



**SOCIEDADE EDUCACIONAL VERDE NORTE S/C LTDA
FACULDADE VERDE NORTE - FAVENORTE
CURSO BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL**

**APOLONIO LEMOS ALVES ARAÚJO
WELESSON MÁRCIO LIMA PEREIRA**

**ESTABILIZAÇÃO DE SOLO ARGILOSO COM ADIÇÃO DE CAL, CIMENTO E BS
PLUS PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO**

**MATO VERDE - MG
2019**

**APOLONIO LEMOS ALVES ARAÚJO
WELESSON MÁRCIO LIMA PEREIRA**

**ESTABILIZAÇÃO DE SOLO ARGILOSO COM ADIÇÃO DE CAL, CIMENTO E BS
PLUS PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO**

Artigo científico apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Verde Norte, mantida pela Sociedade Educacional Verde Norte, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Joarley Deyvid Dantas Porto

Coorientador: Cleiciane Faria Soares

Linha de pesquisa: Pavimentação

**MATO VERDE - MG
2019**

Apolônio Lemos Alves Araújo
Welesson Márcio Lima Pereira

**ESTABILIZAÇÃO DE SOLO ARGILOSO COM ADIÇÃO DE CAL, CIMENTO E BS
PLUS PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO**

Artigo científico apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Verde Norte, mantida pela FADESU, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Convidado:

Orientador: Joarley Deyvid Dantas Porto
Faculdade Verde Norte - FAVENORTE

Coorientador: Cleiciane Faria Soares
Faculdade Verde Norte - FAVENORTE

ESTABILIZAÇÃO DE SOLO ARGILOSO COM ADIÇÃO DE CAL, CIMENTO E BS PLUS PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO

Apolônio Lemos Alves Araújo¹, Welesson Márcio Lima Pereira²

Resumo

Este trabalho abordou a técnica de estabilização do solo argiloso existente na cidade de Mato Verde – MG, visando assim a sua utilização em camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários. Diante disso, foram realizadas coletas do material na área para o estudo e realização de ensaios no laboratório da Minas Norte Topografia localizado na cidade de Montes Claros - MG. Os ensaios de compactação definiu a massa específica aparente seca do solo e sua umidade ótima. Através do ensaio de cbr, foi encontrado o isc e expansão do solo. A curva granulométrica definiu o percentual de grãos que foram passados nas peneiras granulométricas. Já os ensaios de limite definiram os teores de umidades limites para a mudança no comportamento do solo. Após os resultados do solo In natura, foram realizadas as dosagens para adição de 2% de cal, 2% de cimento e bs plus na medida de 1: 1500 e estabeleceu após novos ensaios os parâmetros e comportamento do solo melhorado. O presente trabalho traz grande importância no meio científico, pois possibilita o estudo de outras porcentagens de dosagens para outros fins e para a sociedade, promove o desenvolvimento da cidade e garante aos construtores uma nova alternativa para o uso do solo abundante na região.

Palavras- chave: Estabilização do solo. Compactação. Solo In Natura. Pavimentação.

Abstract

This work deals with the technique of stabilization of the clayey soil existing in the city of Mato Verde - MG, aiming at its use in base layers and sub-base of road pavements. Therefore, material was collected in the area to study and perform tests in the laboratory at Minas Norte Topography located in the city of Montes Claros - MG. The compaction tests defined the apparent dry mass of the soil and its optimal humidity. Through the cbr test, the isc and soil expansion were found. The granulometric curve defined the percentage of grains that were passed in the granulometric sieves. The boundary tests defined the limiting moisture contents for the change in soil behavior. After the results of the in natura soil, the dosages were carried out to add 2% of lime, 2% of cement and bs plus in the measurement of 1: 1500 and established after the new tests the parameters and behavior of the improved soil. The present work has great importance in the scientific environment, since it allows the study of other percentages of dosages for other purposes and for society, promotes the development of the city and guarantees to the constructors a new alternative for the use of abundant soil in the region.

Keywords: Soil stabilization. Compression. Only In Natura. Paving.

Graduando em Engenharia Civil. Faculdade Verde Norte, FAVENORTE. E-mail: apoloniolemos@gmail.com

Welesson_pereira@yahoo.com.br

Introdução

As estradas apresentam grande importância no desenvolvimento de um país, tanto no sentido econômico quanto no social (MOURA, 2013).

A necessidade de encontrar materiais, que atinjam características físicas e mecânicas admissíveis para a construção rodoviária, vem aumentando nos últimos anos. Porém, devido à grande fiscalização ambiental, torna-se cada vez mais complicada a exploração de jazidas de cascalho, assim como a instalação de britadores para produção de materiais pétreos, estes considerados como os principais produtos usados na sub-base e na base dos pavimentos brasileiros, o que dificulta, e muito, a vida de construtores, engenheiros e pesquisadores.

Segundo Das (2014), em virtude da economia, da facilidade de ocorrência e de outras vantagens atribuídas ao solo, este vem se tornando um dos principais materiais aplicados na pavimentação, uma vez que esteja devidamente estabilizado.

De acordo com Caneppele (2016), os solos apresentam estabilidade em razão das suas características físicas e químicas, que atribuem-lhes firmeza para suportar esforços e cargas. Porém, nem sempre os solos suportam os esforços a que são submetidos, necessitando da adição de materiais auxiliares para se tornarem estáveis.

A estabilização dos solos é realizada, frequentemente, por três diferentes métodos, que são responsáveis por atribuir ao solo compressibilidade, resistência, estabilidade volumétrica e permeabilidade, podendo ser por meio químico, físico ou mecânico. Na estabilização química modifica-se, de forma permanente, as propriedades do solo com a utilização de aditivos, como o cimento Portland e a cal; já na estabilização física altera-se as características do solo com o auxílio da eletricidade, do calor, etc; e na estabilização mecânica, melhora-se as propriedades do solo organizando as suas partículas e/ou corrigindo a sua composição granulométrica (ROJAS, 2015).

A estabilização do solo tornou-se bastante aplicada, principalmente na engenharia rodoviária, sendo considerada instrumento fundamental, em razão da inviabilidade de métodos tradicionais da engenharia geotécnica e da garantia de melhoria das propriedades do solo, podendo assim substituir os materiais tradicionais, como o cascalho laterítico e a brita graduada (CRISTELO, 2011).

BERNUCCI, *et. al.* (2010), as estruturas de pavimentos são sistemas de camadas assentes sobre uma fundação sub-leito. O comportamento estrutural depende da espessura de cada uma das camadas, da rigidez destas e do sub-leito, bem como da interação entre as diferentes camadas do pavimento. A engenharia rodoviária subdivide as estruturas dos pavimentos com estruturas rígidas e flexíveis.

Os pavimentos rígidos em geral são associados ao concreto de cimento Portland, são compostos por uma camada superficial de concreto de cimento Portland apoiada geralmente sobre uma camada de material granular estabilizado com concreto, chamado de sub-base, assentada sobre o sub-leito ou sobre o reforço do sub-leito quando necessário.

Os pavimentos flexíveis, em geral associados aos pavimentos asfálticos, são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento) apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do sub-leito. A camada de sub-base é dimensionada quando os esforços na camada de base exigem uma espessura muito grande, a camada é subdividida em duas formando assim a sub-base.

Os revestimentos das estruturas de pavimentos em geral são submetidos a esforços de compressão e tração devidos a flexão, ficando as demais camadas submetidas principalmente à compressão. Em certos casos, uma camada subjacente ao revestimento pode ser composta por materiais estabilizados quimicamente de modo a proporcionar coesão e aumentar sua rigidez, podendo resistir a esforços de tração. Embora possuam coesão às

camadas de solos finos apresentam baixa resistência a tração, diferentemente dos materiais estabilizados quimicamente.

Tratando-se de pavimentação, onde o solo apresenta papel essencial, uma vez que é o responsável por resistir às cargas e esforços provenientes do tráfego rodoviário, muitas vezes, durante a sua execução, quando os solos locais não possuem os requisitos necessários para tal utilização, é necessário realizar inúmeras viagens para encontrar em outros locais os solos adequados, tornando o transporte do material economicamente inviável (FRITSCHER, 2016).

Materiais para camadas de sub-base e base normalmente usuais, como cascalho, bica corrida e a brita graduada estão trazendo grande transtorno para a construção de estradas em razão de sua dificuldade de exploração, logística e alto custo (DUTRA, 2014).

Tendo em vista a crescente dificuldade de encontrar materiais para uso em camadas finais de pavimentos flexíveis, nota-se a necessidade de encontrar alternativas sustentáveis e econômicas que possam solucionar e atender os problemas nesse aspecto.

Com o objetivo de reduzir custos de transporte de materiais, tornou-se crescente o uso dos solos locais melhorados, substituindo o uso de materiais que apresentavam-se inicialmente mais resistentes, entretanto conseqüentemente mais caros.

Sabendo-se que há a possibilidade de melhoria dos solos, através de dosagem química, usando estabilizantes, como por exemplo, o "BlindaSolo", que aprimoram as características do solo, relacionadas a sua estabilização e ao aumento de sua resistência, facilitando a logística, aumentando a qualidade da obra e diminuindo seu custo de forma ecologicamente sustentável, busca-se com este estudo analisar a estabilização de determinado tipo de solo com a adição de BS Plus. Os estudos com estabilizantes de solos iniciam com o propósito de obter um material que responda as expectativas e exigências técnicas, e ajude a sanar dificuldades no âmbito da construção de estradas.

Ressalta-se que algumas variáveis tornam a estabilização propícia, como a granulometria, constituição mineralógica e química do solo, a rugosidade e o tipo de estabilizante aplicado, sendo necessário o estudo do solo para determinar o aditivo mais adequado a ele. A estabilização, em alguns tipos de solos, pode não ser eficiente, sendo possível não haver melhora nas suas características de suporte (SOUZA, 2016).

Diante do exposto acima, surgem as seguintes questões: O solo local argiloso da região de Mato Verde-MG apresenta as características adequadas para ser utilizado em pavimentações, sem a utilização de aditivos? Se necessária à utilização de aditivo, o BS Plus é adequado para estabilizar o solo argiloso da região de Mato Verde?

Baseado em literaturas dos métodos mais utilizados, serão desenvolvidos diversos estudos e investigações a fim de encontrar uma dosagem capaz de melhorar o comportamento do solo. Estes estudos serão realizados na cidade de Montes Claros – MG, seguindo as normas técnicas vigentes de órgãos como Der/ Dnit. Todos os procedimentos aqui descritos serão executados pelos próprios acadêmicos com supervisão técnica do técnico do laboratório da empresa Minas Norte Topografia. Foi salientado que a manipulação, moldagem e rompimento dos corpos de prova fossem executados em equipamentos calibrados e normalizados afim de não distorcer os resultados dos ensaios.

Posto isso, pode-se supor que: o solo argiloso do município de Mato Verde in natura apresenta ou não as características necessárias para ser utilizado em sub-bases e bases de pavimentações? O solo argiloso do município de Mato Verde quimicamente estabilizado com cal mais BS PLUS apresenta ou não as características necessárias para ser utilizado em sub-bases e bases de pavimentações? E o solo argiloso do município de Mato Verde quimicamente estabilizado com cimento mais BS PLUS apresenta ou não as características necessárias para ser utilizado em sub-bases e bases de pavimentações? O BS Plus é ou não adequado para estabilizar o solo argiloso da região de Mato Verde?

Sendo assim, este trabalho torna-se relevante por estudar o aperfeiçoamento das propriedades do solo argiloso da região de Mato Verde, visando a sua utilização na execução de sub-bases e bases de pavimentos, tornando o solo local uma alternativa viável, e uma solução mais econômica, para fins de pavimentação.

Objetivos

O objetivo desse trabalho é analisar o comportamento mecânico do solo argiloso da região de Mato Verde quando estabilizado quimicamente com a adição de cal, cimento e BS PLUS. Essa análise será voltada em observar o comportamento das características físicas e mecânicas do solo in natura, de ensaio e descrição dos parâmetros de compactação do solo melhorado bem como a verificação das alterações decorridas no solo argiloso e a identificação feita através dos testes.

Métodos

Iniciou-se a pesquisa com o intuito de analisar o comportamento mecânico do solo da região de Mato Verde – MG, quando estabilizado quimicamente com a adição de cal, cimento e BS PLUS.

Para a conclusão dos objetivos propostos por esse trabalho, foram executados cinco ensaios. A pesquisa se inicia com a divisão do terreno de aproximadamente 5000 m² (cinco mil metros quadrados), localizado em Mato Verde norte de Minas na saída da cidade de Monte Azul – MG.

O material foi recolhido e encaminhado para a cidade de Montes Claros – MG, onde esta passou por varias etapas de ensaios. Os ensaios de compactação realizados foram para a definição da densidade máxima e umidade ótima, ensaios de cbr, granulometria, limite de liquidez e plasticidade, com as cinco amostras do solo in natura para efeito de comparação e para determinação das dosagens a serem feitas com os reagentes.

Para iniciar os ensaios do laboratório, as amostras foram preparadas. O processo de preparação das amostras consiste em secar, destorroar, peneirar e pesar as amostras. Todas as amostras foram devidamente secadas ao sol com temperatura natural (Figura 1). Foram destorroadas utilizando almofariz e mão de grau, foram peneirados utilizando a peneira de 4,76 mm (quatro milímetros e setenta e seis centésimos) e finalmente foram pesadas utilizando balança eletrônica de carga máxima de 40 kg (quarenta quilogramas), (Figura 2).

Figura 1 – Secagem do material.



Figura 2 – Quebra de torrões.



Fonte: Próprios autores, 2019.

Fonte: Próprios autores, 2019.

Para o ensaio de compactação, foram pesadas cinco amostras, cada uma com seis quilogramas do material coletado. Esse material foi colocado em bandejas e depois feito os ensaios com a amostra in natura para definir a densidade máxima e umidade ótima.

Os ensaios se iniciaram adicionando água na amostra de seis quilos cada, buscando assim, uma ótima umidade (Figura 3). A amostra foi homogeneizada e colocada em um cilindro com 2000 cm³ de volume e quatro quilos de peso em cinco camadas foram aplicados vinte e seis golpes em cada camada. Após a quinta camada, foi retirado o excesso de material, deixando o volume do cilindro todo preenchido com o material compactado restando apenas o espaço de duas polegadas e meia que é correspondente ao disco espaçador.

Figura 3 – Adição de água no material.



Fonte: Próprios autores, 2019.

Os cinco pontos formaram a curva de compactação que é uma parábola onde o ponto mais alto da curva definiu horizontalmente a densidade máxima e verticalmente a umidade ótima (Anexo I).

Foi separada uma amostra de um quilo para a análise granulométrica. Essa amostra foi passada na peneira de 2,00 mm. O material que ficou retido na peneira foi lavado e colocado na estufa para secagem. O material que passou foi retirado 100 gramas e também foi lavado e colocado na estufa para secar. Foi retirado do material passado na peneira de 2,00 mm, duas cápsulas de material para umidade higroscópica e o restante do material, foi peneirado na peneira de 0,42 mm para os ensaios físicos do solo.

Após as vinte e quatro horas na estufa, a uma temperatura de 112°C, o material foi retirado e peneirado nas seguintes peneiras: 25,40 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,00 mm; 0,42 mm; 0,074mm. O peso foi anotado de forma cumulativa e traçado a curva granulométrica.

Com o solo passado na peneira de 0,42 mm, realizou-se o ensaio de limite de liquidez, utilizando uma cápsula de porcelana foi adicionada água na amostra do solo até chegar ao aspecto pastoso fácil de moldar. Logo após, colocou a massa pastosa no aparelho casa grande, preenchendo assim, a concha do aparelho. Após com o cinzel, foi feita uma ranhura no centro da concha e aplicados golpes até fechar a ranhura em 1,00 cm.

Esse processo foi repetido várias vezes até a sequência de 50, 40, 30, 20, 10 golpes para cada vez que a ranhura fechava. Foi coletada uma amostra no espaço onde a ranhura fechou. Com isso, foi determinada a umidade e traçado o gráfico resultando assim ao valor de LL.

O ensaio de plasticidade foi realizado com a utilização de uma placa de vidro, onde foram feitos rolinhos de 10 cm de comprimento e 3,00 mm de diâmetro que foram separados em capsulas pesados e secados em estufa (Figura 4). O limite de plasticidade foi obtido calculando a média de umidade das cápsulas com os rolinhos.

Figura 4 – Amostras para cápsulas.



Fonte: Próprios autores, 2019.

Após definido os índices físicos e mecânicos, foi realizado as dosagens de 2% de cal sobre o solo seco da amostra e adição da solução BS PLUS mais água na dosagem de 1: 1500 (Figura 5). As dosagens foram definidas de acordo pede o roteiro simplificado da Blindasolo (2017). A porcentagem é calculada com base no peso da amostra de solo a ser ensaiada.

Foi realizada também a dosagem de 2 % de cimento sobre o solo seco da amostra e adição da solução BS PLUS mais água na dosagem 1: 1500 (Figura 6).

Figura 5 – Material exposto ao sol.



Fonte: Próprios autores, 2019.

Figura 6 – Material na Prensa de cbr.



Fonte: Próprios autores, 2019.

Após ter sido ensaiado, o material foi exposto ao sol para que houvesse a perda de 40% de umidade em relação à ótima (Figura 7). As três partes centrais da curva foram para o tanque de saturação, utilizando sobrecargas com um pistão acoplado. Este pistão foi zerado com relógio comparador e as amostras foram levadas no tanque de saturação.

Após as noventa e seis horas de imersão, os cilindros foram retirados de um a um e levado à prensa de cbr que é composta de relógio comparador, anel dinamômetro cronométrico e um pistão de penetração de cinco polegadas (Figura 8).

Figura 7 – Material exposto ao sol.



Fonte: Próprios autores, 2019.

Figura 8 – Material na Prensa de cbr.



Fonte: Próprios autores, 2019.

O ensaio foi executado com penetração de um quarto de polegada a cada meio minuto até a penetração de 10,16 mm. Sendo assim, foram feitas as leituras no anel dinamômetro dados em kg/cm² e assim foi definido o ISC do solo nos três pontos de compactação.

Após a adição dos reagentes e dos estabilizantes dos solos foram realizados ensaios de granulometria, constatando que o solo não sofreu transformação granulométrica, tendo assim suas características físicas mantidas. Após a realização dos ensaios, bem como o cálculo das dosagens, notou-se o fenômeno da carbonatação que é a reação entre a cal e o dióxido de carbono do ar, formando um agente relativamente frágil, de carbonato de cálcio e magnésio. Essa reação química pode prejudicar a reação pozolânica e então deve ser diminuída ao máximo pela proteção adequada, essa função é do estabilizante BS PLUS que ajuda na impermeabilização da camada.

Resultados e Discursão

Através das coletas e ensaios dos materiais obtiveram-se os seguintes resultados conforme tabelas a seguir.

QUADRO DE RESUMO DOS ENSAIOS

Tabela 1 – Ensaio do solo In Natura.

	D.MÁX(kg/m²)	HOT(%)	ISC(%)	LL(%)	LP(%)	EXP(%)
AM – 01	1.981	12,2	17,7	38,0	15,5	0,08
AM – 02	1.936	12,8	16,5	38,5	15,8	0,09
AM – 03	1.909	12,4	15,1	39,6	14,2	0,13
AM – 04	1.818	11,8	13,9	37,8	13,9	0,26

AM – 05	1.947	12,3	17,5	37,9	14,6	0,07
----------------	-------	------	------	------	------	------

Fonte: Próprios autores, 2019.

Após a realização dos ensaios, bem como o cálculo das dosagens, notou-se o fenômeno da carbonatação que é a reação entre a cal e o dióxido de carbono do ar, formando um agente relativamente frágil, de carbonato de cálcio e magnésio. Essa reação química pode prejudicar a reação pozolânica e então deve ser diminuída ao máximo pela proteção adequada, essa função é do estabilizante BS PLUS que ajuda na impermeabilização da camada.

Tabela 2 – Ensaio do solo com adição de 2% de cal + BS PLUS.

	D.MÁX(kg/m²)	HOT(%)	ISC(%)	LL(%)	LP(%)	EXP(%)
AM – 01	1.893	12,2	48,7	28,7	12,1	0,03
AM - 02	1.842	12,8	45,9	33,9	13,7	0,07
AM - 03	1.901	12,4	52,9	32,0	10,5	0,00
AM - 04	1.874	11,8	41,5	33,4	13,9	0,11
AM - 05	1.912	12,3	55,3	29,9	11,9	0,00

Fonte: Próprios autores, 2019.

A adição do cimento proporcionou ao solo argiloso um aumento na resistência. Segundo Santos (2012) o cimento, que é considerado um agente estabilizante, é um aglomerante hidráulico não dependente de minerais presentes no solo, sua dependência consiste apenas na presença de água, que por sua vez encontra-se disponível em grande parte dos solos, razão esta pela qual o cimento, muitas vezes, é usado sozinho em diversos tipos de solos para promover a estabilização necessária.

O BS PLUS agiu reduzindo a absorção da água, assim como a ação de sucção do solo e a ascensão capilar, fatores estes seriamente prejudiciais à estrutura do pavimento (GUEDES, 2013).

Tabela 3 – Ensaio com 2% de adição de cimento.

	D.MÁX(kg/m²)	HOT(%)	ISC(%)	LL(%)	LP(%)	EXP(%)
AM - 01	1.904	12,2	75,8%	30,6	14,9	0,00
AM - 02	1.912	12,8	73,8%	30,2	13,6	0,00
AM - 03	1.929	12,4	79,4%	29,7	13,2	0,03
AM - 04	1.921	11,8	63,1%	30,2	16,4	0,05
AM - 05	1.933	12,3	82,4%	28,6	11,8	0,00

Fonte: Próprios autores, 2019.

Tabela 4 – Granulometria do material com adição de 2% de cal. (Percentual que passa %).

AM – 01	AM - 02	AM - 03	AM - 04	AM - 05
01'' = 100%	01'' = 100%	01'' = 100%	01'' = 100%	01'' = 100%
3/8 = 100%	3/8 = 100%	3/8 = 100%	3/8 = 100%	3/8 = 100%

04 = 100%	04 = 100%	04 = 100%	04 = 100%	04 = 100%
10 = 92,6%	10 = 97,8%	10 = 98,6%	10 = 95,6%	10 = 87,4%
40 = 45,71%	40 = 89,20%	40 = 71,90%	40 = 75,01%	40 = 61,31%
200 = 19,54%	200 = 43,63%	200 = 29,77%	200 = 32,94%	200 = 28,63%

Fonte: Próprios Autores, 2019.

Tabela 5 – Granulometria do material com dição de 2% de cimento. (Percentual que passa %).

AM - 01	AM - 02	AM - 03	AM - 04	AM - 05
01'' = 100%	01'' = 100%	01'' = 100%	01'' = 100%	01'' = 100%
3/8 = 100%	3/8 = 100%	3/8 = 100%	3/8 = 100%	3/8 = 100%
04 = 100%	04 = 100%	04 = 100%	04 = 100%	04 = 100%
10 = 97,4%	10 = 98,2%	10 = 97,5%	10 = 93,8%	10 = 94,37%
40 = 84,42%	40 = 81,33%	40 = 86,01%	40 = 77,42%	40 = 73,66%
200 = 36,96%	200 = 31,14%	200 = 37,92%	200 = 35,86%	200 = 38,40%

Fonte: Próprios autores, 2019.

LEGENDA:

AM = Amostra

D.MAX = Massa específica (kg/m²)

HOT = Humidade ótima (%)

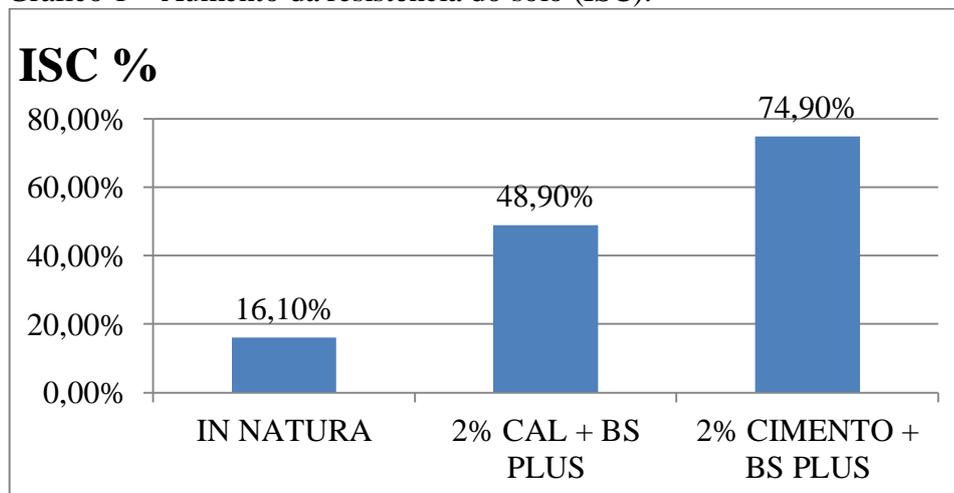
ISC = Índice de Suporte Califórnia (%)

LL = Limite de liquidez (%)

LP = Limite de Plasticidade (%)

EXP = Expansão (%)

Gráfico 1 – Aumento da resistência do solo (ISC).



Fonte: Próprios autores, 2019.

Mediante a esses dados podemos então comparar o aumento da resistência do solo conforme o gráfico a seguir. Percebe-se um aumento médio de 32% do ISC do solo quimicamente estabilizado com cal + BS PLUS para o solo estabilizado in natura, e um aumento do ISC médio de 58% do solo quimicamente estabilizado com Cimento + BS plus em relação ao solo in natura.

Conclusão

Segundo a Blindasolo (2017), no roteiro simplificado de ensaios de laboratório com estabilizante químico de solo o coeficiente estrutural de uma camada de base estabilizada quimicamente é igual a 1,0 ($ISC \geq 30\%$). Em certos casos, como para pavimentos de tráfego muito leve, leve ou sem revestimento asfáltico calcula-se como camada de base solos com $ISC \geq 40\%$.

Ainda segundo a Blindasolo (2017), a utilização da metodologia do presente trabalho não caberá a nenhum caso extremo, quer dizer, não se aplica a solos coesivos puros, mas em áreas não coesas e sim num solo de granulometria intermediária.

Após a realização dos ensaios de laboratório, bem como os cálculos das dosagens conclui-se que o solo argiloso da região de Mato verde - MG, quando estabilizado quimicamente com adição de 2% de cal mais BS PLUS apresenta ICS suficiente para ser utilizado em camadas de sub-base de pavimentos rodoviários, atendendo as especificações técnicas e normas vigentes, e que, este mesmo solo quando estabilizado quimicamente com adição de 2% de cimento mais BS PLUS a medida de 1: 1500 atende as especificações técnicas de resistência para seu uso em camadas de base de pavimentos rodoviários.

A utilização desta metodologia limita-se às especificações contidas no roteiro simplificado da Blindasolo (2017) e as normas para execução de obras rodoviárias. Através dos resultados obtidos torna-se viável a utilização do solo argiloso presente na cidade de Mato Verde - MG.

Referências

- BERNUCCI, L. B. *et. al.* **Pavimentação asfáltica Formação básica para engenheiros.** 2010. 116f. Apostila. Petrobrás: ABEDA. Rio de Janeiro, 2010.
- BLINDASOLO. **Roteiro Simplificado de Ensaios Laboratoriais com Estabilizantes Químicos de Solos - BlindaSolo.** 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Dani/Downloads/BlindaSolo_RoteiroSimplificado.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- CANEPPELE, J. W. **Estabilização de um Solo Residual com Adição de Cimento Portland.** 2016. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário Univates. Lajeado, 2016.
- CRISTELO, N. M. C. **Estabilização de Solos Residuais Graníticos através da adição de Cal.** Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade de Minho, Braga – Portugal, 2011.
- DAS, B. Fundamentos de engenharia geotécnica. **Cengage Learning**, 8º Ed. São Paulo, 2014.
- DUTRA, S. V. M. **Estado da arte sobre a utilização de solos lateríticos em pavimentos rodoviários.** Dissertação de Mestrado - Universidade do Porto. Porto. 2014.
- FRITSCHER, S. V. **Estabilização de Solo Residual de Lajeado com Adição de Cimento e Cinza de Casca de Arroz.** 2016. 78f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário Univates. Lajeado, 2016.
- GUEDES. S. B. **Estudo do desempenho mecânico de um solo-cimento microreforçado com fibras sintéticas para uso como revestimento primário em estradas não pavimentadas.** Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2013.
- MOURA, R. R. S. Diagnóstico e Avaliação Subjetiva de Estradas Vicinais no Sul do Piauí. *In: IV CONEFLOR – III SEEFLOR.* Vitória da Conquista: UESB, 2013.
- ROJAS, J. W. J. **Estabilização de Solos.** 2015. 65f. Coleção Ciências do Pampa - Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul, 2015.
- SANTOS, J. F. R. **Estudos de formulação de solo-cimento e solo-cal e respectivas aplicações.** 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente) – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2012.
- SOUZA, J. V. **Estabilização de solo argiloso com cinza de casca de arroz e cal.** 2016. 17p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2016.

Anexo I

FAVENORTE		COMPACTAÇÃO - NBR 7182/2016							
OBRA:		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO							
ESTACA / POSIÇÃO	PROFUNDIDADE	TRECHO	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		ESTUDO				
AM - 01	000-1,00		ARGILA VERMELHA		IN NATURA				
% RET.	ENERGIA:	PROCTOR INTERMEDIÁRIO		OPERADOR / CONTROLADOR	DATA				
	I	Nº de Golpes: 25		welessoni welesson	17/04/19				
DENSIDADES					UMID. HIGROSCÓPICA				
Cápsula n.º					13 6				
C + S + A					88,12 87,21				
C + S					85,51 84,61				
A - Água					2,61 2,60				
C - Cápsula					15,38 11,70				
S - Solo					70,13 72,91				
Umidade - h					3,7 3,6				
UMIDADE MÉDIA					3,8				
UMIDADE CALCULADA	7,7	9,8	11,9	14,0	16,0	Δh	PESO MATERIAL	6000	
Água Adicionada	240	360	480	600	720		PESO MAT. SECC	5792	
% Água adicionada	4,0%	8,0%	8,0%	10,0%	12,0%	2,0%	MOLDES		
M + S + A	8,110	8,300	8,714	8,500	8,376		N.º	PESO	VOLUME
Peso do Molde	4,358	4,000	4,174	4,176	4,235		2	4,358	1,964
S + A	3,752	4,3	4,54	4,324	4,141		1	4,000	2,082
Dens. Úmida	1,910	2,065	2,210	2,216	2,105		4	4,174	2,054
DENS. CONVERTIDA	1,837	1,948	2,047	2,015	1,880		7	4,176	1,951
Mass. Espec. Apr. SECA	1,774	1,881	1,975	1,944	1,815		3	4,235	1,967
CURVA DE COMPACTAÇÃO									
$D_{max} = 1981$					Hot = 12,20				
ACADÊMICO: APOLÔNIO LEMOS ALVES DE ARAÚJO			ACADÊMICO: WELESSON MÁRCO DE UMA PEREIRA			PROF. ORIENTADOR: JOARLEY DAVID DANTAS			
DATA:			DATA:			DATA:			