

ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO ARENOSO COM DOIS TIPOS DE CINZA DA CASCA DE ARROZ

Marilene Bristot Niero (1), Eng. Pedro Arns (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)marilene_bristot@hotmail.com, (2)p.arns@terra.com.br

RESUMO

O objetivo principal do presente trabalho é realizar uma abordagem da estabilização de um solo natural com dois tipos da cinza da casca de arroz (CCA), para a utilização na pavimentação. Sendo a região da ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO VALE DO ARARANGUÁ (AMESC), o maior produtor de beneficiamento de arroz do estado de SANTA CATARINA, conseqüentemente gera a maior quantidade do resíduo CCA. Dessa fórmula buscou-se, através da mistura de percentuais das mesmas com o solo natural, visando o melhoramento do mesmo quanto a sua resistência e expansão. Assim realizaram-se misturas nos percentuais de 5% branca e 10% preta, 10% branca e 5% preta e 10% branca e preta. Essas três primeiras misturas foram executadas obedecendo-se as normas de ensaios, enquanto que os dois últimos não seguiram as recomendações e normas. Verificou-se que houve um aumento do Califórnia Bearing Ratio (CBR) e menor expansão em todos os percentuais de CCA utilizados na mistura com o solo A2-4, utilizado no presente estudo. Quando os corpos de prova ficam curando pelo período de 7 dias expostos ao tempo, utilizando-se os dois tipos de CCAS, há um incremento significativo quando os mesmos ficam imersos. Observa-se, ainda, que ao misturar-se somente uma das cinzas, o aumento na resistência do CBR é muito superior, podendo ser utilizado como base de um pavimento.

Palavras-Chave: Solo Natural, Cinza preta e cinza branca da Casca De Arroz, Pavimentação, CBR.

1. INTRODUÇÃO

O solo natural é um material que possui uma grande variação nas suas propriedades física-mecânicas e geotécnicas, de baixo custo e largamente na pavimentação como fundação e mesmo como camadas dos pavimentos (reforço, sub-base e base). Segundo Lacerda (2011), o uso de materiais alternativos em pavimentação é um tema bastante discutido em todo o mundo, além de mitigar o impacto ambiental gerado por diversos tipos de resíduos há também melhorias técnicas e econômicas. A cinza de casca de arroz é um resíduo agroindustrial decorrente do processo de queima da casca de arroz, sendo largamente encontrada em Santa Catarina.

Empregada como fonte de energia, a casca de arroz é queimada em diversas empresas, devido à sua natureza, incorporam a cinza ao produto cerâmico, tais como na fabricação de blocos de alvenaria estrutural, argamassa para assentamentos entre outros, mas a maioria não encontra outro destino que não o descarte, em forma de aterro, criando, assim, um problema ambiental de poluição do solo, do ar e de rios e córregos.

De acordo com Medeiros (2010) a casca de arroz é um produto energético, pois 1000,00 kg de arroz produzem cerca de 200 kg de casca, cuja combustão gera 40,00 kg de cinza da casca de arroz (CCA), as cascas representam 20% desse valor. A casca do arroz é um dos mais abundantes resíduos gerados pelas indústrias de beneficiamento do arroz e por ser um material fibroso é de difícil degradação, permanecendo inalteradas por longo tempo e causando grandes danos ao meio ambiente (VIEL 2012).

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (DNIT 2006), a Capacidade de Suporte do subleito e dos materiais constituintes dos pavimentos é feita pelo CBR, adotando-se o método de ensaio preconizado pela NBR 7182/86 (DNER 49-74), em corpos-de-prova indeformados ou moldados em laboratório para as condições de massa específica aparente e umidade especificada para o serviço.

Os dois tipos de cinza da casca de arroz (CCA) foram usados em porcentagens diferentes, misturados ao solo para verificação do melhor CBR obtido pela norma NBR 9895/87. Independente da obra a ser realizada com um determinado tipo de solo, este deverá apresentar boas propriedades físicas e mecânicas quanto à durabilidade e resistência. Em várias situações, o solo de determinado local não apresenta condições requeridas pela obra, podendo ser pouco resistentes, muito compressíveis ou apresentar características que deixam a desejar economicamente (TRINDADE et al.,2008, p. 11).

2. OBJETIVOS GERAIS

Análise de um solo natural com a mistura de cinzas oriundas da casca de arroz, para o seu uso em camadas de um pavimento.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Melhorar o solo quanto ao seu suporte com cinza de casca de Arroz.
- Misturas com percentuais diferentes das cinzas.
- Análise da melhor mistura que resulte no maior valor do Califórnia Bearing Ratio (CBR) e menor expansão.
- Aplicabilidade da mistura do melhor resultado como camada de um pavimento rodoviário.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 SOLO NATURAL

O solo utilizado no presente trabalho foi coletado na Rua Usilio Tonetto no Município de Turvo, região do sul de Santa Catarina, de coordenadas geográficas de Latitude -28.914491 e Longitude -49.684100. O solo foi extraído da escavação feita na estrada, para nivelamento da mesma. Após a coleta, as amostras foram transportadas em sacos plásticos para o laboratório de Mecânica dos Solos (LMS) do Instituto de Desenvolvimento e Tecnologia (IDT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), onde o mesmo foi destorroado, seco em estufa, misturados, quantizados e preparados para ser ensaiados. Na figura 1, temos a localização, aonde foram coletadas as amostras.

Figura 1- Localização da amostra.



Fonte: Google Earth. Acesso em: 14 abril 2016.

Na figura 2, temos a amostra do solo natural, secado já na estufa e o solo sendo peneirado.

Figura 2: 2. a) Solo no estado natural. 2. b) Solo estado seco na estufa. 2. c) Solo peneirado.

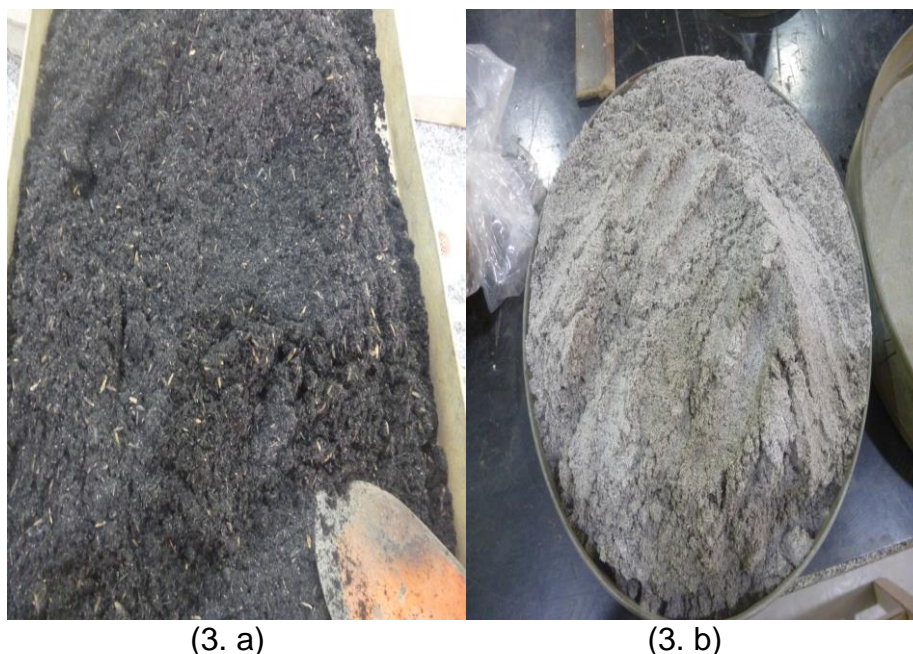


Fonte: Do autor, 2016.

4.1.2 CINZA DA CASCA DE ARROZ PRETA E BRANCA

A cinza da casca de arroz preta (Figura 3. a) empregada na pesquisa foi fornecida da empresa Agromaza, localizada na cidade de Turvo Santa Catarina, sendo umas das sete empresas de beneficiamento de arroz do Sul. A casca de arroz é queimada nos fornos para a parbolização do próprio cereal, sem controle de temperaturas. A coleta da cinza foi feita no depósito, com ela já expostas ao tempo. A cinza da casca de arroz branca (Figura 3. b) empregada na pesquisa foi fornecida pela empresa Ferticasca, localizada na cidade de Turvo Santa Catarina. Empresa na qual utiliza a casca de arroz para substrato, onde essa cinza branca seria retirada do forno após quatro queima da casca em temperatura de 500 a 550°C, sendo seu volume como consequência menor.

Figura: 3. a) Cinza da casca de arroz preta. 3. b) Cinza da casca de arroz branca.

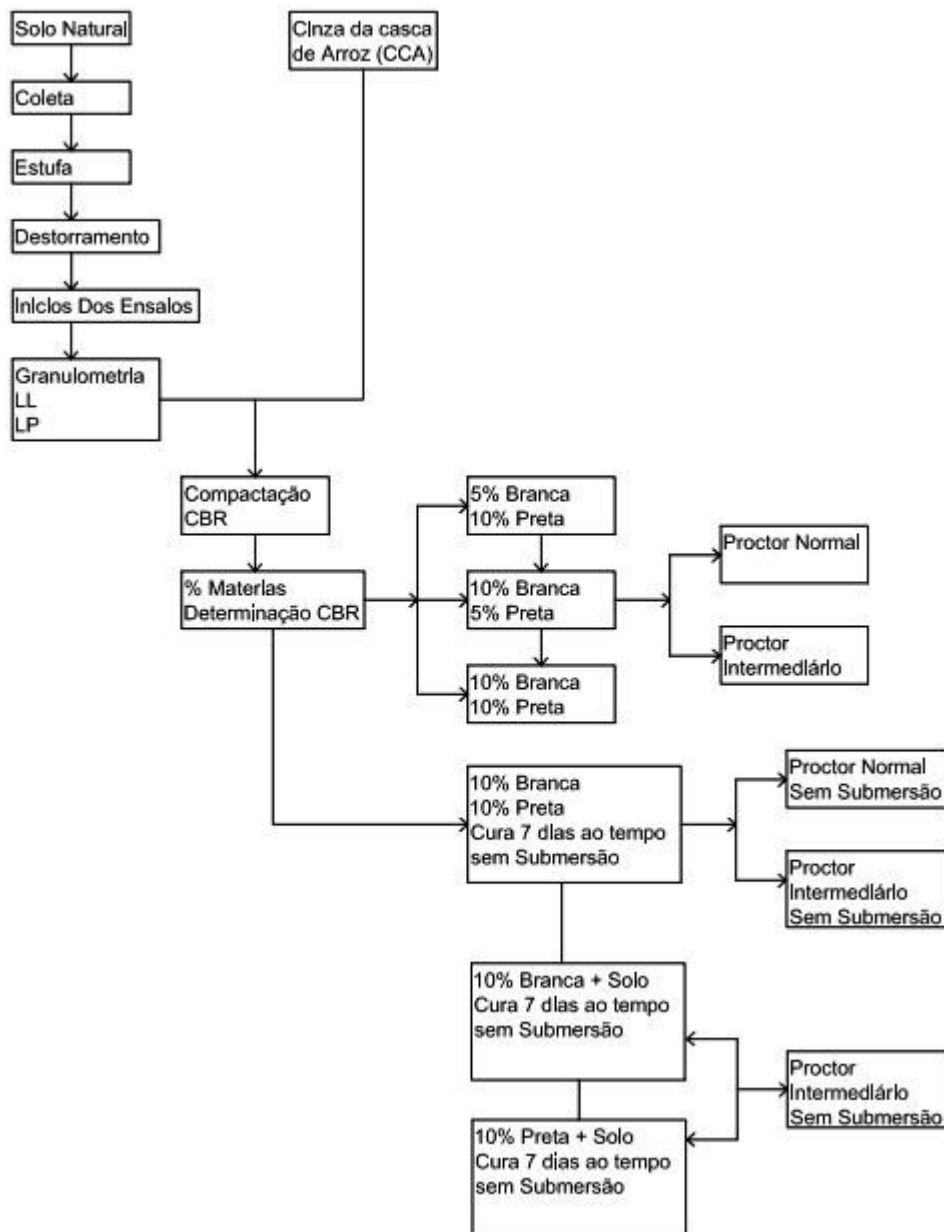


Fonte: Do autor, 2016.

5. METODOLOGIA

O presente trabalho tem como finalidade a análise das características físicas e mecânicas do solo natural, e com adição das cinzas da casca de arroz (CCA), em diferentes porcentagens, e que estão representados no fluxograma da figura 4.

Figura 4 – Fluxograma dos Ensaios Realizados.



Fonte: Do autor, 2016.

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

Os ensaios de caracterização do solo foram executados no (IDT), UNESC de acordo com as normas constantes, tanto para o solo natural, quanto para o solo aditivado com cinza da casca de arroz. (Tabela 1).

Tabela 1 – Normas referentes aos Ensaios.

Ensaios		Normas
Caracterização Física	Granulometria por peneiramento simples	NBR 7181/84
	Limite de Liquidez	NBR 6459/84
	Limite de Plasticidade	NBR 7180/84
Caracterização Mecânica	Compactação Energia Proctor Intermediária e Normal	NBR 7182/86
	CBR, Expansão	NBR 9895/87

Fonte: Do autor, 2016.

5.2. PORCENTAGEM DO MATERIAL

Para a realização dos ensaios foram adotados dois tipos de cinza da casca de arroz a preta e a branca nas porcentagens de 5% e 10%, totalizando 4,00kg de material solo + cinza. (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagens dos materiais referentes aos Ensaios.

Solo Natural	3,400Kg	3,400Kg	3,200Kg
Cinza Preta	5%	10%	10%
Cinza Branca	10%	5%	10%
TOTAL	4,00Kg	4,00Kg	4,00Kg

Fonte: Do autor, 2016.

5.3. ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Primeiramente foram realizados os ensaios físicos de caracterização do solo em seu estado natural, identificando-o por sua granulométrica, Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e o Índice de Grupo (IG), além de outras propriedades que ajudam na identificação, como o tato-visual. As classificações das amostras basearam-se no sistema de classificação Transportation Research Board (TRB) que é utilizada na área de rodoviárias. Segundo Pastore & Fonte (1998) a classificação Highway Research Board (HRB), hoje TRB, é a mais aplicada na área rodoviária, conhecida e adotada pela American Association of State Highway Transportation Officials (AAHSTO).

A classificação é baseada nos Índices granulométricos e de consistência dos solos, além de adotar o parâmetro IG. Estes Índices são considerados para definição do material a compor as camadas de pavimento, conforme figura 5.

Figura 5 – Índices Físicos.

LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR 6459/84 (DNER - ME 122-94)							
Cápsula (n°)	Cápsula e Solo Úmido	Cápsula e Solo Seco	Peso da Cápsula	Peso da Água	Peso do Solo Seco	Porcentagem de Água (%)	Número de Golpes
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	
1				0,00	0,00	#DIV/0!	
2				0,00	0,00	#DIV/0!	
3				0,00	0,00	#DIV/0!	
4				0,00	0,00	#DIV/0!	
5				0,00	0,00	#DIV/0!	
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR 7180/84 (DNER-ME 82-94)							
Cápsula (n°)	Cápsula e Solo Úmido	Cápsula e Solo Seco	Peso da Cápsula	Peso da Água	Peso do Solo Seco	Porcentagem de Água (%)	Limite de Plasticidade (%)
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	
6				0,00	0,00	#DIV/0!	REFAZER
7				0,00	0,00	#DIV/0!	
8				0,00	0,00	#DIV/0!	
9				0,00	0,00	#DIV/0!	
10				0,00	0,00	#DIV/0!	
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR 7181/84							
PREPARAÇÃO DO MATERIAL				PENEIRAMENTO			
UMIDADE		PENEIRA	PESO DA AMOSTRA		% PASSANTE		
Cápsula n°:	1		RETIDO	PASSANTE	PARCIAL	TOTAL	
Amostra + cápsula + água (g):	90,62	2"	0,00	470,5	100,0		
Amostra + cápsula (g):	86,23						
Peso da cápsula (g):	16,91	1"	0,00	470,5	100,0		
Teor de umidade (%)	6,34	3/4"	0,00	470,5	100,0		
PENEIRAMENTO GROSSO		3/8"	0,00	470,5	100,0		
Amostra total úmida (g)	500,00	4	0,00	470,5	100,0		
Solo seco ret # 10 (g)	5,80	10	5,80	464,7	98,8	98,8	
Solo úmido passante # 10 (g)	494,20	40	13,30	99,55	88,2	87,1	
Solo seco passante # 10 (g)	464,74	200	97,94	14,91	13,2	13,0	
Amostra total Se ca (g)	470,54	RESULTADOS					
PENEIRAMENTO FINO		LL (%)	LP (%)	IP	IG	HRB	
Amostra úmida (g)	120,00	NL	NP	0	0	A2-4	
Amostra seca (g)	112,85						

Fonte: Do autor, 2016.

5.4. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO SEM ADIÇÃO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ

Realizaram-se os ensaios de granulometria do material coletado depois de secado na estufa, pelo peneiramento simples e os ensaios dos índices físicos, cujos resultados e caracterização contam na tabela 3.

Tabela 3 – Propriedades físicas do solo natural.

LL(%)	NL
LP(%)	NP
IP(%)	0
PASSANTE NA PENEIRA 200(%)	14,91
IG	0
TBR	A2-4

Fonte: Do autor, 2016.

Pela TRB, constatou-se que o solo é arenoso e pertence à classe A2-4, que tem como materiais finos siltosos de baixa compressibilidade, NL, NP e com IP e IG=0.

5.5. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Para determinação da umidade ótima de compactação, realizou os respectivos ensaios de compactação os ensaios de compactação. Foram realizados ensaios no solo natural, sem adição das cinzas; das cinzas sem adição solo e do solo com as misturas adição das cinzas em estado natural sem adição das cinzas, com as cinzas sem adição do solo, com as misturas de 5% e 10% de cada cinzas nas porcentagem de solo + 5% cinza branca + 10% cinza preta, solo + 10% cinza branca + 5% cinza preta, solo + 10% cinza branca + 10% cinza preta. Essas misturas foram submetidas aos ensaios de compactação nas energias PN e PI, conforme NBR 7182/86. As misturas foram compactadas (na energia de Proctor Normal e Proctor Intermediarias) no molde cilíndrico de peso e volume conhecidos, conforme figura (6.a). Após a compactação fez-se a regularização do corpo de prova, retirando o material excedente para em seguida efetuar a pesagem do mesmo, conforme figura (6.b).

Figura 6: 6. a) Compactação dos corpos de prova. 6. b) Regularização do corpo de prova.



(6. a)



(6. b)

Fonte: Do autor, 2016.

5.6. EXPANSÃO

Para determinação da expansão, pela NBR 9895/87 do material, a mesma foi obtida pelo ensaio do CBR, quando o corpo de prova fica submerso pelo período de 96 hs, durante este período são feitas as leituras de expansão sofrida pelo extensômetro e corrigidas, Figura 7.

Figura 7 – Imersão.



Fonte: Do autor, 2016.

5.7. ENSAIOS DO CALIFÓRNIA BEARING RATIO (CBR)

Moldou-se um corpo de prova do solo natural, na Energia do Proctor Normal (PN) e outro na Energia Proctor Intermediária (PI), na umidade ótima ($w_{ót}$) obtida no ensaio de compactação de acordo com a NBR9895/87, conforme figura 8.

Figura 8 – Ensaio de CBR.

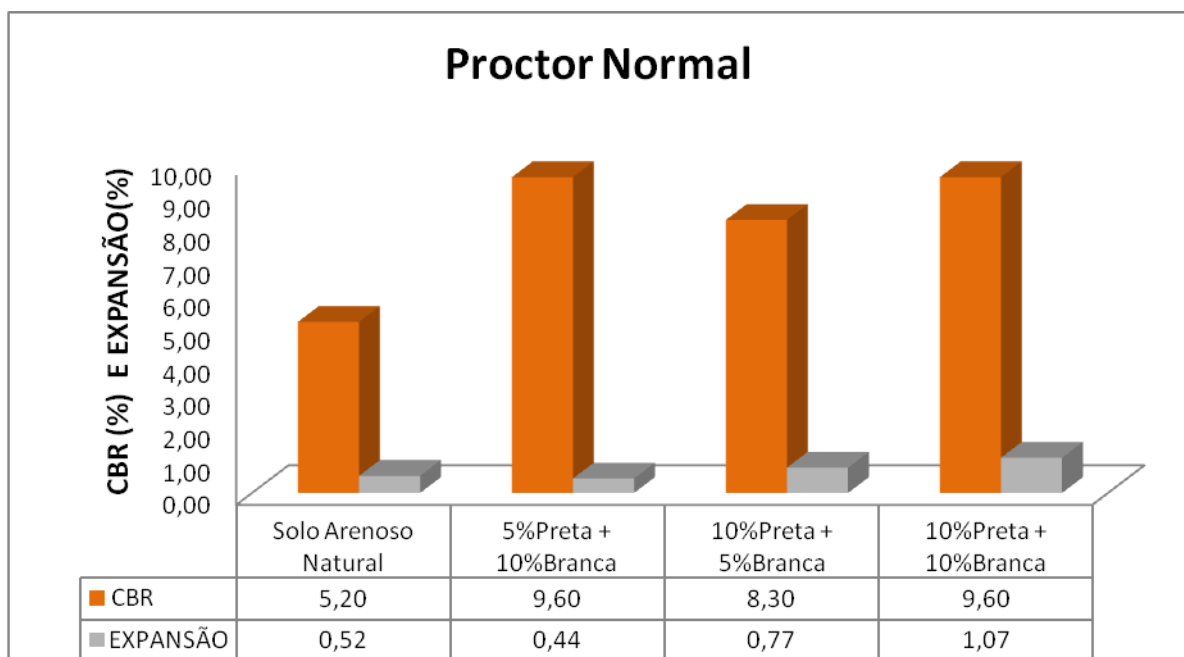


Fonte: Do autor, 2016.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O solo natural classificado pela TBR como A2-4, e o mesmo nas misturas conforme na figura abaixo, quando submetido à energia de compactação Proctor Normal resultou no seguinte dados conforme figura 9.

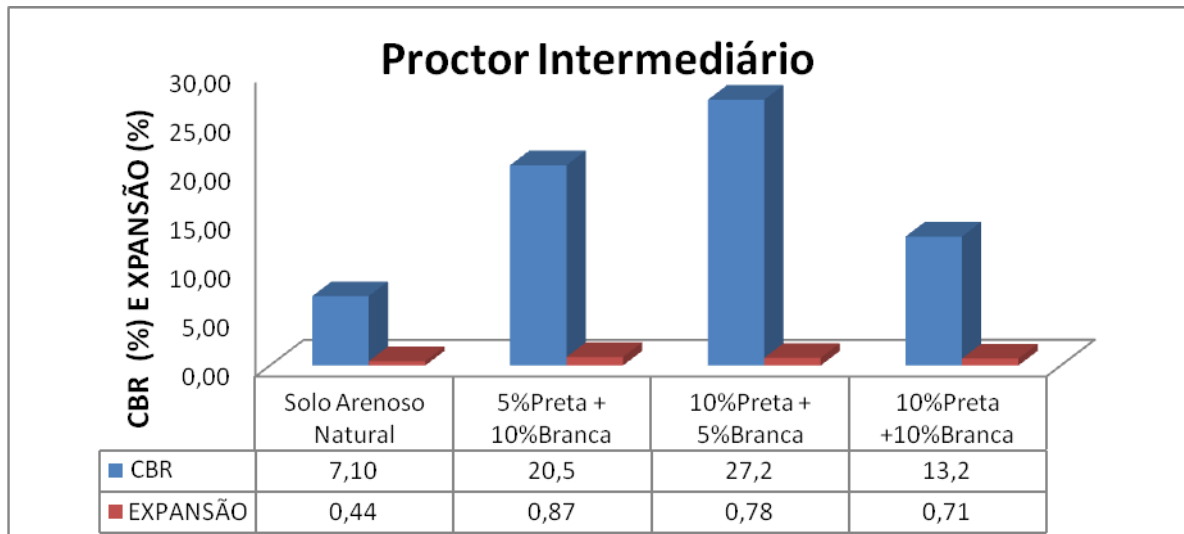
Figura 9– Proctor Normal.



Fonte: Do autor, 2016.

Observa-se pelo gráfico que houve um aumento significativo na resistência a penetração, ou seja, o CBR, em 54,2%. Nessas condições de acordo com as misturas o solo pode ser utilizado como uma camada de reforço do subleito de um pavimento. O mesmo solo utilizado, ao ser submetido na energia de compactação do PI teve um aumento significativo na proporção de 5% Preta + 10% Branca, havendo um acréscimo do CBR de 213,54%; e nas proporções 10% Preta + 5% Branca, houve um aumento de 327,71%. Porém, quando adiciona-se as cinzas nas mesmas proporções de 10% cada teve um decréscimo de 37,5% em relação ao solo natural, conforme figura 10.

Figura 10 – Proctor Intermediário.

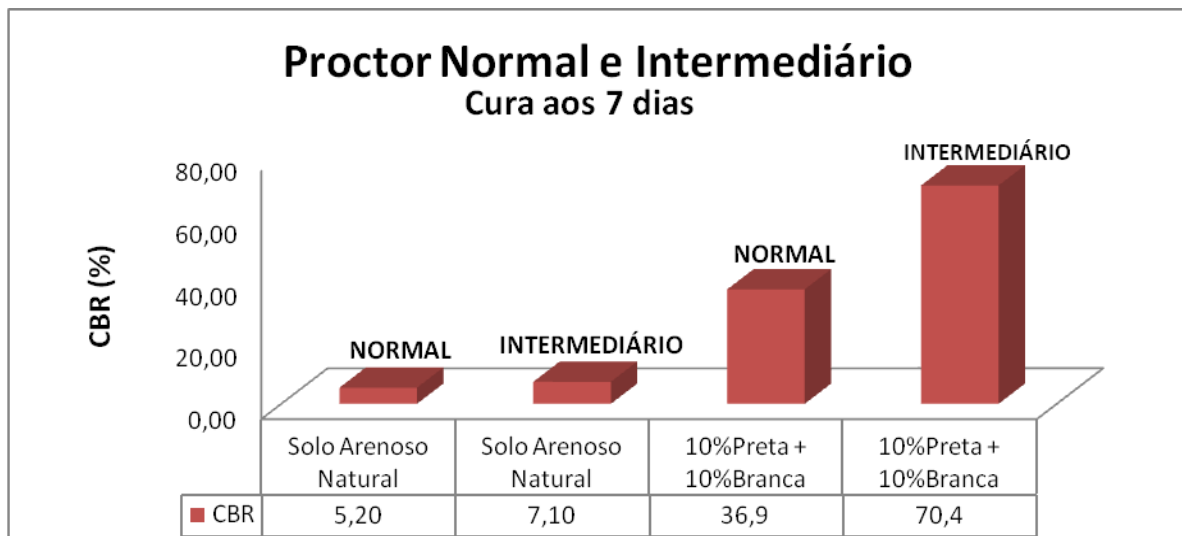


Fonte: Do autor, 2016.

Logo, a melhor proporção das misturas de CCAS, foram a de 5% preta e 10% branca, gerando um aumento do CBR de 20,5% e de 27,2% respectivamente, comparando-os ao do solo natural. Dessa fórmula, nestas misturas, o solo pode ser utilizado com sub-base numa estrutura de pavimento rodoviário.

Fugindo ao que preconizam as normas, moldaram-se dois corpos de prova nas proporções constantes no gráfico, para verificação do que ocorreria quanto a capacidade de suporte das misturas, quando os mesmos permaneciam expostos ao tempo pelo período de 7 dias, conforme Figura 11.

Figura 11 – Proctor Normal e Intermediário.

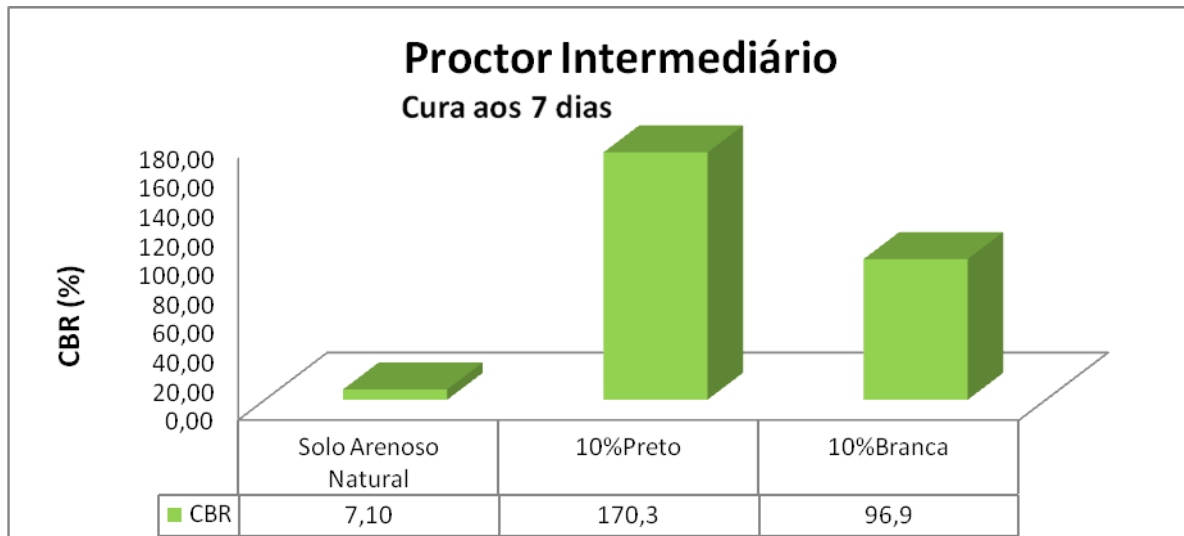


Fonte: Do autor, 2016.

Observa-se que o procedimento adotado fez com que o solo gerasse um aumento significativo a resistência à compressão simples, quando comparados aos mesmos ensaios, na condição de imersão pelo período de 96hs, conforme figura 8 e 9. Esses aumentos foram de 384,44% e 533,33%, respectivamente. Comparando as misturas após 7 dias de cura com o solo natural nas mesmas energias de compactação, houve um aumento de 692,3% e de 991,54% respectivamente quanto a sua resistência a compressão. Pode-se afirmar que esse solo quando misturado nas proporções acima citadas, poderá ser utilizado como sub-base, quando compactado no PN e como base quando utiliza-se a energia do PI.

Moldaram-se um corpo de prova nas proporções de CCA, um com 10% preto, um com 10% branca, como um só com o solo natural. Esses corpos de prova ficaram expostos ao tempo pelo período de 7 dias, sujeitos às intempéries ocorridas nesse espaço de tempo. Buscou-se com isso realizar um ensaio de que refletisse o que ocorre, quando se executa as mesmas misturas em uma via ou rodovia em campo. Os resultados obtidos constam na figura 12.

Figura 12 – Proctor Intermediário.



Fonte: Do autor, 2016.

Analisando os resultados da figura 12, observa que por esse procedimento, não previsto em normas houve um incremento na resistência a compressão simples, em relação ao solo natural de 2398,6% e de 1364,8% respectivamente. Os solos nas misturas da figura 12 poderão ser utilizados, em função de seu alto CBR como uma camada de base de um pavimento rodoviário.

7. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada teve como o objetivo analisar os resultados de um solo arenoso A2-4, localizado no município Turvo-SC, estabilizado-o com as cinzas da casca de arroz. Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- O solo arenoso A2-4 apresentou um CBR de 5,20% na energia do Proctor Normal e 7,10% no Proctor Intermediária, em imersão de 96hs, sem adição dos CCAS.
- Que a utilização CCA na mistura do solo se mostrou viável, tendo em vista que aumentou de forma significativa a resistência à compressão simples, ou seja, o seu CBR, em todos os percentuais utilizados.
- Que analisando as diversas misturas ensaiadas, de acordo com as normas e especificações, a que apresentou o melhor resultado, foi a de 10% CCA preta e 5% CCA branca, obtendo se 27,2% de CBR nas condições de imersão.
- Que de acordo com o resultado do CBR obtido pela mistura do item anterior, esse solo pode ser utilizado como camada de sub-base de um pavimento.
- Que as misturas do solo com o CCA na proporção 10% preta e 10% branca compactado no PN e no PI resultou nos valores de 36,9% e 70,4% , havendo um aumento de 204,63% e de 499,84%, respectivamente, quando permaneceram por 7 dias expostos ao tempo.
- Que ao misturar-se o solo com 10% CCA preto e 10% CCA branco, e deixando-os curando pelo um período de 7 dias nas condições do meio ambiente, sujeitos as intempéries, quanto as chuvas, sol, vento, sereno, etc..., os mesmos apresentaram um resultado de 170,3% e de 96,4%, respectivamente, quando submetidos ao ensaio de compressão simples.
- Que os ensaios descritos nos dois últimos itens foram realizados não obedecendo-se as especificações, buscando-se resultados que refletissem o que ocorre em campo quando se executa a mistura de solo com aditivos.

- Que os resultados obtidos após 7 dias de curas sem imersão dos corpos de provas, podemos afirmar que a CCA preta como a branca resultaram em valores superiores ao exigidos para seu uso como material de camada de base.

De acordo com os resultados obtidos e colocados nas condições, observa-se que a CCA preta foi a mais significativa. Como esta também, é produzida em maior quantidade, e para não deportá-la como rejeito no meio ambiente, a mesma poderia ser utilizado nas pavimentações urbanas, como camada de pavimento, a custos inferiores ás tradicional.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7181:1984 Versão corrigida 1988: Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6459:1984 Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7180:1984 Versão corrigida 1988: Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7182:1986 Solo-Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

Bulletin of Volcanology, Berlim , v. 55 , p. 119-139, 1968.

IBGE, **Produção Agrícola** [2016]. Disponível em [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201603comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201603comentarios.pdf). Acesso em: Abril 2016.

LACERDA, Diego Meira de. **Análise mecânica pelo método marshall em misturas asfálticas com agregados reciclados**. 2011. Dissertação de mestrado (Universidade Federal da Paraíba).

DNIT, **Manual de Pavimentação**: IPR -719 3. Ed.. Rio de Janeiro, 2006. 274p.

MEDEIROS, E. N. M. **Uso da técnica de planejamento experimental para otimização de massa cerâmica com a incorporação de resíduos de cinza de casca de arroz, cinza de lenha e lodo de ETA**. 2010. Dissertação - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia (Universidade de Brasília).

PASTORE E.L., FONTES R.M. (1998) Caracterização e classificação de solos.

TRINDADE, T.P.; et. Al. **Compactação de solos: Fundamentos teóricos e práticos**. Viçosa: Editora UFV, 2008. 95 p.

VIEL, Walmor Barbosa. **Uso de cinza de casca de arroz e de eucalipto na composição de um vidrado Cru**, 2012. 18f. Trabalho de Conclusão de Estágio (Curso de Tecnologia em Cerâmica e Vidro) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.