



Análise da IS -247: sugestões de ajustes

Dan Imbroisi Brant Teixeira, dibt@hotmail.com

Lara Cordeiro Pitangui, laracordeirop@gmail.com

Duílio Assunção Marçal de Araújo, duiliomarcal@gmail.com

Lucas André de Arede Pontes, lucas26arede@gmail.com

Matheus Machado Lopes, machadomlopes@gmail.com

Rodrigo Marques Lima, rodrigo.marqueslima@gmail.com

José Camapum de Carvalho, camapumdecarvalho@gmail.com

Resumo: Este texto apresenta sugestões de ajustes na IS-247. O seu conteúdo se fundamenta em dois seminários desenvolvidos como atividade na disciplina Pavimentação do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília (Teixeira *et al.*, 2021; Pitangui *et al.*, 2021). As atividades de análise da IS-247 tiveram início antes de sua publicação definitiva, tendo sido concluídas após esta. As análises realizadas e consequentes sugestões aqui apresentadas se fundamentaram em particularidades atinentes aos solos tropicais, aos solos não saturados e ao clima do Brasil, baseando-se nas aulas do curso. As sugestões são apresentadas seguindo a sequência da IS-247 e objetivam contribuir para o sucesso prático no uso do MeDiNa.

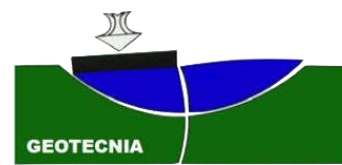
Palavras-chave: Solos tropicais, Solos não saturados, Estabilização, Distribuição de poros.

1. Introdução

Com o lançamento da Instrução de Serviço IS-247 – Estudos para Elaboração de Projetos usando o MeDiNa, definiu-se como atividade para os alunos matriculados na disciplina Pavimentação do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília – UnB, a elaboração de dois seminários com apresentação oral e de texto em formato de artigo, nos quais se deveria fazer uma análise crítico-constructiva da referida Instrução de Serviço. As análises tiveram como fundamento o conteúdo ministrado na disciplina e os debates desenvolvidos ao longo do curso, buscando-se tecer considerações que pudessem contribuir para o aperfeiçoamento da Instrução de Serviço proposta.

Objetivou-se, com os seminários, ampliar a formação dos participantes e, ao mesmo tempo, contribuir para o aperfeiçoamento da Instrução de Serviço 247, inserindo-se particularidades relevantes concernentes aos solos tropicais. As propriedades e os comportamentos desses solos comumente variam com os níveis e condições de intemperização aos quais se submetem durante os processos de formação e são afetados pelo tratamento a eles dispensados em situações de laboratório e de campo, requerendo que sejam observadas algumas particularidades. Não menos relevante é considerar a influência do estado não saturado do solo quando este for o caso, lembrando que tal influência também depende do nível de intemperização por ele sofrido e do estado em que ele se encontra.

Diante desse desafio, os alunos e as alunas da disciplina foram divididos em dois grupos e apresentaram, por meio de artigo e seminário, os seguintes temas: Grupo 1 – “Recomendações à Instrução de Serviço de estudos para elaboração de projetos usando o método MeDiNa sob à



ótica dos solos tropicais”; Grupo 2 – “Análise Crítica IS-247: Estudos para Elaboração de Projetos de Implantação usando o Método de Dimensionamento Nacional – MeDiNa”.

Com base nos textos e seminários apresentados e discutidos no curso e considerando-se o conteúdo da IS-247, foram formuladas as sugestões a seguir, objetivando-se contribuir para o aperfeiçoamento dos Estudos para Elaboração de Projeto de Estrutura de Pavimento usando-se o Método de Dimensionamento Nacional – MeDiNa.

2. Estudos Geológico-Pedológicos:

Teixeira *et al.* (2021) mostraram a necessidade do estudo em perfil dos materiais formados em condições de clima tropical que serão usados como jazidas destinadas à construção, tendo em vista o entendimento de que o processo de intemperização ocorre em intensidades diferentes ao longo da profundidade, levando o material a ser utilizado a propriedades e comportamento distintos, apesar de, muitas vezes, apresentar características como textura e cor similares. Tal particularidade pode levar a avaliações de propriedades e comportamento dos solos incompatíveis com aquelas que apresentam na obra, dificultando ou mesmo comprometendo sua execução e/ou o desempenho.

3. Estudos Geotécnicos

Pitangui *et al.* (2021) apontaram que, na Instrução de Serviço IS-247, foi definido um espaçamento máximo de 500 metros entre dois furos de sondagem no sentido longitudinal, devendo-se reduzir tal espaçamento no caso de grandes variações de tipos de solo. Na fase de projeto executivo, tal espaçamento é de 150 metros. Entende-se que o espaçamento proposto para ambos os casos seja razoável, no entanto, sugere-se que seja acompanhado da utilização de geofísica (para o projeto básico), para identificação de eventuais variações significativas do tipo e características do solo. Assim, caso exista significativa variação, devem ser executados mais furos de sondagem para a adequada avaliação no eixo da rodovia, ou até mesmo transversalmente, de acordo com a necessidade. A adoção da técnica pode ainda contribuir para a redução no número de pontos, ampliando-se o espaçamento a ser considerado na fase de projeto executivo.

Ainda no estudo do subleito, segundo os autores, foi recomendada, nos furos de sondagem, uma profundidade de 1,0 metro abaixo do greide de terraplenagem. No entanto, entende-se que essa profundidade deve ser avaliada considerando-se as características do tráfego inclusive com projeções futuras, em especial quanto ao número de eixos dos veículos e nível de carga a eles imposto. Hoje, três situações merecem atenção: o tráfego rodoviário elevado em algumas regiões e crescente em outras; o continuado aumento da carga por eixo; a ampliação do número de eixos dos caminhões. O aumento da carga por eixo implica maiores tensões cíclicas sobre o solo e o aumento do número de eixos implica aprofundamento do bulbo de tensões, atingindo camadas mais profundas do subleito, ambos podendo afetar o desempenho da estrutura de pavimento. Nesse sentido, indica-se o aumento de tal profundidade para, no mínimo, 1,5 metros, somando-se ainda à necessidade de aumentar ou mesmo diminuir essa profundidade em função do bulbo de tensões gerado pelo conjunto de eixos. Ressalta-se que, caso necessário, em tráfegos mais elevados e com características particulares, essa profundidade possa ser aumentada. É importante avaliar caso a caso, considerando-se as especificidades do tráfego e geotécnicas, geológicas e hidrogeológicas da região para que as análises sejam adequadas e o projeto atenda a vida útil prevista para a obra de modo satisfatório.



Pitangui *et al.* (2021) destacaram que, quando o material do subleito for expansivo ou muito deformável, a IS-247 recomenda que seja prevista sua estabilização com aditivo que diminua ou anule sua expansão. Indica-se que o estudo do material expansivo deve ser acompanhado de análises químico-mineralógicas, uma vez que tais características influenciam diretamente nas propriedades e no comportamento do solo e a expansão pode ter origem mineralógica e/ou estrutural.

Todos esses fatores podem fazer com que um solo apresente um comportamento distinto daquele esperado pela teoria. Quando se tratar de um material mais intemperizado, geralmente a origem tem menos relevância do que em um material menos alterado. No entanto, essa avaliação é fundamental e deve ser feita. Sugere-se a leitura do artigo “Unsaturated soils in the context of tropical soils” (Camapum de Carvalho; Gitirana Jr., 2021).

Ainda no que diz respeito à estabilização, a Instrução indica as estabilizações químicas e granulométricas para o subleito nos casos em que o material que o compõe apresente características expansivas maiores do que as exigidas por norma. Além desses dois métodos de estabilização, é importante pensar na estabilização mecânica dessa camada por meio da compactação, lembrando que a expansão pode ter origem estrutural ou mineralógica. Para o caso de expansão estrutural, pode-se reduzi-la ou mesmo eliminá-la por meio de ajustes na técnica, na energia e na umidade utilizadas na compactação. Caso necessário, pode-se somar a tais ajustes as intervenções de natureza química, sendo estas mais apropriadas às expansões de origem mineralógicas. Essas análises devem ser feitas considerando-se o contexto em que a obra se encontra, avaliando-se a disponibilidade de materiais, as condições de drenagem, a interação solo-atmosfera e as melhores alternativas de melhoramento do solo. Recomenda-se ainda, caso seja adotada a estabilização química, que se avalie a possibilidade de migração química do material estabilizado e se esta não afetará outras camadas da estrutura de pavimento e do próprio subleito.

Para a estabilização química, sugere-se realizar uma análise mineralógica e de cátions trocáveis, de forma a se avaliar a efetividade do aditivo. Caso se trate de solos lateríticos ou de outros solos ou materiais agregados, é importante averiguar se o estabilizante químico não gerará instabilizações texturais no solo, assim como se a migração em campo de parte dos compostos químicos contidas no estabilizante não proporcionará instabilizações nos solos circunvizinhos.

Como as reações químicas oriundas de estabilizações com cal e cimento são passíveis de gerar certo consumo da água presente no solo, caso os estudos do comportamento mecânico do material estabilizado não sejam realizados com o solo em estado saturado, recomenda-se avaliar o impacto da sucção no comportamento mecânico, pois a melhoria pode ser, em parte, devido a ela e não integralmente ao estabilizante. É importante, quando o estudo do comportamento mecânico for feito em condições não saturadas, que se avalie qual será o comportamento das misturas na condição de faixa de equilíbrio da umidade em campo.

Nos ensaios sugeridos para o subleito, encontra-se o de granulometria e sedimentação. Indica-se uma adição no texto, sugerindo-se a possibilidade de utilização do granulômetro a laser para obtenção da curva granulométrica de solos finos (partículas < 0,075). Cabe destacar que o uso ou não de defloculante ou uso ou não de ultrassom ou mesmo de ambos, ultrassom e defloculante, deve estar ligado às condições de trabalho do solo em campo, sendo sempre recomendável que se inclua nas análises ensaios com o solo em seu estado natural e, em caso de estabilização química, o solo contendo o estabilizante no teor a ser usado. É importante lembrar que, no caso de ensaios de sedimentação, a calibração do densímetro deve ser efetuada com água contendo a química a ser usada (defloculante, cal, cimento, etc.).

Destaca-se que o ensaio no granulômetro a laser tem boa precisão, podendo ser executado de maneira rápida, com ou sem a ação do defloculante. Vale ressaltar, no entanto, que cada projeto tem suas particularidades, devendo-se avaliar qual ensaio e suas respectivas



especificações se adequam mais à situação, seja ele o de sedimentação ou de granulometria a laser, bem como a análise com e sem o uso de defloculante e/ou ultrassom quando pertinente.

Segundo Araújo *et al.* (2017), o grau de intemperismo do solo influencia diretamente em sua estrutura. O comportamento do solo é afetado pelos agentes cimentantes, que agregam as partículas do solo, ocasionando o surgimento de uma macroestrutura observada na composição granulométrica. Dessa forma, é importante a análise com e sem a ação do defloculante ou ultrassom, a fim de analisar o solo tanto com as cimentações presentes como sem elas, buscando-se representar o comportamento real do solo em campo. Quando do uso de estabilizantes químicos no tratamento dos solos agregados, solos profundamente intemperizados, solos lateríticos, é importante que se avalie o impacto deles na estabilidade dos agregados ao longo do tempo (Ayala, 2020; Camapum de Carvalho; Gitirana, Jr. 2021), pois o comportamento pode passar por processos de deterioração.

É importante ainda destacar detalhes quanto ao ensaio CBR. É relevante que este seja feito não somente na umidade ótima, mas em todos os pontos da curva de compactação, a fim de se compreender como varia esse parâmetro em função das condições de compactação. É importante também executar o ensaio CBR com e sem inundação, pois tal procedimento pode fornecer informações valiosas com pouco trabalho adicional, fazendo-se o ensaio sem inundação do lado oposto do corpo de prova ao que será feito com inundação. Assim, obtém-se uma avaliação da variação do comportamento do solo com a umidade. Esse ensaio também pode apontar para heterogeneidades presentes no corpo de prova. Ao aliar esses ensaios com o de curva característica e de curva característica transformada (Camapum de Carvalho; Leroueil, 2004), é possível se ter um melhor entendimento da variação do comportamento mecânico do solo com a sucção e com as condições de compactação. É também útil para verificar a faixa de aceitabilidade de grau de compactação e umidade durante a fase de construção. O mesmo raciocínio vale para o Módulo de Resiliência, Deformação Permanente e ensaios de Fadiga.

Apesar de a norma citar que deverá ser feito um projeto de drenagem para deixar o nível d'água abaixo de 1,5 metros, deve-se levar em consideração a eventual ação de uma franja capilar que poderá mudar a umidade de equilíbrio do subleito, sub-base e base.

Cabe ainda destacar que, em muitas situações, a estabilização objetivando a melhoria da resistência à tração ou combate a trincas de tração poderá ser feita por meio da inclusão de fibras naturais ou sintéticas.

4. Estudo de Áreas de Empréstimo e ocorrência de materiais:

Teixeira *et al.* (2021) indicaram que, além do estudo em perfil dos solos, com a finalidade de agrupar os materiais com o mesmo comportamento, há também a necessidade de a forma de compactar o solo em laboratório ser similar àquela que ocorrerá em campo, pois o comportamento do solo compactado pode mudar com o modo de compactação, lembrando que, em caso de cascalhos e solos lateríticos, a vibração é passível de promover a quebra de agregados, levando o solo a um pior comportamento mecânico, apesar do peso específico geralmente mais elevado.

Deve-se também tomar cuidado com a secagem dos solos lateríticos na fase de preparação de amostras, pois a água presente no interior dos agregados, eliminada com a secagem, nem sempre é recomposta de modo imediato com o umedecimento do solo, gerando diferença de comportamento entre o laboratório e o campo, já que a água presente no interior das agregações lateríticas não interfere no comportamento mecânico do solo.

Sobre a qualidade da água, deve-se ter uma atenção especial, tendo em vista que, em laboratório, os ensaios são realizados com água destilada ou com água fornecida pela concessionária local, porém, durante a execução das obras, as águas utilizadas nos ajustes de



umidade são retiradas diretamente de córregos, rios ou reservatórios, podendo ter composição química distinta daquela da água usada nos estudos e afetar o comportamento previsto para o solo. Salienta-se que não raro as águas de mananciais e reservatórios encontram-se contaminadas por insumos agrícolas, resíduos industriais e resíduos urbanos, tendo suas composições químicas alteradas em relação à água usada durante os estudos em laboratório. Estudos complementares podem ser feitos necessários de forma a se avaliar o impacto da composição química da água no comportamento hidromecânico do solo.

O módulo de resiliência de um solo geralmente é, em determinado grau, dependente da sucção. Entende-se que, apesar de um bom projeto de drenagem, variações no teor de umidade do solo e, por consequência, no valor da sucção irá gerar variação no módulo de resiliência do solo, devendo-se considerar a dinâmica espacial e temporal. Assim, entende-se que o estudo do módulo resiliente deve ser contextualizado em relação à situação de campo, devendo contemplar a dinâmica da sucção, que é função da porosidade e da umidade presente no solo.

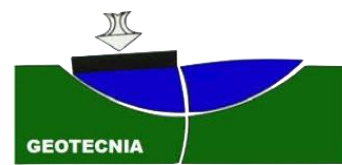
Quando se trata de estabilização química, além da variação do teor de umidade, deve-se verificar a potencial ação desagregadora devido ao agente químico e qual o impacto desses fatores na sucção atuante e que atuará no solo. Além disso, como aponta Pitangui *et al.* (2021), com base nas propriedades mineralógicas e físico-químicas dos materiais, bem como do clima, condições de drenagem, geomorfologia, etc., a umidade imposta ao solo irá variar ao longo do tempo para atingir uma determinada faixa de equilíbrio. Em geral, tal consideração é realizada com base na média anual, entretanto, há regiões com climas e microclimas diversos no Brasil, sendo fundamental considerar a variação em relação à curva característica e o comportamento do solo em função desta, obtendo-se uma faixa de umidade para a adoção de uma umidade crítica, mais adequada ao estudo do comportamento mecânico do solo para o projeto.

Nessa lógica, em se tratando da curva característica, a própria determinação desta não é exigida pela IS-247, sendo, porém, em certos casos, não só recomendável como indispensável. No caso dos solos finos ou contendo um apreciável teor de finos, a fadiga da estrutura de pavimento pode ser, em grande parte, devido a variações de sucção, que se fazem acompanhar de contrações e expansões do solo, devendo esse fator ser adicionado aos efeitos mecânicos contemplados pelo Método de Dimensionamento Nacional – MeDiNa. As variações de sucção podem impor, por meio da contração e expansão do solo, uma mobilização de tensões passível de afetar toda a estrutura do pavimento, chegando até mesmo a causar fissuras no revestimento. Ao unir a determinação da curva característica com a caracterização mineralógica, pode-se viabilizar uma análise qualitativa de como se comportará o solo *in situ* e viabilizar estudos quantitativos do comportamento de modo mais objetivo.

O uso do Método de Dimensionamento Nacional – MeDiNa deve levar em consideração as variações de sucção e o estado do solo e sua dinâmica *in situ*.

5. Estudo de misturas asfálticas:

Quanto ao Estudo de Misturas Asfálticas, destacando-se o ensaio de Módulo de Resiliência, deve-se atentar para o nível de tensões considerado para o projeto. Nos últimos anos, tem-se visto tráfegos cada vez mais elevados e com carga por eixo crescente, o que afeta diretamente o dimensionamento de estruturas de pavimentos. As normas, ao ditarem os níveis de tensões a serem empregados nos ensaios, devem ser realistas em relação ao tráfego, sendo importante essa análise crítica por parte do projetista. Deve-se também avaliar o estado do solo em termos de porosidade e umidade durante os ensaios e os corpos de prova usados: caso não se rompam, podem, em seguida, ser submetidos a ensaios de compressão simples, pois isso será uma informação adicional. É sempre relevante o monitoramento do peso específico e da



umidade dos corpos de prova, ou seja, faz-se necessário a determinação desses parâmetros, sendo a da umidade após a ruptura.

Tendo em vista que a DNIT 031/2006 estabelece o ensaio de dano por umidade induzida e, em seguida, o ensaio de resistência à tração por compressão diametral para avaliação de seu comportamento, é importante que, após a submissão do corpo de prova à ação da umidade, seja realizado o ensaio de Módulo de Resiliência, *Flow Number* e Fadiga para verificar seu comportamento, a fim de se estabelecerem as faixas de aceitabilidade.

6. Considerações Finais

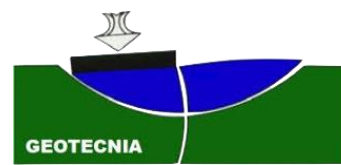
A IS-247 é oportuna e relevante, pois estabelece diretrizes procedimentais para o dimensionamento em projetos com a utilização do MeDiNa. Contudo, tais diretrizes devem ser periodicamente submetidas a reavaliações, assim como a contextualizações regionais. Logo, o documento busca apresentar ao DNIT contribuições atinentes aos solos tropicais, as quais, em momento oportuno e se pertinente, podem vir a incorporar a instrução normativa.

Cabe destacar que, como o tema Estruturas de Pavimento envolve a necessidade de se considerar o comportamento dos solos não saturados, encontra-se disponibilizado o livro “Solos não saturados no contexto geotécnico” (Camapum de Carvalho *et al.*, 2015) no site www.abms.com.br.

Nos estudos das propriedades e comportamento dos solos tropicais pouco a profundamente intemperizados, é importante que se considere a distribuição de poros e de umidade presentes, pois nem sempre a umidade e os poros são, em sua totalidade, relevantes para o comportamento hidromecânico (Camapum de Carvalho *et al.*, 2015; Camapum de Carvalho; Gitirana Jr., 2021).

Referências

- ARAÚJO, A.G; ALVES, E. C; SOUZA, J. C; SILVA, I. L. A; CORRECHEL, V. Análise da Determinação Granulométrica de uma Latossolo por Dois Métodos: Densímetro e Granulômetro a Laser. Revista Mirante, Anápolis, Goiás. 2017.
- AYALA, R.J.L. (2020). Melhoria de Solos com Fibras Provenientes da Indústria Avícola, Tese de Doutorado, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil 272p.
- CAMAPUM DE CARVALHO, J.; GITIRANA JR., G.F.N.; MACHADO, S.L.; MASCARENHA, M.M.A.; SILVA FILHO, F.C. (Organizadores) (2015). Solos Não Saturados no Contexto Geotécnico, 1ª Edição, Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, São Paulo, SP, Brasil 759 p.
- CAMAPUM DE CARVALHO, J.; REZENDE, L.R.; CARDOSO, F.B.F.; LUCENA, L.C.F.L.; GUIMARÃES, R.C.; VALENCIA, Y.G. (2015). Tropical soils for highway construction: Peculiarities and considerations, 5, Transportation Geotechnics, 3-19 p.
- DNIT (2021). Instrução de Serviço – IS-247: Estudos para Elaboração de Projetos de Implantação usando o Método de Dimensionamento Nacional – MeDiNa. Nota Informativa. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
- PITANGUI, L.C.; LOPES, M.M.; PONTES, L.A.A. (2021). Análise Crítica IS-247: Estudos para Elaboração de Projetos de Implantação usando o Método de Dimensionamento Nacional –MeDiNa. Seminário acadêmico da disciplina Pavimentação, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília.



TEIXEIRA, D.I.B.; SALLA, D.; ARAUJO, D.A.M.; FARIAS, P.C.A. (2021). Recomendações à Instrução de Serviço de estudos para elaboração de projetos usando o método MeDiNa sob à ótica dos solos tropicais. Seminário acadêmico da disciplina Pavimentação, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília.