

**Análise da utilização de Resíduo de Construção Civil com mistura solo,
para reforço de base, sub-base e subleito em Rodovia Vicinal**

*Analysis of the use of Civil Construction Waste with soil mixture, for
reinforcement of base, sub-base and subleito in Vicinal Highway*

Thiago Tabora da Chaga, Engenharia Civil, - UNIJUI - Santa Rosa - RS

thiagodachaga@gmail.com

Douglas Alan da Rocha Barbosa, Engenharia Civil, - UNIJUI - Santa Rosa - RS

dodalan@hotmail.com

Lucas Carvalho Vier, Engenharia Civil, - UNIJUI - Santa Rosa - RS

lucascarvalho051@gmail.com

Fábio Augusto Henkes Huppés, Engenharia Civil, - UNIJUI - Santa Rosa - RS

fabio_huppés@hotmail.com

Ederson Rafael Rogoski, Engenharia Civil, - UNIJUI - Santa Rosa - RS

eder.rogoski95@hotmail.com

Leonardo Giardel Pазze, Engenharia Civil, - UNIJUI - Santa Rosa - RS

leopazze@hotmail.com

André Luiz Bock, Engenharia Civil, - UNIJUI - Santa Rosa - RS

andrebock.eng@gmail.com

Resumo

A implantação de recursos para rodovias pode acarretar em uma obra econômica, ambientalmente e tecnicamente viável. Para reduzir esses recursos em obras de pavimentação, surge à necessidade do melhoramento das características dos materiais disponíveis e da adaptação dos mesmos com tecnologias sustentáveis. Os Resíduos da Construção Civil são materiais que possuem alto potencial de utilização, e em maior escala na pavimentação. Dessa forma foi realizado um estudo através de ensaios em laboratório com comparativo técnico e o melhoramento do solo, amostra que foi retirada da Estrada Estadual do Rio Grande do Sul-162 - existente, juntamente com esse resíduo, para isso, é utilizado o ensaio de compactação que determina a resistência do solo melhorado com Solo-brita e com adição de Resíduo de Construção Civil, visto que ao utilizar este material, os estudos tiveram características satisfatórias com a possibilidade de redução na quantidade de recursos naturais utilizados e consequentemente nos impactos ambientais.

Palavras-chave: Melhoramento do solo; tecnologias sustentáveis; resíduo da Construção Civil.

Abstract

The deployment of resources for highways can lead to an economically, environmentally and technically feasible work. To reduce these resources in paving works, there is a need to improve the characteristics of the available materials and to adapt them to sustainable technologies. Civil Construction Waste is materials that have a high potential for use, and in a larger scale in paving. Thus, a study was carried out through laboratory tests with technical comparative and the improvement of the soil, sample that was taken from the existing State Road of Rio Grande do Sul-162, along with this residue. compaction that determines the soil resistance improved with Soilstone and with the addition of Civil Construction Residue, since in using this material, the studies had satisfactory characteristics with the possibility of reduction in the amount of natural resources used and consequently in the environmental impacts.

Keywords: Soil improvement; sustainable technologies; Construction Waste.

1. Introdução

O crescente ritmo de obras de pequeno, médio e grande porte, reflete na demanda de grande quantidade de recursos, e a obtenção dos mesmos, em muitos casos é realizada de forma demasiada, sem os mínimos conceitos de sustentabilidade. A demanda por rodovias e estradas também segue em um crescimento considerável, consumindo certo volume de recursos. Boa parte dos materiais empregados na construção civil, depois de reciclados, pode ser empregada novamente, inclusive nas estradas não pavimentadas. Da mesma forma que o ser humano gera impactos ambientais tirando proveito dos recursos naturais, ele acaba prejudicando o meio ambiente, depositando resíduos provindos de diversas atividades.

As estradas não pavimentadas representam uma grande importância para a ligação entre as áreas rurais e as pequenas cidades, permitindo o escoamento da produção agrícola e de produtos industrializados, além de acesso a serviços e turismo. Assim, contribuem de forma impactante para o desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida das comunidades beneficiadas por sua existência. Muitas vezes, as estradas estão situadas em locais onde o solo possui baixa capacidade de suporte, o que pode ocasionar deformações superficiais excessivas na camada de aterro e subleito, o que aumenta o período de manutenção. Com isso, cresce a necessidade de empregar novos materiais e técnicas que contribuam para melhorar as condições estruturais das estradas.

Uma estrada não-pavimentada em boas condições deve ter uma faixa de rolamento adequada e suficiente para suportar o tráfego adequado com segurança. É de se esperar também que suporte as cargas das rodas sem que ocorram deformações excessivas antes do final de sua vida útil. Vale salientar que a capacidade de suporte depende das características dos materiais, da superfície e da resistência do solo, sob diferentes condições de teor de umidade (ODA, 1995).

A demanda por técnicas mais sustentáveis e com custos mais acessíveis permeia o âmbito das pavimentações, em estradas não-pavimentadas, esta demanda tem uma maior ocorrência. Neste contexto, como alternativa para melhoramento da capacidade de carga da rodovia não pavimentada do trecho da ERS (Estrada Estadual do Rio Grande do Sul) – 162, que liga os municípios de Santa Rosa entre Guarani das Missões, em que através de amostragem do solo no local será feito ensaios de capacidade de carga e a caracterização dos materiais, aplicando o Resíduo de Construção Civil. A utilização de estabilização granulométrica pode ser utilizada como reforço de bases, sub-bases e subleito, uma vez que contribui para o aumento de capacidade de suporte da estrada. O Resíduo de Construção Civil neste contexto, visa uma diminuição do agregado natural e conseqüentemente a diminuição dos custos, visando sustentabilidade em rodovias não pavimentadas.

1. Métodos e Materiais

A construção de pavimento exige não só conhecimento dos materiais empregados nas camadas constituintes do mesmo, mas estudo do solo do local onde a obra será implantada, pois mesmo não sendo utilizado na construção do pavimento, o solo terá grande influência em obras de drenagem, acostamentos, corte e aterro, que de forma inquestionável, sempre será a base dos pavimentos (SENÇO, 2001).

De acordo com Gil (2008), o método científico é um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos utilizados para se obter a veracidade dos fatos. O que diferencia o método científico dos demais, é que possui como principal característica a sua verificabilidade. Para que seja considerado conhecimento científico, é necessária a identificação dos passos que levam para a sua verificação, ou seja, determinar o método que possibilitou chegar ao conhecimento.

O método empregado será de pesquisa bibliográfica e ensaios laboratoriais com análise do solo retirado da rodovia não-pavimentada, das misturas Solo-Brita e Solo com adição de agregado de Resíduo de Construção Civil.

1. Pavimento

BERNUCI et al (2008) definem pavimento como uma estrutura de várias camadas, construída sobre a camada final de terraplenagem que é a regularização de solo, e destinado a resistir aos esforços oriundos do tráfego dos mais variados veículos e a melhorar as condições de rolamento de seus usuários, propiciando ganhos técnicos e econômicos, como mostra a figura 1.

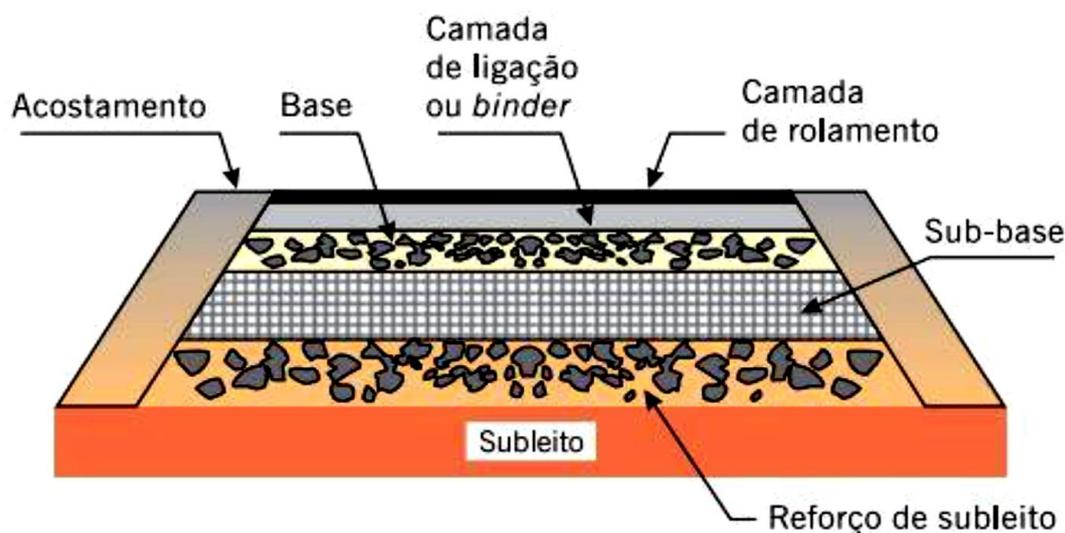


Figura 1: Estrutura do pavimento. Fonte: BERNUCCI,2008.

O Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes – DNIT (2006), define o pavimento como sendo constituído pela união de diversas camadas com resistência e deformabilidade distintas, e que trabalham em conjunto para resistir aos esforços impostos pelo tráfego (DNIT, 2006).

Segundo Balbo (2007), é possível dividir o pavimento nas seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito.

O revestimento, também chamado de camada de rolamento é destinado a receber ações diretas do tráfego, cargas estáticas ou dinâmicas sem sofrer grandes deformações que por consequência comprometam seu desempenho (BALBO, 2007).

A base é a camada do pavimento destinada a resistir aos esforços verticais gerados pelos veículos sobre a camada de revestimento, transmitindo às camadas inferiores do pavimento, de forma uniforme visando à durabilidade do conjunto (SENÇO, 2001).

Segundo Senço (1997), sub-base é a camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Entretanto, para Balbo (2007), é a camada que recebe cargas da base, pode ser executada utilizando materiais e métodos de construção semelhantes ao da base, sendo que sua denominação é muitas vezes confundida por profissionais da área, tornando-se uma segunda camada de base; é diferenciada pela posição na construção do pavimento, e por sua resistência, que pode ser inferior à da base.

O reforço de subleito pode ser definido como uma camada de solo utilizada para fornecer melhores condições de resistência que o material disponível no local, camada que não necessariamente precisa ser executada, pois as cargas impostas pelo tráfego podem ser distribuídas sobre as camadas superiores (BALBO, 2007). Porém o reforço de subleito vem sendo muito utilizado pelo ganho econômico de proporciona na construção de pavimentos (BALBO, 2007).

O subleito pode ser definido como terreno de fundação do pavimento é considerado como a camada superior do terreno, pois, à medida que se aprofunda em direção ao maciço, as tensões exercidas sobre o terreno tornam-se praticamente nulas, pode ter superfície irregular

em casos de estrada de terra existente, ou características geométricas definitivas, no caso de terraplenagem recente (SENÇO, 2001).

2. Materiais

A construção de pavimento exige não só conhecimento dos materiais empregados nas camadas constituintes do mesmo, mas estudo do solo do local onde a obra será implantada, pois mesmo não sendo utilizado na construção do pavimento, o solo terá grande influência em obras de drenagem, acostamentos, corte e aterro, que de forma inquestionável, sempre será a base dos pavimentos (SENÇO, 2001).

2.1 Solos

Estudos sobre as características e propriedades dos solos iniciaram-se a partir da necessidade da utilização em grandes movimentações de terra para obras de grande porte, como por exemplo, construções de barragens, edifícios, pavimentação, entre outros (SENÇO, 1997).

Aplicando um conceito que atenderia de forma mais completa a possível características de um solo, diz-se que: "Solo é uma formação natural, de estrutura solta e removível e de espessura variável, resultante da transformação de uma rocha-mãe, pela influência de diversos processos físicos, físico-químicos e biológicos." (SENÇO, 1997 p. 42).

2.2 Resíduos de Construção civil (RCC) ou Demolição (RCD)

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), 5 de julho de 2002, resolução 307, diz que: "Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha".

Diversas pesquisas sobre RCD-R estão sendo realizadas por diversas universidades, a maior parte com o uso da deste na confecção de concreto para uso em pavimentação. Mais recentemente está sendo pesquisado este material para aterros e drenagem e também coberturas e reforços.

Nesse contexto, na cidade de Santa Rosa possui uma Central de Triagem e Reciclagem de Resíduos de Construção Civil, na qual proporciona fazer a utilização deste material com maior facilidade de acesso.

O resíduo da Construção Civil utilizado para a pesquisa é proveniente de uma Central de Triagem e Reciclagem de Resíduos de Construção Civil, instalada em uma área de 37.870 m², na ERS 344, km 36,5, na cidade de Santa Rosa - RS. A mesma, tem capacidade de processar 70 m³ por dia de resíduos. Esta capacidade instalada atende Santa Rosa e algumas cidades da região Noroeste. Esses resíduos são separados de acordo com a classificação dos Resíduos de Construção Civil da Resolução CONAMA 307. O mesmo, britado, passa por uma peneira, separando suas granulometrias em 4 etapas: Rachão (material acima de 48

mm); Bica corrida 1 (material entre 9,30 e 48 mm); Pedrisco (material entre 4,60 e 9,30 mm); Pó de pedra ou Areião (material com até 4,60 mm), conforme figura 2.

Para um melhor entendimento neste trabalho somente será analisado o material Pedrisco.



-Rachão (material acima de 48 mm)



-Bica corrida 1 (material entre 9,30 e 48 mm)



-Pedrisco (material entre 4,60 e 9,30 mm)



-Pó de pedra ou Areião(material com até 4,60

Figura 2: Tipos de Britagem. Fonte: Resicon (Central de Triagem de Resíduos da construção Civil do Noroeste do RS.

2.2.1 Agregado reciclado (RCD-R)

Segundo o CONAMA (2002) agregado reciclado é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

Diversas pesquisas sobre RCD-R estão sendo realizadas por diversas universidades, a maior parte com o uso deste na confecção de concreto para uso em pavimentação. Mais recentemente está sendo pesquisado este material para aterros e drenagem e também coberturas e reforços.

Nesse contexto, temos em nossa região uma Central de Triagem e Reciclagem de Resíduos de Construção Civil, o que proporciona fazer a utilização deste material com maior facilidade de acesso.

2.3 Solo Rodovia ERS - 162

O estudo do solo, foi realizado na ERS – 162, trecho ligando Santa Rosa a Guarani das Missões – RS, com uma extensão total de aproximadamente de 35,13 Km. Para a realização da caracterização laboratorial do solo foram realizadas coletas de amostras em diferentes pontos deste trecho, no eixo, na borda direita e na borda esquerda (CARAZZO 2017).

Segundo DANIGNO et all. 2017, na metodologia proposta pelo sistema rodoviário de classificação de solos, ou metodologia da AASHTO, o solo foi classificado no grupo A-7-5, sendo que os solos enquadrados nesse grupo são considerados ruins para o uso rodoviário, contudo tal classificação não foi desenvolvida para solos tropicais e, portanto, podem não representar fielmente as características dos solos locais.

A fim de conhecer as características do solo que estava compactado no local da extração das amostras, foi realizado o ensaio de compactação com o intuito de identificar o seu comportamento atual. O solo da pista continha bastante. Na figura Figura 3 resume os dados do ensaio de compactação do solo + pó de pedra retirado do subleito da pista de rolamento, com aproximadamente 1 metro de profundidade. Onde este apresentou uma umidade ótima de compactação de 20,7% e densidade máxima aparente seca de 1645,147 Kg/m³.

2.4 Ensaio de compactação (DNER-ME 162/94)

Compactação é o procedimento pelo qual se obtém como resultado o aumento da massa específica aparente de materiais e misturas de materiais, pela aplicação de pressão, impacto ou vibração, o que faz com que as partículas dos materiais se agrupem e expulsem todo o ar entre elas. Com a diminuição dos vazios de ar, é possível também determinar o teor de umidade ótima dos materiais, reduzindo a tendência de variação de umidade durante sua vida útil. Por meio deste ensaio é possível obter a correlação entre o teor de umidade e o peso específico aparente seco de um solo quando compactado com determinada energia. O ensaio é o de Proctor, e foi aplicado com energia Intermediária, que é realizado através de sucessivos impactos de um soquete padronizando a amostra.

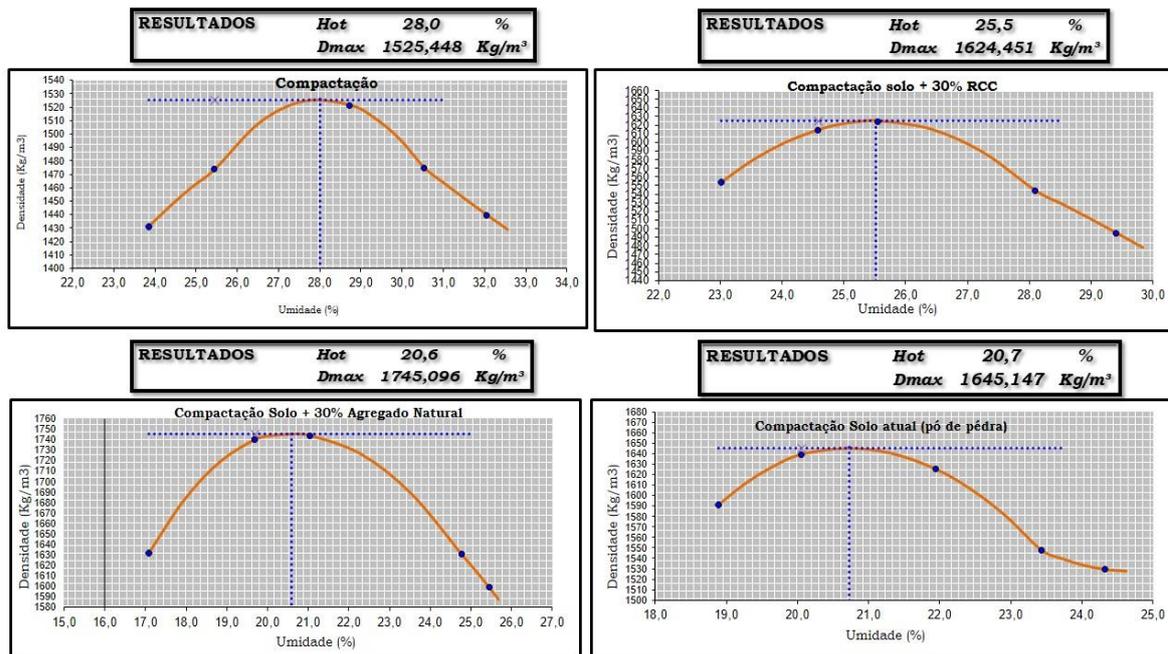
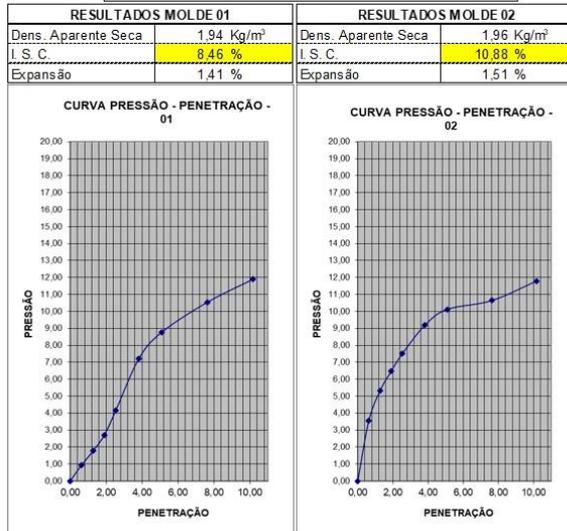


Figura 3: Ensaios de Compactação. Fonte: elaborado pelos autores.

2.5 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia / Califórnia Bearing Ratio (ISC/CBR)

O índice de suporte Califórnia (ISC ou CBR - Califórnia Bearing Ratio) é a relação em percentual, entre a pressão exercida por um pistão de diâmetro padronizado necessário a penetração no solo até que determinado ponto (0,1” e 0,2”) e a pressão necessária para que esse pistão penetre a mesma quantidade de solo-padrão de mistura. Através do ensaio CBR é possível conhecer qual será a expansão do solo sob um pavimento quando este estiver saturado, fornecendo informações de perda de resistência do solo com a saturação. Apesar de ter caráter empírico, o ensaio CBR é mundialmente difundido e serve como base para dimensionamento de pavimentos flexíveis. Os valores mínimos esperados para a utilização do solo como subleito é de ISC >2%, para sub-base ISC >20% e para base ISC >60%, conforme figuras 4 e 5.

Valor médio ISC Solo Natural de 9,67%,



Valor médio ISC Solo +30% RCC de 18,44%,

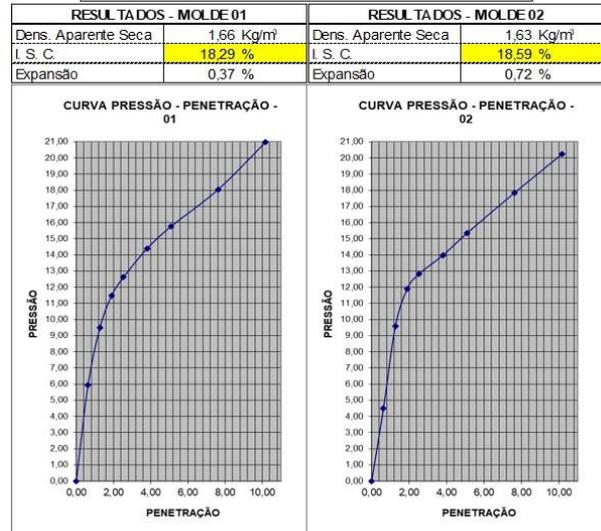
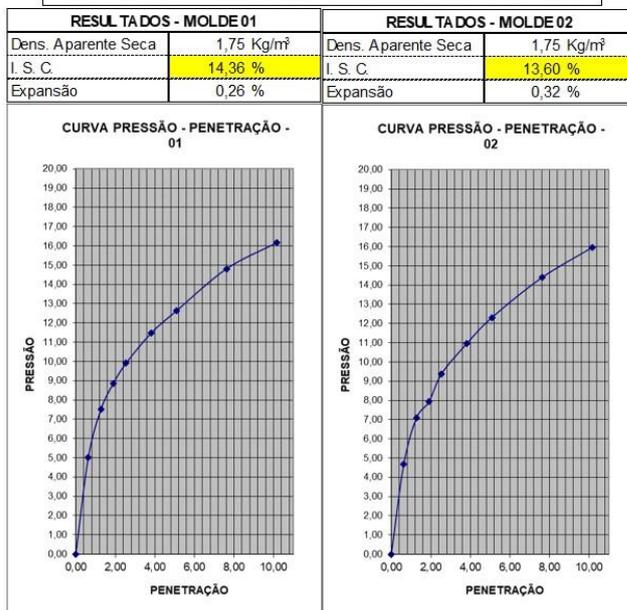


Figura 4: Ensaios de CBR/ISC. Fonte: elaborado pelos autores.

Valor médio ISC Solo + agregado Natural de 13,98%,



Valor médio ISC Solo Atual da via de 16,32%,

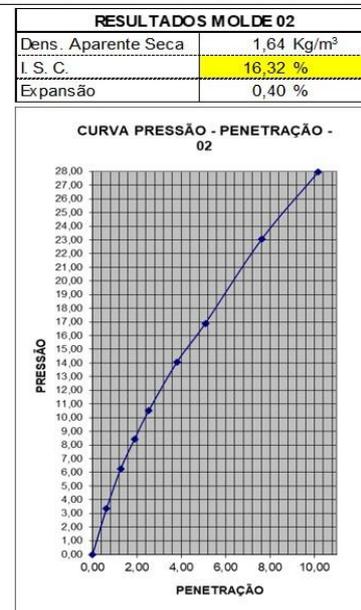


Figura 5: Ensaios de CBR/ISC. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Resultados

3.1 Comparações

O presente capítulo apresenta alguns gráficos e tabelas para uma melhor ilustração das características do solo e suas misturas.

Conforme a figura 6, demonstra um comparativo entre os diferentes tipos de análises do solo, onde podemos comparar o ISC/CBR de cada uma das amostras. Nota-se que a adição de material granular faz com que eleve o índice de suporte do pavimento, bem como sua densidade máxima aparente, e conseqüentemente a umidade ótima tende a baixar.

<i>Análise Comparatória</i>					
Soluções	$\gamma_{dm\acute{a}x}$ (Kg/m ³)	W ótima (%)	ISC / CBR (%)		Valor médio ISC/CBR
SOLO NATURAL	1525,448	28	8,46	10,88	9,67
SOLO ATUAL - PÓ DE PEDRA	1645,147	20,7	X	16,32	16,32
SOLO + 30% RCC	1624,451	25,5	18,29	18,59	18,44
SOLO + 30% AGREGADO NATURAL	1745,096	20,6	14,36	13,60	13,98

Figura 6: Comparativo entre o solo e as misturas. Fonte: elaborado pelos autores.

Para as adições de materiais granulares, temos dois resultados de ISC diferentes e um pouco distintos. Para o agregado de RCC, temos um aumento do ISC de cerca de 90%, enquanto que para o Agregado natural temos um aumento de cerca de 44,5% em relação ao solo natural. Quanto ao solo atual da pista (pó de pedra), somente a mistura com RCC se mostrou satisfatória, apresentando um aumento de cerca de 12% em relação ao solo atual da via.

4. Considerações Finais

O solo coletado e utilizado nas misturas foi caracterizado como uma argila e classificado como A-7-5 pela classificação TRB, apresentou um ISC médio de 9,67% e uma densidade máxima aparente de 1525,448 Kg/m³.

No estudo de viabilidade técnica as misturas de Solo com adição de 30% de pedrisco RCC e Solo com adição de 30% de pedrisco agregado natural, apresentaram melhoras consideráveis e satisfatórias, com os resultados de Índice de Suporte Califórnia médio de 18,44% e 13,98% respectivamente, podendo então, serem utilizados em obra para a rodovia em análise, como subleito. Para utilização de Sub-base os ISC devem apresentar teores acima de 20%.

Ao utilizar material provenientes de resíduos da construção civil, reduz-se a quantidade de material natural utilizado e conseqüentemente os impactos ambientais.

O que leva a ter uma redução no custo de uma possível estabilização com este tipo de material. Também podemos observar uma resistência por parte do material de Resíduo de Construção Civil quanto ao material agregado natural, tendo um ISC maior, de 18,44%, comprovando que há possibilidade de substituição em relação ao material agregado natural.

Ao final, é necessária uma análise maior quanto a utilização do Resíduo de Construção Civil, como o material apresentou características satisfatórias para a adição de 30%, é necessário fazer testes afim de mensurar novas adições, para um possível aumento do ISC. Saliento ainda, que uma análise quanto aos teores de absorção do Resíduo da Construção

Civil deve-se ser elaborada, afim de correlacionar esses dados com os teores de umidade e compactação de possíveis misturas.

Referências

_____. DNER – ME 162/1994: **Solos: ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas**. Rio de Janeiro, 1994.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: projeto, materiais e restauração**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.

BERNUCI, L.B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008. 338 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 307. Brasília, 2002.

DANIGNO, K. D.; PAZZE, L. G.; TRES, M. Implantação de trecho experimental em rodovia não pavimentada: ers-162 – caracterização do solo local. Publicação CRICTE, Unijui, Ijuí, RS, Brasil, 4p.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. ME 049/1994: **Solos: determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006). **Manual de Conservação Rodoviária**. Publicação IPR – 710, DNER, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 564 p.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Edição. São Paulo. 2008. Atlas S.A. 200 p.

KUYVEN, T.; CARAZZO, R. **Implantação de trecho experimental em rodovia não pavimentada para melhoria de desempenho e trafegabilidade - estudo de caso da ers-162**. Publicação CRICTE, Unijui, Ijuí, RS, Brasil, 4p.

ODA, S. (1995). **Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas Não-Pavimentadas**. Dissertação de Mestrado. Escola de São Carlos. São Carlos, SP. 176 p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação: volume 1**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1997. 746 p.