e o surgimento de novas erosões no local, além de provocar alagamentos no terreno na margem direita da rodovia como também alagamentos que podem afetar a margem esquerda que, apesar de existir uma barreira para minimizar a força da água da chuva, também afetarão o bairro Baixão.

Podemos concluir também que, se não houver a execução de medidas para recuperação das erosões na margem direita da rodovia, elas aumentarão e conseqüentemente irão invadir as faixas parcial ou totalmente, dificultando o tráfego dos usuários da via.

Cabe a Prefeitura Municipal juntamente com o DNIT e o Governo Federal realizar um sistema de drenagem eficiente para a captação das águas pluviais na margem direita da rodovia, assim como também a recuperação da área onde já existem erosões. Ações estas que evitaram a interdição da rodovia caso não sejam realizadas.

Como não foi possível realizar o ensaio em laboratório para caracterização mais aprofundada do solo, como complementação e conclusão do estudo geotécnico do solo nas erosões às margens da BR 222 no km 04 no perímetro urbano de Açailândia-MA, recomenda-se para trabalhos futuros realizar ensaios, como o ensaio Marshall por exemplo, para uma caracterização mais precisa do solo dessas erosões.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR: 6484:2020: Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio**. Rio de Janeiro. ABNT, 2020.

ANDRADE, A. C. O. T. et al. Geotecnia: fundações e obras de terra. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 16, p. 27–43, mar. 2013.

ANDRADE, A. G.; PORTOCARRERO H.; CLAUDIO, L. C. **Práticas Mecânicas e Vegetativas para Controle de Voçorocas**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1990.

BIGARELLA, João José. **Estrutura e Origem das paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 2003.

BIOPDI. **Prensa CBR / Marshall / Adensamento**. Disponível em: <<https://biopdi.com/ensaio-para-solos/prensa-cbr-marshall/>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

BRASIL. Dep. Nac. de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e ambientais. **Corpo Normativo para Empreendimentos Rodoviários**. 1996.

BRASIL ESCOLA. **Tipos de erosão**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/tipos-erosao.htm>>. Acesso em: 26 de jan. 2021.

BRITO, A. DE O.; MARTINS, I. S.; AICHA, N. N. Estudos da Erosão Urbana no Distrito Federal. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, p. 85–92, ago. 2012.

CASTRO, R. A.; FERREIRA, H. L.; SANTOS, L. C. S. **Erosões às margens da BR 222 na cidade de Açailândia - ma**. IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia, 2006.

CASTRO, R. A. et al. **Degradação Do Solo e Influência na Qualidade da Água: o Caso da Erosão Urbana do Bairro Jacu na Cidade de Açailândia – Ma**. IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia, 2006.

DAMASCO PENNA. Sondagem a percussão (SPT) mecanizada. 2020. 1 vídeo (2 min). Publicado pelo canal Damasco Penna. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=fQbwMUoardI>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. A. **Solos & Ambiente**, II Fórum. Santa Maria: Orium, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília, 2018.

FAO. **FAO no Brasil**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/>>. Acesso em: 10 set. 2020.

FILHO, E. P. **Sondagem a trado**. Montes Claros: AP&L Geotecnia e Fundações, 2017. Disponível em: <www.apl.eng.br>. Acesso em: 30 mai. 2021.

FRANCISCO, A. B. A erosão de solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. **Revista GEOMAE**, v. 2, n. 2, p. 57–68, 2011.

FRANCISCO, A. B. **O Processo de Voçorocamento no Perímetro Urbano de Rancharia-SP: sua Dinâmica e as Propostas de Recuperação**. Dissertação. UNESP, 2011.

G1 MA. **BRs que cortam o Maranhão têm trechos interditados por causa de erosão**. São Luís: Globo, 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2020/04/25/brs-que-cortam-o-maranhao-tem-trechos-interditados-por-causa-de-erosao.ghtml>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

G1 SE. **Chuvas provocam erosão em rodovias e quedas de árvores em Sergipe**. Sergipe: Globo, 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2020/06/13/chuvas-provocam-erosao-em-rodovia-e-quedas-de-arvores-em-sergipe.ghtml>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

G1 SP. **Imagem mostra aumento de erosão em rodovia do interior de São Paulo**. São Paulo: Globo, 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2019/03/04/imagem-mostra-aumento-de-erosao-em-rodovia-do-interior-de-sao-paulo.ghtml>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

IMIRANTE.COM. **Após chuvas em Açailândia, BR 222 se abre e está interditada**. São Luís: Imirante.com, 2020. Disponível em: <<https://imirante.com/acailandia/noticias/2020/03/17/apos-chuvas-em-acailandia-br-222-se-abre-e-esta-interditada.shtml>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

JUNIOR, J. A. M. **Estudo geotécnico dos solos de erosões resultantes de intervenções em rodovias**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Dissertação. Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

LAFAYETTE, K. P. V.; CANTALICE, J. R. B.; COUTINHO, R. Q. **Resistência à erosão em ravinas, em latossolo argiloarenoso**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. UFPE, 2011.

MADUREIRA, N. A. et al. **Análise temporal das características físicas do solo em áreas sem cobertura vegetal e com gramínea**. IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia, 2006.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

NOGAMI, J. S. N.; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. São Paulo: Villibor, 1995.

RUBIRA, F. G.; MELO, G. DO V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de Padronização dos Conceitos de Erosão em Ambientes Úmidos de Encosta. **Revista de Geografia (Recife)**, n. 1, p. 163–193, 2016.

SALOMÃO, F. X. de T.; GUERRA, A. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 229-267, 1999.