

Estabilização de um solo argiloso com aditivo Dynabase para fins rodoviários.

Gustavo Leal Cypriano (1), Pedro Arns (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) gustavo_leal_cypriano@hotmail.com, (2) par@unesc.net

Resumo: Há regiões onde a exploração de pedreiras ou jazidas de materiais com propriedades que atendam as características físicas e mecânicas para seu uso como camada de pavimento estão cada vez mais escassas ou inviabilizadas pelo rígido processo de licenciamento ambiental. A utilização de aditivos químicos sólidos ou líquidos, incorporados ao solo natural, é uma alternativa. Muitos estudos e pesquisas estão em curso, principalmente no desenvolvimento de produtos não agressivos ao meio ambiente ou à saúde. Dentre estes, o Dynabase (DYN), produto comercial de São Paulo, se enquadra. O presente trabalho foi desenvolvido utilizando este produto, incorporado em um solo de formação geológica Palermo, sem qualificação para uso como fundação de um pavimento, ou seja, como subleito. Foram incorporadas ao solo os percentuais de 2,4,6,8,10,12% de DYN. O solo natural e as misturas foram submetidos aos ensaios de limites de Atterberg, granulometria e mecânicos. Nos ensaios mecânicos, utilizaram-se as Energias do Proctor Intermediário (PI) e Proctor Modificado (PM) para a determinação da máxima densidade seca e umidade ótima do solo natural. Os resultados obtidos nos ensaios do solo natural serviram como referência para os ensaios mecânicos das misturas. Assim, observou-se que, independentemente da energia aplicada na compactação dos corpos de prova nos diferentes percentuais do DYN, houve aumento ao valor do ISC e uma diminuição da expansão. Para 2% de DYN 8,2% e 5,4% e de 2,1% e 7,2%, respectivamente, para 4% de 35,7% e 37,5% e de 0,49% e 2,1%, para 6% de 49,9% e 63,8% e de 0,29% e 1,2%, para 8% de 62,8% e 90,3% e de 0,24% e 0,5%, para 10% de 61,7% e 79,7% e de 0,33% e 0,3%, para 12% de 55,7% e 104,6% e de 0,38% e 0,2%. Quanto aos ensaios físicos, caracterizou-se uma mudança na classificação do solo a partir da mistura de 6% de DYN, e que de 8% aos 12%, o solo tornou-se não líquido, não plástico e com índice de grupo igual a zero. Desta forma, analisando os resultados obtidos, conclui-se que o percentual de 8% incorporado ao solo, é o mais viável técnica e economicamente, podendo ser utilizado como qualquer camada de um pavimento rodoviário.

Palavras-chave: estabilização; solo; Dynabase; misturas; sustentabilidade.

Stabilization of an clayey soil with Dynabase additive for road purposes.

Abstract: In regions where the exploitation of quarries or deposits of materials with properties that meet the physical and mechanical characteristics for their use as a pavement layer are increasingly scarce or made unfeasible by the rigid environmental licensing process. The use of solid or liquid chemical additives, incorporated into the natural soil, is an alternative. Many studies and research are ongoing, mainly in the development of products not aggressive to the environment or health. Among these, Dynabase (DYN), a commercial product of São Paulo, fits. The present work was developed, using this product, incorporated

in a soil, of geological formation Palermo, without qualification for use as foundation of a pavement, that is, as subgrade. The percentages of 2,4,6,8,10,12% of DYN were incorporated into the soil. The natural soil and the mixtures were submitted to the Atterberg, granulometry and mechanical limits tests. In the mechanical tests, the Energies of the Intermediate Proctor (PI) and Modified Proctor (PM) were used to determine the maximum dry density and optimum moisture of the natural soil. The results obtained in the natural soil tests served as reference for the mechanical tests of the mixtures. Thus, it was observed that, regardless of the energy applied in the compaction of the test choirs in the different percentages of the DYN, there was a gain to the ISC value and a decrease of the expansion. For 2% of DYN 8.2% and 5.4% and of 2.1% and 7.2%, respectively, to 4% of 35.7% and 37.5% and of 0.49% and 2.1% , to 6% from 49.9% and 63.8% and from 0.29% and 1.2% to 8% from 62.8% and from 90.3% and from 0.24% and 0.5% , to 10% from 61.7% and 79.7% and from 0.33% and 0.3% to 12% from 55.7% and from 104.6% and from 0.38% and 0.2% . As for the physical tests, a change in the soil classification from the 6% DYN mixture was characterized, and that from 8% to 12%, soo became not liquid, not plastic and with a group index equal to zero. Thus, analyzing the results obtained, it is concluded that the percentage of 8%, incorporated into the soil, is the most technically and economically feasible, and can be used as any layer of a road pavement.

Key-words: Stabilization; ground; Dynabase; mixture; sustainability.

Introdução

Nas regiões onde a utilização intensiva de britas conduziu à sua escassez elevando consequentemente seus custos, a estabilização de solos locais com menor qualidade surge como uma boa alternativa nas obras de pavimentação, conforme Behak (2007). Por isso, estuda-se a possibilidade de utilização de materiais alternativos para estabilizar solos com baixa capacidade de suporte. Está se tornando cada vez mais difícil a exploração de caixas de empréstimo devido à rigorosa fiscalização do meio ambiente para esta atividade.

Um dos métodos de estabilização utilizado na pavimentação é a estabilização química, que ocorre através da inserção de um aditivo ao solo conferindo-lhe melhorias em suas propriedades de engenharia. (Silva, 2006).

A estabilização de solos resulta em pavimentos de bom desempenho e durabilidade. Existem várias técnicas de estabilização, as que se podem dividir em métodos mecânicos (compactação e correção granulométrica) e métodos físicos e químicos, através da utilização de aditivos. Segundo (Behak, 2007).

Neste trabalho vamos utilizar a estabilização físico-química com adição de Dynabase em um solo de baixa qualidade de suporte. O Dynabase é um produto sólido com coloração cinza claro e composição química própria, podendo ser utilizado a céu aberto.

Nas áreas de construção civil e geotecnia, o desenvolvimento de materiais alternativos utilizando subprodutos industriais é de fundamental importância porque se podem encontrar esses materiais em grandes quantidades. Em países em desenvolvimento, esse fato é impulsionado pela necessidade de ampliação das malhas rodoviárias e pela redução de custos nos pavimentos urbanos e rodovias.

A aplicação de Dynabase faz com que o solo ganhe novas propriedades geotécnicas, devido ao seu efeito aglutinante e estabilizante, aumentando seu ISC (Índice de Suporte Califórnia) e diminuindo sua expansão.

O Dynabase pode reduzir em até 80% o custo operacional de uma rodovia porque evita o descarte de material inservível em bota fora, exploração de novas jazidas e transporte desses materiais em eventuais substituições. Uma vez aplicado o Dynabase, a obra poderá ficar paralisada por tempo indeterminado, pois não há perda das características do produto.

Uma grande vantagem que o Dynabase oferece em relação aos materiais tradicionais das camadas de base ou sub-base é que quando chove, ele protege o solo contra a infiltração de água, não deixando o solo desagregar.

Intensas pesquisas dos militares para a expansão da malha viária para transporte emergencial. Que encontram nos solos problemáticos e nos altos custos e escassez dos materiais convencionais. Muitos produtos químicos foram desenvolvidos, porém uma grande maioria tinha desvantagens como dificuldades de mistura, sensibilidade ao tipo de solo, ou alto custo. (DAVIDSON et al. apud BRAZETTI, 1998).

Os aditivos para estabilização de solos têm sido indicados para a construção de camadas estruturais para pátios de estacionamento de veículos pesados, camadas de pavimentos rodoviários, impermeabilização de açudes e lagos artificiais, além da utilização para injeção de reforço de fundações, melhoria do solo para fins agrícolas, controle de erosão e estabilização de taludes.

A aplicação de aditivos em solos de baixa qualidade tem como objetivo melhorar suas características técnicas para utilizá-lo como camada de pavimento em seu estado natural, que não poderia nem mesmo ser usado como subleito, tornando-o capaz para uso como uma camada de base.

O objetivo da utilização do produto Dynabase foi o de melhorar as características físicas e mecânicas de solos para utilização em camadas de pavimentos onde, em seu estado

natural, não apresentassem tais fatores. Muitas vezes o solo natural tinha que ser removido e substituído por outro de características que satisfizessem e atendessem às normas técnicas.

As camadas de um pavimento seguem as normativas do DNIT, conforme o manual de pavimentação (2006) prescreve em sua norma as seguintes considerações disposta a seguir:

Materiais para subleito: Expansão menor que 2% e ISC maior que 2%.

Materiais para reforço: Expansão menor que 1% e ISC maior que o do subleito.

Materiais para sub-base: Expansão menor que 1%, ISC maior que 20% e Índice de grupo (IG) igual a zero.

Materiais para base: Expansão menor que 0,5%, ISC maior que 80%, Limite de liquidez menor que 25% e índice de plasticidade menor que 6%. Contudo para tráfego leve permite-se usar ISC maior que 40% e para tráfego médio ISC maior que 60%.

Materiais e métodos

Neste trabalho foram utilizados os materiais: solo argiloso e o Dynabase. O solo argiloso foi coletado no campus do Parque Científico e Tecnológico (IPARQUE) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Esse solo foi caracterizado como um solo de Formação geológica Palermo. É uma formação representada por folhelhos sílticos argilosos, tendendo a formar solos tipo silte argilosos e argilas siltosas (Souza, 2017). O Dynabase foi doado pela empresa DYNABASE ESTABILIZANTE SÓLIDO, que fica localizada na cidade de Penápolis, em São Paulo, Avenida Bento Cruz, 142.

Na figura 1, estão indicadas a localização da jazida do solo (-28.731308 S; -49.407837 W) e a localização da fábrica de Dynabase (-23,647124 S; -47.158250 W).

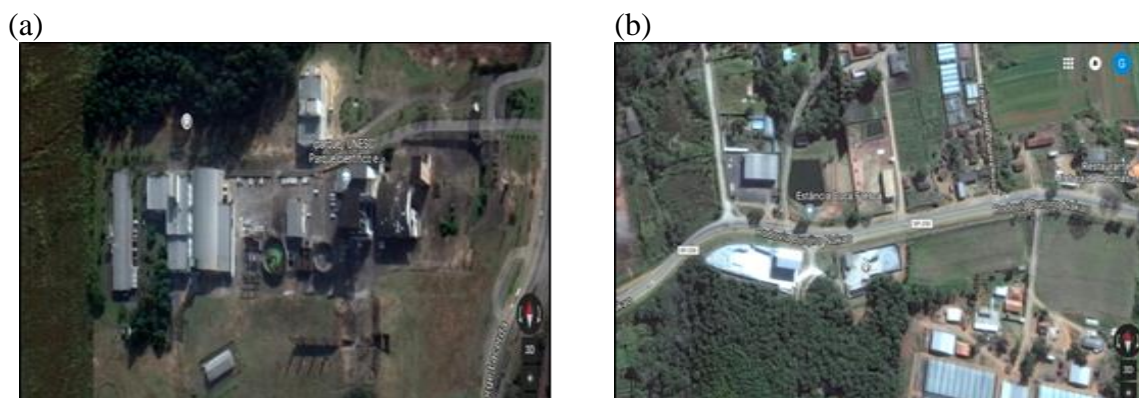


Figura 1- Localização: (a)Solo, (b) Dynabase

Na figura 2 (a) temos uma amostra de solo. Na figura 2 (b) temos uma amostra do produto Dynabase.

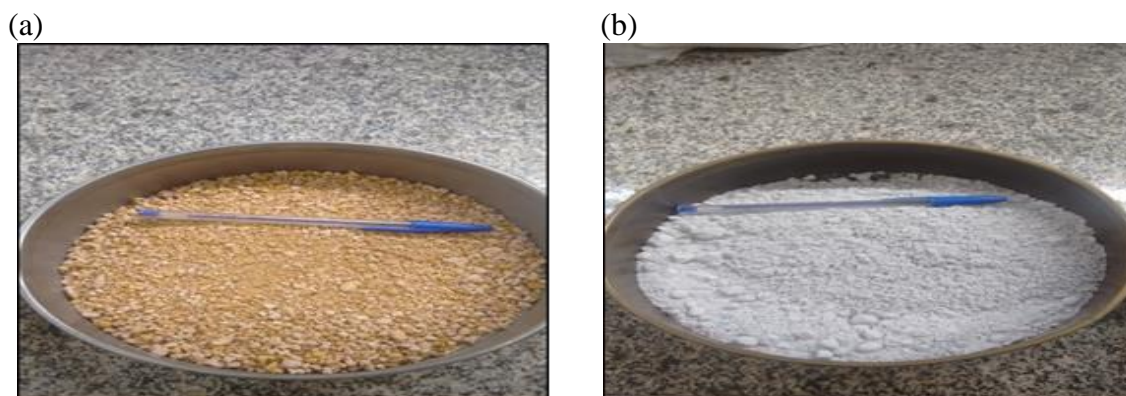


Figura 2 – Materiais: (a) solo, (b) Dynabase

O Dynabase é um produto composto por hidróxido de cálcio e tem a finalidade de complementar e melhorar a granulometria do solo, fechando os vazios e reduzindo a influência da expansão. A sua função é de tornar o solo resistente por meio da cimentação das partículas e impermeabilização do mesmo. Sua característica permite sua utilização sem qualquer dano ao meio ambiente.

Essas ações são realizadas no início pela absorção dos íons de cálcio pelas partículas argilosas, mudando suas características, que dependem da atividade superficial, e tendo outra ação, mais lento. Causado pelas interligações entre íons de cálcio e os componentes aluminosos e silicosos separados em meio alcalino nos solos, transformando-os em silicatos e aluminatos de cálcio hidratados, estáveis com poder de cimentação das partículas. (Dynabase, 2015)

As propriedades do produto Dynabase foram fornecidas pelo fabricante e estão dispostas na tabela 1.

Tabela 1. Propriedades do Dynabase (Fonte: Dynabase,2015)

Parâmetros	Unidades	L.M	L.Q	L.D	Resultados
Bário	mg Ba/Kg	-	2,1	0,7	13
Cobalto	mg Co/Kg	-	0,27	0,08	1,08
Cálcio	mg Ca/Kg	-	8,3	2,6	464000
Cobre	mg Cu/Kg	-	1,1	0,4	1,0
Cromo	mg CR/Kg	-	1,71	0,5	0,6
Níquel	mg Ni/Kg	-	1,0	0,3	7,8
Vanádio	mg V/Kg	-	0,5	0,1	18,8
Zinco	mg Zn/Kg	-	1,0	0,3	3,5
Umidade	%	-	0,3	0,1	33

Óleos/Graxas	%	-	0,3	0,1	0,7
Cianeto	mg CN/Kg	250	5,1	1,7	5,6
Fluoreto	mg F/Kg	-	120	40	1014
PH	-	<2 e 12,5	-	-	12,26
Cor	UH	-	6	2,000	Cinza
Odor	-	-	-	-	Ausente

A lixiviação é um processo para determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator. Os resultados fornecidos pela Dynabase constam nas tabelas 2 e tabela 3.

Tabela 2. Ensaio de lixiviação (Fonte: Dynabase,2015)

Parâmetros	Unidades	L.M	L.Q	L.D	Resultados
Bário	mg Ba/L	70,0	0,006	0,002	0,666
Fluoretos	mg F/L	150	0,3	0,1	<0,5

Tabela 3. Dados relativos ao ensaio de lixiviação (Fonte: Dynabase,2015)

Aspecto	Homogênea de coloração marrom
% Sólidos secos	63,5
PH do Extrato lixiviado obtido	12
Tempo total de lixiviação em horas	18
Volume dos líquidos obtidos em ml	1000

A solubilização é um procedimento em que a substância ou produto dissolve-se em um líquido. É um mecanismo de dissolução de um determinado material ou produto, cujos resultados fornecidos pela Dynabase são os da tabela 4 e tabela 5.

Tabela 4. Ensaio de Solubilização (Fonte: Dynabase,2015)

Parâmetros	Unidades	L.M	L.Q	L.D	Resultados
Bário	mg Ba/L	0,7	0,0008	0,002	1,360
Chumbo	mg Pb/L	0,01	0,0014	0,0004	0,0012
Cobre	mg Cu/L	2,0	0,0015	0,0005	0,0122
Ferro	mg Fe/L	0,3	0,017	0,006	0,0562
Sódio	mg Na/L	200	0,06	0,02	1,92
Zinco	mg Zn/L	5,0	0,0065	0,002	00161
Cianeto	mg CN/L	0,07	0,0046	0,002	0,047
Fluoretos	mg F/L	1,5	0,3	0,1	3,9
Sulfato	mg SO4/L	250	6	2	<10
Cloretos	mg Cl/L	250	1,8	0,6	45
Fenóis Tot.	mg C6H5OH/L	0,01	0,003	0,001	<0,002
Surfactantes	mg LAAS/L	0,5	0,21	0,07	0,94

Tabela 5. Dados relativos ao ensaio de solubilização (Fonte: Dynabase,2015)

Umidade %	33
Massa da amostra em (g)	250
Volume (água destilada) ml	1000
PH do extrato solubilizado	12,24

L.M – Limites máximos segundo anexo F da NBR 1004/2004

L.Q – Limite quantificado.

L.D – Limite de detecção do método.

Na figura 3 está representado o fluxograma da metodologia utilizada para realização dos ensaios.



Figura 3. Fluxograma da metodologia

Para as misturas não foi realizado a compactação porque não se tinha uma quantidade de material para realização do mesmo e o fornecedor orienta a não se fazer, pois a umidade ótima não tem alteração considerável.

Inicialmente realizaram-se os ensaios físicos do solo objetivando determinar as características para então nomeá-los de acordo com a classificação HRB (*HIGHWAY RESEARCH BOARD*). A seguir, realizaram-se os ensaios mecânicos para determinar a densidade máxima e umidade ótima, cujos valores foram utilizados em todas as misturas. Nos ensaios mecânicos utilizou-se a energia Proctor intermediária (PI) e modificado (PM), de acordo com as normas constadas na tabela 6.

Tabela 6. Ensaios realizados e respectivas normas

Ensaio	Norma ABNT
Limite de liquidez	NBR 6459/2017
Limite de plasticidade	NBR 7180/2016
Granulometria	NBR 7181/2018
Compactação	NBR 7182/2016
ISC	NBR 9895/2017

Logo após se obter os resultados dos ensaios do solo natural (mecânicos e físicos), iniciou-se o desenvolvimento das misturas que foram definidas em %.

Seis tipos de misturas do solo natural com o Dynabase, sendo elas: Solo + 2%, Solo + 4%, Solo + 6%, solo + 8%, Solo + 10%, Solo + 12% de DYN.

Para cada mistura realizaram-se os ensaios físicos e mecânicos para determinação das características físicas e mecânicas, para cada percentual de aditivo no solo.

Resultados e discussões

Para a caracterização do solo natural foram realizados os ensaios de acordo com as normas da tabela 6, e os resultados da caracterização física do solo natural constam na tabela 7.

Tabela 7. Solo natural

Ensaio	Resultados (%)
Limite de liquidez	66
Limite de plasticidade	45
Índice de Grupo	17
Índice de Plasticidade	21
HRB	A7-5

O solo natural mostrou uma distribuição granulométrica ilustrada na tabela 8, podendo-se observar que há um alto valor de argila mais silte, chegando ao valor de 97,99%.

Tabela 8. Granulometria do solo natural.

Peneiras		Material Retido (g)	Acumulada (g)	(% acumulada)	(% passante)
Número	#(mm)	-	-	-	-
4	4,8	0	0	0	100
10	2	0,07	0,07	0,02	99,98
16	1,19	0,04	0,04	0,04	99,96
30	0,59	0,09	0,13	0,12	99,88
40	0,42	0,12	0,25	0,23	99,77
50	0,30	0,19	0,44	0,40	99,60
70	0,21	0,38	0,82	0,75	99,25
100	0,15	0,59	1,41	1,28	98,72
200	0,074	0,81	2,22	2,02	97,99

Para o solo natural realizaram-se duas compactações, uma no PI e outra no PM procurando obter a máxima densidade seca e a umidade ótima de cada energia, demonstradas na tabela 9. Observou-se que, com o aumento da energia de compactação, houve um acréscimo de $0,092 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ que representou um aumento de 6,29% na densidade máxima seca, e um decréscimo de 3,7% na umidade ótima.

Tabela 9. Caracterização das densidades e umidades

Compactação	Densidade seca (g/cm^3)	Umidade (%)
Proctor Intermediário	1,462	25,8
Proctor Modificado	1,554	22,1

Na figura 4 estão representadas as curvas de compactação no PI e no PM do solo natural, caracterizando o ganho na densidade máxima aparente e a diminuição da umidade ótima.

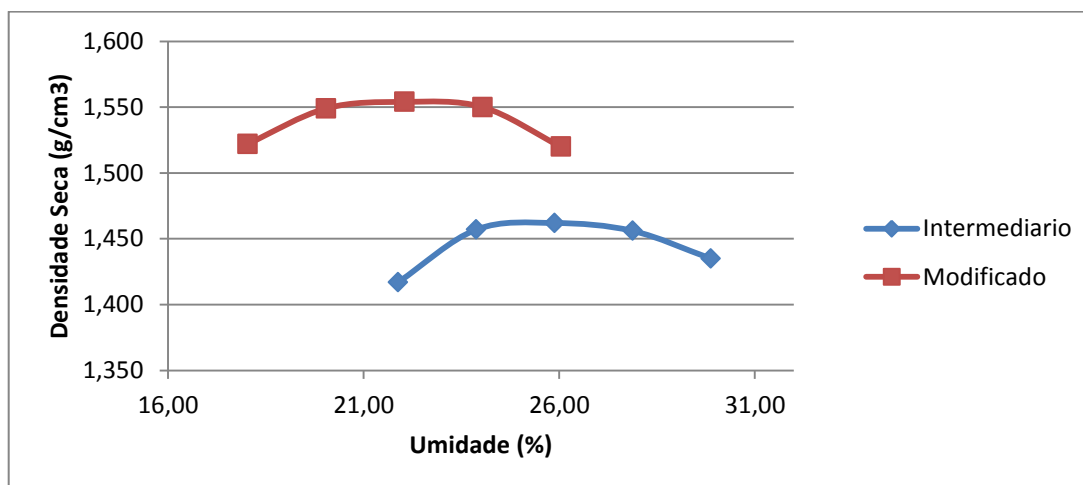


Figura 4. Curva de compactação do solo natural em duas energias de compactação.

As misturas também foram classificadas pelo sistema HRB não tendo muita diferença em percentuais de argila mais silte, entretanto, a classificação teve alteração, pois o percentual de argila decresceu se transformando em partes arenosas, considerando que a Classificação HRB passou de A7-5 para A4, demonstrado na tabela 10.

Tabela 10. Caracterização das misturas

Misturas	Argila + Silte (%)	HRB
2% Dynabase	98,46	A7-5
4% Dynabase	97,08	A7-5
6% Dynabase	97,19	A5
8% Dynabase	98,31	A4
10% Dynabase	97,32	A4
12% Dynabase	98,28	A4

Para as misturas foram realizados os ensaios de limites de Atterberg, cujos resultados constam na tabela 11.

Tabela 11. Caracterização das misturas

Porcentagem de Dynabase	LL (%)	LP (%)	IP	IG
0 % Dynabase	66	45	21	17
2 % Dynabase	57	40	17	15
4 % Dynabase	62	40	22	17
6 % Dynabase	56	53	3	12
8 % Dynabase	0	0	0	0
10 % Dynabase	0	0	0	0
12 % Dynabase	0	0	0	0

LL – Limite de liquidez.

LP – Limite de plasticidade.

IP – Índice de plasticidade.

IG – Índice de grupo.

Para o solo natural, as misturas de 2%, 4% e 6% de Dynabase apresentaram um LL maior que 25% e IG maior que 6%, e diferente de zero, respectivamente, e assim não podem ser utilizados como camada de sub-base e base. Já sobre as misturas de 8%, 10% e 12% de Dynabase, não foi possível realizar o ensaio de LL e LP porque essas misturas ficaram muito siltosas, por isso seu LL e IP são iguais a zero e assim podem ser utilizadas como camada de base.

O Índice de Suporte Califórnia do subleito é o valor utilizado em obras de pavimentação para obtenção da máxima resistência de um solo. É utilizado no dimensionamento das camadas de um pavimento como reforço, sub-base e base.

Os resultados do ISC do solo natural e das misturas solo + Dynabase nas diversas compactações obtidas nas Energias de compactação do PI e PM constam na figura 5.

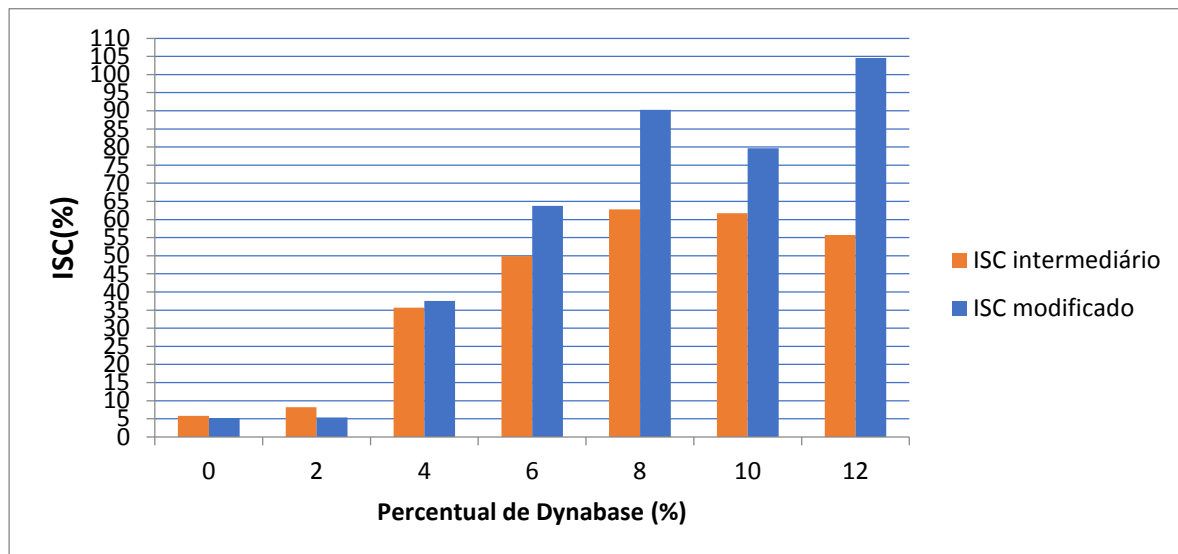


Figura 5. ISC do solo natural e das misturas obtidos nas energias PI e PM.

Pela análise do gráfico da figura 5, o solo natural e a mistura solo + 2% de DYN só podem ser utilizados com subleito ou reforço do subleito, de modo independente da Energia aplicada.

Para a mistura de solo + 4% de DYN, independentemente da Energia utilizada, pode ser usada como sub-base.

Já a mistura de solo + 6% de DYN também poderia ser utilizada como sub-base e mesmo como base para vias com baixo tráfego na Energia Intermediária. Na Energia no PM, como base para tráfego médio pois tem um ISC maior que 60%.

Com a mistura de solo + 8% de DYN atingiu características de suporte para camada de base de tráfego médio na Energia PI e para tráfego pesado no PM. O mesmo se pode afirmar para a mistura de solo + 10% de DYN.

A mistura de solo + 12% de DYN no PI só pode ser utilizada como base para tráfego médio e no PM para tráfego pesado.

A expansão é um valor utilizado para analisar o quanto o solo expande devido à absorção da água e para definir a qualidade do solo para as camadas dos pavimentos.

A figura 6 mostra a expansão do solo natural e das misturas correspondentes a cada porcentagem de Dynabase adicionado ao solo, na energia de compactação intermediária e modificada.

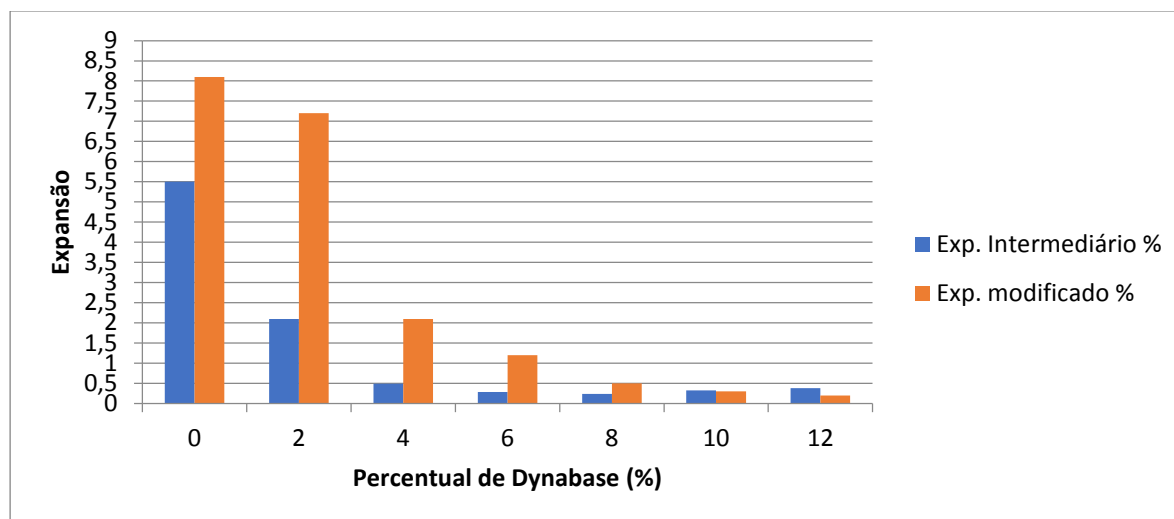


Figura 6. ISC (expansão) do solo natural e das misturas em duas energias de compactação.

Analisando o gráfico das expansões da figura 6, verifica-se que o solo natural e a mistura de solo + 2% de DYN, não podem ser usados como subleito, de maneira independente da Energia de compactação.

Já a mistura de solo + 4% de DYN no PM não pode ser utilizada como subleito visto que a expansão é maior que 2%. No PI poderia ser usada como reforço, mas não como sub-base e base, pois o LL maior que 25% e o IG são diferentes de zero.

A mistura de solo + 6% de DYN no PM só pode ser utilizada como subleito. No PI poderia se utilizada como base, porém, o seu LL é maior que 25% e o $IP > 6\%$ e o equivalente de areia $< 30\%$, o que a impede.

Contudo, as misturas de solo + 8%, 10% e 12% de DYN, independentemente da Energia de compactação aplicada, podem ser utilizadas como base, pois as expansões foram menores que 0,5%, LL e IP iguais a zero.

Conclusões

A partir dos resultados apresentados no presente trabalho, podem-se fazer as seguintes conclusões:

O solo de formação geológica palermo no seu estado natural não pode ser utilizado como subleito, pois a expansão é maior que 2%.

Quando aditivado com 2% de Dynabase, independentemente da Energia de compactação utilizada, também se apresentou inviável como subleito porque a expansão foi acima do permitido.

A mistura de solo + 4% de DYN na Energia do PI pode ser utilizada como camada de reforço, na Energia do PM não pode ser utilizada como camada de pavimento e mesmo como subleito.

A mistura de solo + 6% de DYN no PI pode ser utilizada como camada de reforço e no PM como subleito.

As misturas de solo + 8% e 10% de DYN no PI podem ser utilizadas como camadas de base para tráfego leve e médio, e no PM, para tráfego médio e pesado.

Já a mistura de solo + 12% de DYN no PI pode ser utilizada com camada de base para tráfego médio e no PM como base para tráfego pesado.

Com isso, conclui-se que a mistura mais adequada visando custos e qualidade é a mistura com 8% de Dynabase, porque na PI pode ser utilizada como base em vias de tráfego médio e no PM pode ser utilizada como base em vias com tráfego elevado.

Sugestões para trabalhos posteriores

- Fazer na Energia Normal para verificar se pode usar como subleito.
- Resistência ao cisalhamento.
- Resistência à compressão simples.
- Utilizar um solo com características arenosas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo - Determinação do limite de Plasticidade. Rio de Janeiro: 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo - Análise Granulométrica. Rio de Janeiro: 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**: Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC). Rio de Janeiro: 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 2004.

BEHAK, Leonardo. **Estabilização de solo arenoso com cinza da casca de arroz e cal**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BRAZETTI, R. **Considerações sobre a influência de distintos aditivos orgânicos nas características micromorfológicas, mineralógicas, físicas, mecânicas e hidráulicas de um solo laterítico**. 1998. 275 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo. 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação**. 2006. 274 p. Ed. 3. Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisa Rodoviária (IPR), Rio de Janeiro. 2006.

DYNABASE - COMÉRCIO DE PRODUTOS QUÍMICOS LTDA. **Caderno de recomendações do fabricante**. Penápolis, São Paulo, 2015.

LIMA, Claudio Augusto de Paula; SILVA, Antônio Cleiton Lopes da; FROTA, Consuelo Alves da. Comportamento mecânico sob flexão a 4 pontos de solo tratado com cal de carbureto. In: EXPO PAVIMENTAÇÃO, 6, 2017, Centro Sul. **Anais...** . Florianópolis: 2017.

MENEZES, Luisa Carla de Alencar; GUIMARÃES, Antônio Carlos Rodrigues. Caracterização geotécnica de solo in natura e estabilização com cal da região de rio branco/AC para aplicação em vias urbanas. In: EXPO PAVIMENTAÇÃO, 6, 2017, Centro Sul. **Anais...** . Florianópolis: 2017.

SILVA, Matheus Francisco da. **Estudo da estabilização com cal de um solo laterítico e um solo não laterítico**. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SILVA, Lucas Gabriel Lopes da; BARBOSA, Thamara Silva; ALEJANDRA, Ivonne Gutierrez Gongora. Melhoria de solos com utilização de canudos plásticos reciclados. In: EXPO PAVIMENTAÇÃO, 6, 2017, Centro Sul. **Anais...** . Florianópolis: 2017.

SOUZA, João Vitor de; BELCHIOR, Ingrid Reyes Martinez. Estabilização de solo argiloso com cinza de casca de arroz e cal. In: EXPO PAVIMENTAÇÃO, 6, 2017, Centro Sul. **Anais...** . Florianópolis: 2017.