

Estudo Geotécnico sobre Uso do “Barrinho” como Material Alternativo na Construção de Vias de Acesso de um Empreendimento de Mineração no Litoral Sul do Rio Grande do Sul

Rhamira Duarte Gauterio Pascual

Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil, rhamirapascual@yahoo.com.br

Eduardo Gibbon Rosa

Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil, dudu.gibbon@gmail.com

Cezar Augusto Burkert Bastos

Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil, cezarbastos@furg.br

RESUMO: As atividades de mineração de areias litorâneas na busca de minerais pesados geram grandes extensões de vias de acesso de caráter provisório, com tráfego de veículos de alta capacidade de carga transportando material desde a frente de lavra até a unidade de separação mineral. Um projeto viário que preveja adequadas camadas de pavimento é de elevada importância para estes empreendimentos. O típico subleito arenoso necessita reforço no suporte e os materiais do revestimento primário a serem empregados deverão garantir, além da funcionalidade da via, a possibilidade de reuso à medida que a lavra avança. O presente trabalho apresenta um estudo de caracterização geotécnica e avaliação das propriedades de um solo areno-argiloso existente na região, também conhecido no meio rodoviário gaúcho como “barrinho”. São apresentados e discutidos os resultados obtidos na caracterização convencional e pela Metodologia MCT do barrinho. O solo areno-argiloso estudado tem seu emprego como revestimento primário das vias de acesso de restrito a inadequado. Entretanto, segundo os critérios aplicados, o uso do barrinho investigado compondo as camadas inferiores ao revestimento primário, como reforço do subleito ou mesmo aterro na construção das vias de acesso, é promissor, dada a boa compactabilidade e razoável capacidade de suporte. Com base nesta premissa, é proposto um pavimento com revestimento primário, composto pelo barrinho e saibro, levando em consideração as características peculiares do empreendimento, dos veículos a serem utilizados e da região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização Geotécnica, Barrinho, Vias Não Pavimentadas, Metodologia MCT, Mineração de Areias, Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

1 INTRODUÇÃO

Na costa litorânea do estado do Rio Grande do Sul, ocorrências de minerais pesados, como ilmenita, rutilo e a zirconita, são conhecidas de pesquisadores desde a década de 70 (Tomazelli e Villwock, 2005). A empresa Rio Grande Mineração S.A. (RGM) é detentora dos direitos minerários em áreas que se distribuem ao longo de 80 km na faixa de terra entre o Oceano Atlântico e a Laguna dos Patos, constituindo o

chamado Complexo Minerário Atlântico Sul, no município de São José do Norte. Atualmente, o empreendimento em estágio avançado de licenciamento é o chamado Projeto Retiro. O projeto ocupa uma área com cerca de 4.900 ha, que se estende por uma faixa de 1,5 km de largura e extensão de 30 km, em meio à zona rural de São José do Norte, conforme Figura 1.



Figura 1. Localização do empreendimento mineral - Projeto Retiro (CPEA, 2014).

No processo de extração mineral previsto tem-se a abertura de cavas preenchidas com água do lençol freático, onde operam dragas que retiram areia. Os minérios (Concentrado de Minerais Pesados - CMP) são separados da fração leve por meio do processo de separação gravimétrica, conduzido em uma Planta de Concentração Primária (PCP) instalada junto à lavra itinerante, e, posteriormente, em uma Unidade de Beneficiamento (UB), onde se destaca a Planta de Separação Mineral (PSM).

O deslocamento entre as frentes de lavra e a UB se dará por uma grande extensão de vias vicinais sujeitas ao tráfego de caminhões pesados, carregados de areia e minérios. Os terrenos da região são predominantemente arenosos fofos ou alagados, não apresentando características favoráveis. Logo, existe a necessidade de melhorar o desempenho estrutural e funcional destas vias com vistas a suportar o tráfego do empreendimento, tanto na fase de implantação como de operação.

O presente trabalho apresenta um estudo de caracterização geotécnica e avaliação das propriedades de um solo areno-argiloso existente na região, também conhecido no meio rodoviário gaúcho como “barrinho”, para a finalidade em questão. Complementando o trabalho, a aplicação do barrinho em proposta de pavimento com revestimento primário é apresentada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Solo Investigado

O estudo teve início pela pesquisa da jazida. O emprego pretérito do barrinho na pavimentação da BR-101, no litoral sul do RS, fez com que proprietários rurais tivessem memória de ocorrências, prestando auxílio na identificação de antigas jazidas. Passos et al. (1993) ao relatarem a supracitada experiência do Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem do RS (DAER) no chamado Projeto Barrinho, caracterizam o solo como pertencente ao horizonte B de plintossolos formados sobre sedimentos costeiros pleistocênicos. O caráter plíntico, identificado por manchas ferruginosas no solo, é formado por ciclos de umedecimento e secagem do solo na zona de variação sazonal do lençol freático.

Uma área de empréstimo situada na localidade chamada Estreito, às margens da BR-101, foi escolhida pela RGM para este estudo de caso. O material prospectado na jazida mostrou aspectos visuais característicos do barrinho: solo arenoso amarelado, com mosqueados alaranjados e avermelhados, encontrado logo abaixo de uma fina camada de areia de mobilização eólica (Figura 2).



Figura 2. Perfil de barrinho amostrado.

2.2. Procedimentos Experimentais

Uma amostra representativa da jazida foi submetida à análise granulométrica, à determinação de limites de Atterberg, aos ensaios de compactação e CBR com medida de expansividade nas energias do Proctor Normal, Intermediário e Modificado, aos ensaios mini-MCV e de perda por imersão da Metodologia MCT e ao ensaio expedito para obtenção da classificação MCT (Método das Pastilhas).

O fato de o solo ter grãos integralmente passantes na peneira #10 e de sofrer pedogênese típica de ambiente subtropical, com a notada presença de óxidos de Fe e Al, aliada a experiência anterior bem sucedida do DAER, justificou o emprego da Metodologia MCT neste estudo. Também explica o emprego da metodologia, a aplicação nos critérios de previsão de desempenho em vias não pavimentadas estabelecidos por D'Ávila et al. (1999) e D'Ávila et al. (2008) e no critério de seleção de veículos pesados sobre pneus, apresentado por Sant'Anna et al. (2000).

2.3 Projeto de Revestimento Primário

A literatura rodoviária existente no país é bastante carente de elementos que permitam aos técnicos especificar as espessuras necessárias de revestimento primário de forma a atender determinada demanda, levando em consideração, por exemplo, parâmetros que possam proporcionar maior confiabilidade ao lidarem com estradas apresentando as mais variadas características (Baesso e Gonçalves, 2003).

Neste trabalho recorreu-se ao tradicional método para dimensionamento de vias pavimentadas no Brasil, o Método do DNER, fazendo também referência ao método apresentado no manual pertencente à Federal Highway Administration (FHWA), lançado em 2000, que diz respeito sobre a manutenção e projeto de estradas rurais não pavimentadas, intitulado “*Gravel Road Thickness Design Methods*”, citado em Guedes et al. (2014).

2.3.1 Método do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER)

Método empírico que leva em consideração a capacidade de suporte do subleito, as solicitações impostas pelo tráfego, além do coeficiente de equivalência estrutural dos materiais empregados (Senço, 2007).

Segundo recente trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Geotecnia e Concreto da FURG, onde foi realizada a tabulação dos dados provenientes dos ensaios de caracterização e de capacidade de suporte de solos empregados em obras de terra na região (Bastos e Maria, 2016), para areia local melhorada com rolo pode-se adotar um índice de suporte California (ISC ou CBR) de 15% (na energia de Proctor Normal), conforme ilustra Figura 3.

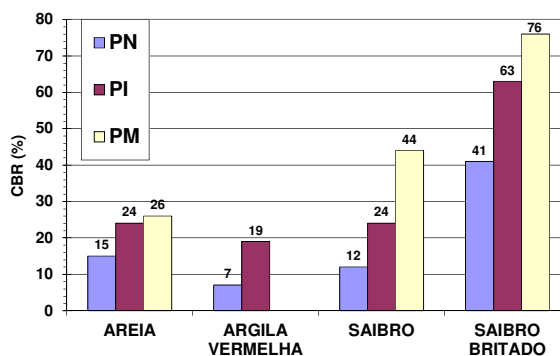


Figura 3. Valores de ISC de materiais de empréstimo na Planície Costeira Sul do RS (Bastos e Maria, 2016).

O pavimento é dimensionado em função do número equivalente de operações do eixo padrão, conhecido como número N, durante o período do projeto escolhido (Equação 1).

$$N = 365 \times V_m \times P \times (FC) \times (FE) \times (FR) \quad (1)$$

onde: V_m - volume diário médio de tráfego; P - período de projeto ou vida útil; FC - fator de carga; FE - fator de eixo; $FC \times FE$ - fator de veículo; FR - fator climático regional.

Conforme apresentado em CPEA (2014), os requisitos diários totais, considerando o transporte do CMP, gerado na frente de lavra, para a PSM são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa de caminhões transitando pelas vias de acesso (CPEA, 2014).

	CPM até PSM
Requisitos de transporte diário (ton)	1650
Cargas de caminhão por dia (caminhões de 30 ton)	55

Optou-se em adotar um veículo padrão, conforme o DENATRAN, que atendesse a legislação brasileira quanto à distribuição de cargas e, também, pudesse carregar as 30 ton de material previstas para transporte. Conforme Portaria 63/2009 do DENATRAN a composição para o transporte da carga neste caso será a denominada I-12, a qual apresenta um eixo simples com roda simples (6 ton), um eixo duplo com roda dupla (10 ton) e um eixo tandem com roda tripla (25,5 ton), perfazendo um PTB de 41,5 ton. A Figura 4 abaixo ilustra o veículo adotado, um semi-reboque com 3 eixos, e o fator de veículo determinado pelo United States Army Corps of Engineers (USACE) e pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Fator de Veículo para Caminhões vazios						
2S3		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2182	0,498
		USACE	0,02	0,30	0,92	1,24
Fator de Veículo para Carga Legal (DNER)						
2S3		AASHTO	0,149	2,394	1,560	4,103
		USACE	0,100	3,600	7,800	11,400

Figura 4 – Veículo escolhido para fins de cálculo do Fator de Veículo (UFPR, 2015).

Existem duas situações previstas para o tráfego do empreendimento: 55 viagens de ida e 55 viagens de volta. Na ida os caminhões estarão carregados e na volta vazios, por isso, é considerado o Fator de Veículo de 12,64 (segundo USACE) para as duas situações, somando-se os valores.

O Fator Climático Regional leva em consideração a variação de umidade a que está sujeita o pavimento em dimensionamento em diferentes épocas do ano. Em Senço (2007) são sugeridos fatores climáticos regionais em função da precipitação em mm (Tabela 2). A região Sul do Rio Grande do Sul está sujeita a precipitações anuais da ordem de 1250 mm (IFCRS, 2016). No entanto, além de ter-se notado aumento nas precipitações nos últimos anos, as estradas de terra da região sofrem com

problemas ocasionados pelo excesso de umidade, uma vez que o pavimento proposto em questão não possui material impermeável como revestimento. Assim, adotou-se um Fator Climático Regional de 2,0, com o objetivo de majorar o resultado de N.

Tabela 2 - Fatores climáticos regionais conforme precipitação média anual para o Brasil (Senço, 2007).

Precipitação Média Anual (mm)	Fator Climático Regional (FR)
Até 800	0,7
De 800 a 1.500	1,4
Mais de 1.500	1,8

No que refere a vida útil desejada, como as vias se deslocarão conforme o avanço das piscinas de dragagem, considera-se suficiente a adoção de um período de 5 anos, que prevê eventuais atrasos na operação e também a maior utilização de determinados trechos, que servirão de acesso a BR-101 e se manterão ativos por mais tempo.

Ao aplicar a Equação 1 com as variáveis acima explicitadas tem-se N igual a $2,54 \times 10^6$ solicitações do eixo padrão.

Para determinação da altura total de pavimento, utiliza-se o ábaco do método (Figura 5) com os dados do subleito e das solicitações. A espessura das camadas são obtidas da Equação 2 (Senço, 2007).

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H \quad (2)$$

onde: R - espessura do revestimento; K_R - coeficiente de equivalência do material do revestimento; B - espessura da base; K_B - coeficiente de equivalência do material de base; H - altura total do pavimento.

Os coeficientes de equivalência podem ser determinados a partir da relação entre a capacidade de suporte do material da camada que se quer descobrir e a capacidade de suporte do subleito, conforme Equação 3 (Senço, 2007).

$$K_1 = \sqrt[3]{\frac{CBR_1}{3 \cdot CBR_2}} \quad (3)$$

onde: K_1 - coeficiente de equivalência da camada 1; CBR_1 - capacidade de suporte da camada 1; CBR_2 - capacidade de suporte do subleito.

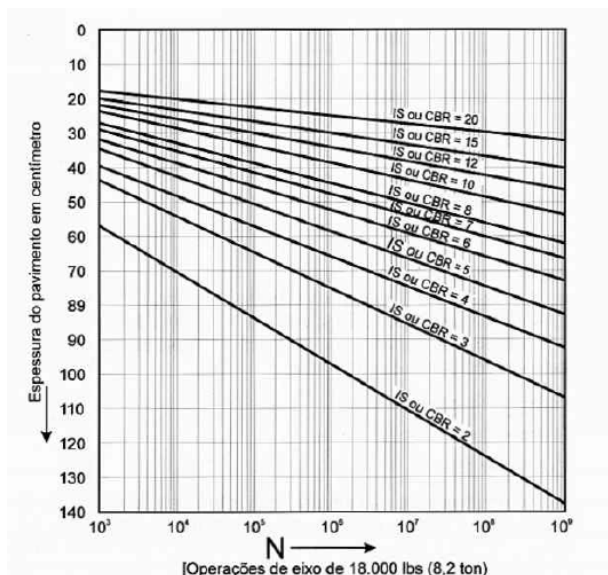


Figura 5 – Ábaco Método do DNER (SENÇO, 2007).

2.3.2 Método Internacional: U.S. Department of Transportation Federal - The Federal Highway Administration (FHWA)

O método leva em consideração três parâmetros: nível de solicitação do eixo padrão, condição climática e qualidade do subleito. Em função do cruzamento dos parâmetros no quadro do método (Tabela 3) encontram-se as espessuras mínimas necessárias a serem utilizadas como revestimento primário.

Tabela 3 – Método FHWA (Skorseth e Selim, 2000 apud Guedes et. al, 2014).

Qualidade Subleito	Nível Tráfego	Regiões Climáticas dos Estados Unidos					
		I	II	III	IV	V	VI
Muito bom	Alto	20	25	38	18	23	38
	Médio	15	20	28	13	18	28
	Baixo	10		15	10		15
Bom	Alto	28	30	43	25	28	43
	Médio	20	23	30	18	23	30
	Baixo	10	13	18	10	13	18
Regular	Alto	33	35	43	30	33	43
	Médio	28		30	25		30
	Baixo	15		18	13		18
Fraco	Alto	15		18	13		18
	Médio				18		
	Baixo	23	25	23	20		23
Muito Fraco	Alto	23	25	23	20		23
	Médio						
	Baixo	28	28	25			

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Caracterização Geotécnica Convencional

A Tabela 4 resume os resultados obtidos com a análise granulométrica e limites de Atterberg.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de caracterização.

Propriedades físicas	Barrinho
Areia média (%)	43
Areia fina (%)	39
Silte (%)	4
Argila (%)	14
Limite de liquidez	17
Índice de plasticidade	7
Classificação SUCS	SM-SC
Classificação HRB-AASHTO	A-2-4(0)

3.2 Propriedades da Compactação

A Tabela 5 resume os resultados dos ensaios de compactação e CBR nas três energias.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de compactação.

Propriedades de compactação	PN	PI	PM
Peso específico aparente seco máximo (kN/m ³)	18,3	19,1	20,3
Teor de umidade ótimo (%)	11,8	10,0	9,0
ISC ou CBR (%)	9	29	74
Expansão (%)	0,05	0,02	0

PN – Proctor Normal; PI – Proctor Intermediário; PM – Proctor Modificado

3.3 Classificação MCT

Os resultados obtidos com os ensaios da Metodologia MCT definiram o solo como pertencente ao grupo NA (areia não laterítica). Já a classificação expedita obtida pelo Método das Pastilhas foi NA/NA' (areia não laterítica/solo arenoso não laterítico), onde “/” indica prevalência do primeiro grupo). Logo, as classificações obtidas pelo método expedito e convencional mostraram coerência.

3.4 Avaliação do Desempenho com Base na Classificação MCT

Os solos da classe NA são definidos como areias, siltes e misturas de ambos, com grãos constituídos de quartzo ou mica, com ausência ou pequena porcentagem de finos argilosos coesivos. Quando compactados, estes solos possuem de baixa a média capacidade de

suporte e são facilmente erodíveis. Segundo Nogami e Villibor (1994), entre sete classes MCT, são considerados como de 5ª categoria hierárquica para emprego como revestimento primário e de 4ª categoria como material para corpo de aterro e reforço de subleito.

Sant'Anna et al. (2000) apresentam avaliações a respeito do desempenho de equipamentos autopropelidos sobre pneus, utilizados para carga e transporte em áreas de mineração, em função dos solos utilizados como material para rolamento. Segundo os autores, estes solos de baixa a média capacidade de suporte poderão determinar a formação de depressões irregulares, tanto longitudinais como transversais a via. O fato favorece caminhões rígidos com pneus maiores (como os veículos Fora de Estrada) ou caminhões com oscilações de eixos independentes.

D'Ávila et al. (1999) apresentam uma especificação para materiais empregados como revestimento primário. Esta mesma especificação é adotada pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER/PR) na Especificação de Serviço ES-T 07/2005 – Terraplenagem: Revestimento Primário (2005), citada por Nervis (2010). Segundo os proponentes, os solos da classe NA podem ser usados como revestimento primário somente em vias de baixo volume de tráfego, em greide plano ou suave, em camada de espessura menor que 20 mm. Prescinde uma camada subjacente formada por solo coesivo com suporte adequado. Seu uso é ainda mais restrito no caso de solo mal graduado e com porcentual importante de areia fina, caso do solo em estudo.

Outra especificação expedita de materiais a serem utilizadas em vias não pavimentadas foi apresentada por D'Ávila et al. (2008). Esta especificação prevê que um material para ser utilizado como revestimento primário deve apresentar os seguintes requisitos básicos: dimensão máxima de agregados menor que 35 mm (para evitar excessiva irregularidade da plataforma), capacidade de suporte tal que não sofra ruptura pelo tráfego, que apresente aderência de forma a manter atrito adequado com os pneus dos veículos, que não seja susceptível a processos erosivos e que seja resistente a processos cíclicos de umedecimento

e secagem. A especificação é fundamentada na análise granulométrica, parâmetros do Método das Pastilhas e resistência a seco do material (resistência ao esmagamento de uma esfera de solo seco). O solo estudado não se enquadra em nenhuma das faixas granulométricas estabelecidas pela especificação, sendo considerado material não estabilizado granulometricamente. A partir daí, como material com fração grosseira dominante (porcentagem passante na peneira 200 < 70%) e mal graduado, é considerado inadequado.

3.5 Materiais para a Solução Proposta

Apesar das restrições como revestimento primário, o uso do barrinho investigado compondo as camadas inferiores ao revestimento ou mesmo como aterro é promissor, dada a boa compactabilidade e razoável capacidade de suporte.

Dentre os materiais indicados pelo DNIT (2005) para ser utilizado como revestimento primário está o saibro. Conforme Bastos (2004), o saibro granítico compõe uma alternativa de material de empréstimo no sul do Rio Grande do Sul. Os saibros são solos oriundos do horizonte C de perfis de intemperismo de granito e gnaisses do Escudo Cristalino. Em sua maioria apresentam teor elevado de pedregulho, reduzida quantidade de argila e considerável teor de silte nos saibros mais finos, variando de não plásticos a muito plásticos. Estes solos saprolíticos, em espessuras muito variadas, são materiais granulares comumente empregados em obras de pavimentação de toda a região, como revestimento primário ou base. Os saibros que recebem adição de fragmentos de rocha alterada na composição são chamados de saibros britados (Bastos e Maria, 2016).

Propõe-se o uso de saibro britado em conjunto com o barrinho, a fim de somar os efeitos de suporte estrutural fornecido pela camada do barrinho e a funcionalidade da via dada pelo revestimento de saibro.

3.6 Dimensionamento

Conforme apresentado anteriormente, fez-se uso do método do DNER, para dimensionar a espessura das camadas da via não pavimentada.

O barrinho desempenhará função de resistir aos esforços solicitantes, agregando suporte ao solo arenoso local. Para a função de revestimento primário, com vistas ao desempenho da pista de rolamento foi definido o material saibro britado, disponível comercialmente a uma distância de transporte de aproximadamente 100 km.

A espessura total mínima do pavimento obtida foi de 32 cm. Considerando o CBR do barrinho como 29% e o CBR do cascalho britado de 63% (Bastos e Maria, 2016), temos os valores de $K_{\text{barrinho}} = 0,86$ e $K_{\text{saibro}} = 1,00$ (valor calculado de 1,18 mas truncado em 1,00 segundo Senço, 2007).

Como é de interesse o emprego de maior volume do barrinho pela disponibilidade do material e implicações econômicas de seu uso, limitou-se em 10 cm a espessura de saibro britado. A única incógnita na inequação passa a ser a espessura de barrinho, cujo resultado é um valor mínimo de 26 cm. Adotando-se 30 cm de barrinho totaliza um pavimento com 40 cm.

Cabe ressaltar que no método internacional do FHWA, aplicadas as características do presente estudo no quadro de dimensionamento (Tabela 3): tráfego alto ($N > 10^6$ solicitações), subleito com solo regular ($10\% \leq \text{CBR} \leq 20\%$) e a região climática I com clima úmido (sem gelo), resulta em 33 cm de espessura total, valor aproximado ao mínimo pelo método do DNER.

Como primeira proposta de seção transversal das vias de acesso foram consideradas as seguintes premissas com relação aos elementos geométricos e de drenagem: declividade de 4% para a pista de rolamento (conforme recomendação do South Dakota Transportation Assistance Program – SD LTAP para vias não pavimentadas) e sarjetas destinadas a conduzir águas superficiais para bueiros e sangradouros.

A seção transversal das vias de acesso proposta neste trabalho sugere 9 m de largura total (somando-se as sarjetas) e 7 m de plataforma de rolamento, respeitando a inclinação de 4% da pista, conforme a Figura 6.

Como recomendação contrutiva indica-se a compactação do barrinho em duas camadas de 15 cm. É recomendado também levantar em 100 cm a altura do greide do subleito, com uso do solo local da abertura das sarjetas, seguido da regularização para compactação do barrinho.

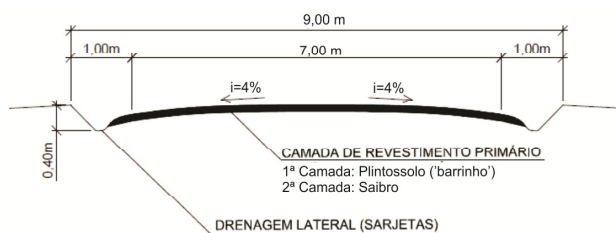


Figura 6 – Representação da seção transversal proposta

O detalhamento das camadas que compõe o pavimento com suas respectivas espessuras segue na Figura 7.

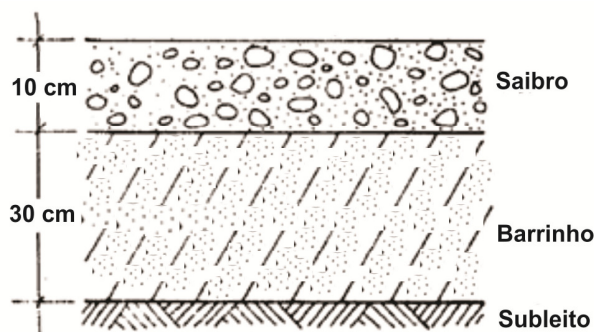


Figura 7 – Representação esquemática das camadas do revestimento primário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo apresentado tem-se um resgate da aplicação do barrinho em obras viárias na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. No caso específico, o barrinho foi caracterizado para emprego em vias de acesso de um empreendimento minerador de minerais pesados em areias do município de São José do Norte.

Utilizando critérios embasados na Metodologia MCT o barrinho foi rejeitado como revestimento primário, mas dada suas propriedades de compactação e de suporte, mostrou-se adequado como camada constitutiva do pavimento, com ganhos em relação ao solo local.

O Método do DNER foi aplicado num dimensionamento da estrutura de pavimento frente às características de tráfego da mineração, fatores climáticos e propriedades dos materiais sugeridos. Uma camada de 30 cm de barrinho, sobreposta por 10 cm de saibro britado como revestimento primário constitui a solução de projeto proposta.

Dada a característica itinerante da lavra de areia, o projeto de pavimentação com o emprego de barrinho como reforço do subleito e saibro britado como revestimento primário prevê o reaproveitamento dos materiais ao longo da atividade minerária.

Conclui-se enfatizando a necessidade premente de se continuar estudando soluções técnicas alternativas em pavimentação, com foco no emprego de solos locais. Com isso, busca-se ganhos econômicos e ambientais nas obras de infraestrutura da região, na medida em que se tem redução da exploração mineral e das distâncias de transporte de materiais de empréstimo considerados mais nobres.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao técnico Régis Pinheiro Maria e aos acadêmicos bolsistas do Laboratório de Geotecnia e Concreto da FURG pelo apoio na realização dos ensaios, assim como à RGM pela liberação dos dados e apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- Baesso, D.P.; Gonçalves, F.L. (2003) *Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção*. Florianópolis: DER-SC, 2003. 236p.
- Bastos, C.A.B. (2004) Estudos recentes conduzidos na FURG sobre solos alternativos para pavimentação econômica e obras de terra na Planície Costeira Sul. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, Rio Grande/RS : Editora Dunas, v.4, n.4. p. 31-42.
- Bastos, C.A.B.; Maria, R.P. (2016) Banco de dados de propriedades de compactação de materiais de empréstimo empregados em obras de terra na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. In: XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. *Anais...* Belo Horizonte/MG: ABMS, 2016.(no prelo)
- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. (2005) *Manual de Conservação Rodoviária*. Disponível em < http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf> Acesso em: 26 mar, 2016.
- CPEA – Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais (2014) *Relatório de Impacto Ambiental – Projeto Retiro – São José do Norte, RS*. São José do Norte/RS: image/nature. 71p.
- D'Ávila, A.L.M.; Hax, S.; Freitas, P.C (2008) Especificação expedita de materiais para vias não-pavimentadas – 4ª aproximação. In: XI Congresso Nacional de Geotecnia e IV Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia. *Anais...* Coimbra/PT:SPG.
- D'Ávila, A.L.M.; Sória, M.H.A.; Jorge, R.R. (1999) New specification of material for surfacing unpaved roads. In: Seventh International Conference on Low Volume Roads. *Proceedings in Transportation Research Record*, v.2, p. 59-64.
- DENATRAN (2009) *Portaria 63 de 2009*. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/download/Portarias/2009/PORTARIA_DENATRAN_63_09_ANEXOS.pdf> Acesso em: 26 mar.2016.
- IFCRS (2016). *Aspectos Pluviométricos*. Site do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/clima.htm>>. Acesso em: 26 mar.2016.
- Guedes, S.B.; Coutinho, R.Q.; Fonseca, A.V. (2014) Método de Dimensionamento do Revestimento das Estradas de Terra. *Revista Geotecnia*, nº 131. p. 113-134.
- Nervis L.O. (2010). *Estudo de revestimento primário para utilização em estradas vicinais da região de Santana de Livramento – RS*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS. 154p.
- Nogami, J.S.; Villibor, D.F. (1994). Identificação expedita dos grupos da classificação MCT para solos tropicais. In: X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. *Anais...* Brasília/DF:ABMS, 1994. p. 1293-1300.
- Passos, M.C.F.; Oliveira, J.A.; Somacal Neto, L. (1993) PROJETO BARRINHO – Uso de plintossolo como base de pavimento de baixo custo na RST/101. In: 27ª Reunião Anual de Pavimentação, Teresina/PI. *Anais...* Rio de Janeiro/RJ: ABPV, 1993. p. 394-429.
- Sant'Anna, A.; Hennies, W.T.; Soares, L. (2000) Seleção de equipamentos sobre pneus com Método MCT. *Solos e Rochas*. São Paulo/SP:ABMS, v.23(1), p. 21-32.
- Senço, W. (2007) *Manual de Técnicas de Pavimentação*. Volume I. 2ª. ed. São Paulo: Ed. Pini.
- Skorseth, K.; Selim, A.A. (2000) *Gravel Roads: maintenance and design manual*. South Dakota Local Transportation Program – SD LTAP, US Department of Transportation, Federal Highway Administration – FHWA. Disponível em < <http://www.nijc.org/pdfs/TTAP/gravelman.pdf>> Acesso em: 26 mar. 2016.
- Tomazelli L.J.; Villwock J.A. (2005). Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. *Gravel*, 3, p. 109-115.
- UFPR, Departamento de Transportes do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. (2015) *Notas de Aula de Engenharia de Tráfego*. Cap. 4: Cálculo do Número N. Disponível em < http://www.dtt.ufpr.br/eng_trafego_optativa/arquivos/NUMERO%20N14.pdf> Acesso em 26 mar. 2016.