

O USO DA TÉCNICA DE SOLO-CAL PARA MELHORAMENTO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE UM SOLO DA REGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE NO ESTADO DO CEARÁ

Arielton Fonteles Araújo

Suely Helena de Araújo Barroso

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes - PETRAN

Universidade Federal do Ceará – UFC

RESUMO

Este trabalho se propõe a estudar e desenvolver um programa experimental que permita o melhoramento das propriedades tecnológicas de um solo da Região do Baixo Jaguaribe - Ceará, a partir do uso da cal como agente estabilizante. Para execução do experimento foi coletada uma amostra de solo que será ensaiada com dois tipos de cales, nos teores de 3%, 5% e 7%, para os tempos de cura de 0, 7, 14, 28 e 56 dias, nas energias de compactação normal e intermediária. As misturas de solo-cal serão submetidas aos ensaios de resistência à compressão simples, resistência à compressão diametral, módulo de resiliência, além de ensaios de desgaste. Os resultados parciais obtidos, até o momento, mostram que há melhoramento do solo ensaiado a partir da adição de cal.

ABSTRACT

This work is proposed to study it and to develop an experimental program that allows the improvement of the technological properties of one soil of the Region of the Baixo Jaguaribe - Ceará, from the use of the lime as stabilise agent. For execution of the experiment a soil sample was collected that will be tested with two types of limes, in percents of 3%, 5% and 7%, for the times of cure of 0, 7, 14, 28 and 56 days in the energies of normal and intermediate compacting. The mixtures of soil lime will be submitted to the tests of simple compressive strength, diametrical compressive strength, modulus of resilience, beyond consuming tests. The partial results observeds, until the moment, show that it has improvement of the tested soil from the addition of the lime.

1. INTRODUÇÃO

A grande maioria das rodovias do estado do Ceará é composta por estradas de baixo volume de tráfego, que representam o principal meio de escoamento de produtos agrícolas oriundos do campo. Essas rodovias servem como acesso aos serviços básicos de educação, saúde e lazer que se encontram, normalmente, disponíveis nos grandes centros urbanos. Uma região do estado que é afetada diretamente por essa realidade e que apresenta uma carência grande de rodovias adequadas ao transporte diário de seus passageiros e de seus produtos é a do agropólo do Baixo Jaguaribe.

Este agropólo é o maior do estado, compreendendo uma área de 63.000 hectares, ou seja, aproximadamente 37% de toda área irrigada deste. De acordo com informações contidas em Rabêlo (2006), a demanda total de pavimentação de rodovias vicinais nessa região é cerca de 234,77 km. Grande parte dos produtos agrícolas produzidos é transportada através de rodovias vicinais não pavimentadas que estão em péssimas condições de tráfego.

Os defeitos dessas rodovias acabam comprometendo os padrões de qualidade dos produtos exigidos pelo mercado estrangeiro. A racionalização do uso dos materiais locais em pavimentação pode melhorar a qualidade de rolamento das rodovias, resultando em soluções mais econômicas do que as convencionais, que certamente favorecerão o crescimento e desenvolvimento dessa região. No entanto, nem sempre é possível encontrar solos naturais que atendam às exigências das especificações para a construção de bases e sub-bases estabilizadas granulometricamente sem mistura. Essa realidade acaba encarecendo os custos de construção de uma rodovia. Uma alternativa para minimizar esses altos custos é tentar estabilizar os solos locais através de uma estabilização mecânica ou com uso de aditivos químicos, como cimento, cal, betume, sais minerais e materiais a base de enzimas.

A cal é um dos produtos estabilizantes, entre vários existentes, mais usados até hoje, sendo utilizada desde os primórdios da nossa civilização. A adição da cal a um material natural pode resultar na melhoria de algumas das propriedades dos solos de interesse à pavimentação, tais como: aumento de resistência mecânica, redução da plasticidade e da expansão, entre outros.

O uso da técnica de solo-cal vem sendo investigado, no Estado do Ceará, desde 2000. Loiola e Nobre Júnior (2001) relataram em seu trabalho a primeira experiência utilizando essa técnica para estabilização de sub-base e base no Estado. Um trecho de 1 km foi construído em caráter experimental a partir do uso de uma mistura no local com o espalhamento manual de sacos da cal.

A experiência anterior motivou o Departamento de Edificações, Rodovias e Transporte do estado do Ceará (DERT/CE) a implantar 40 km da rodovia CE-377, que atravessa a chapada do Apodi, ligando Quixerá-CE a Baraúnas - RN, usando a técnica de solo-cal. Essa rodovia ficou conhecida, localmente, como rodovia do melão (Loiola e Barroso, 2007).

Com o objetivo de tentar viabilizar economicamente os investimentos em obras de pavimentação de rodovias de baixo volume de tráfego no estado do Ceará, pretende-se realizar o estudo da técnica de solo-cal para os solos que ocorrem na Região do Baixo Jaguaribe-CE.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Tendo em vista a extensa malha de rodovias não pavimentadas do estado do Ceará e os altos custos de sua manutenção, há necessidade de investigação de técnicas alternativas de pavimentação que permitam a ampliação da rede rodoviária como, por exemplo, a técnica de solo-cal.

3. OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo geral do presente trabalho é estudar e desenvolver um programa experimental que permita o melhoramento das propriedades de alguns solos da Região do Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará, a partir do uso da cal como agente estabilizante. A seguir, estão listados alguns objetivos específicos que estão sendo realizados com o intuito de se atingir o geral:

- a) realizar uma revisão bibliográfica sobre a importância de rodovias de baixo volume de tráfego e sobre o uso, técnica e aplicação de misturas de solo-cal utilizados na pavimentação rodoviária no estado do Ceará, no Brasil e no mundo;
- b) conhecer as reais potencialidades e limitações dos solos ocorrentes na Região do Baixo Jaguaribe-CE aplicados à construção de pavimentos e propor um programa de melhoramento das propriedades destes a partir da obtenção de parâmetros de escolha de alguns solos locais que deverão ser obtidos após os resultados desta pesquisa;
- c) entender como variam as propriedades tecnológicas do solo analisado em função do tipo e do teor da cal empregada para estabilização;
- d) verificar a influência das energias de compactação, normal e intermediária, nos resultados dos ensaios laboratoriais das misturas de solo estabilizados com a cal.

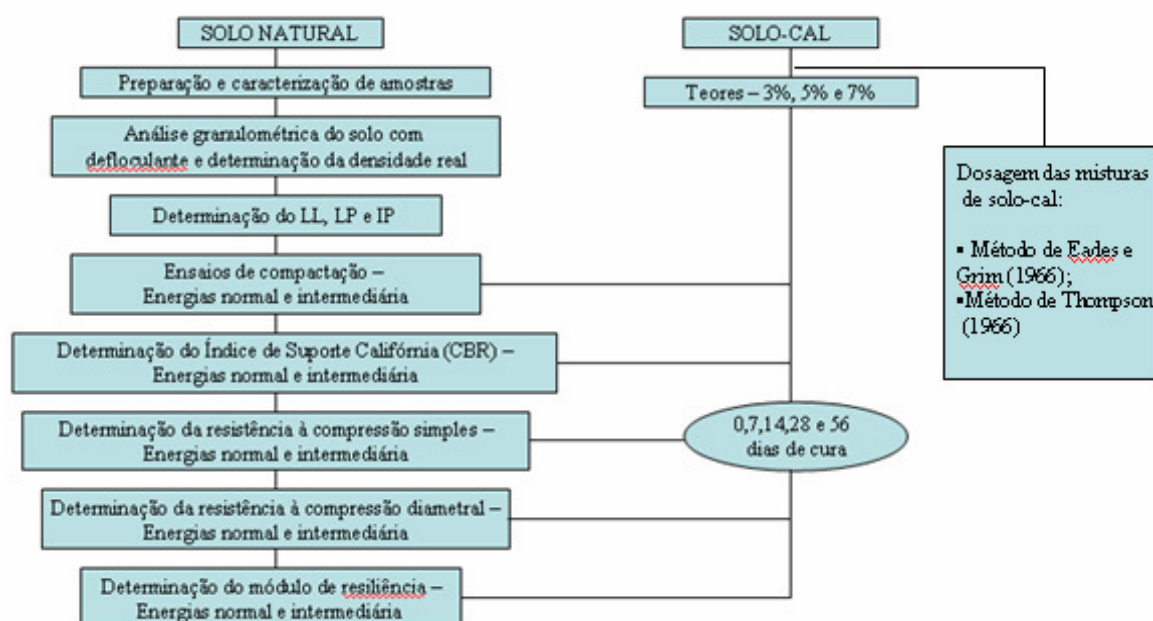
4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para esta pesquisa foi coletada uma amostra de solo do município de Aracati, localizado no agropólo do Baixo Jaguaribe. Este solo possui natureza argilosa e será ensaiado com dois tipos de cales diferentes. Inicialmente, estão sendo realizados ensaios utilizando-se uma cal hidratada do tipo CHI, fornecida pela empresa Carbomil, cuja fábrica situa-se na região estudada. A composição química dessa cal é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química da cal hidratada CH-I

COMPOSIÇÃO QUÍMICA - CAL HIDRATADA CH-I					
PPC	Ca(OH) ₂ d	MgO	RI (Insolúvel em HCL)	SiO ₂	R ₂ O ₃
23,0 % - 25,0 %	92,5 % - 98,5 %	3,5 % máx	0,5 % máx	0,3 % máx	1,5 % máx

As misturas de solo-cal estão sendo preparadas nos teores de 3%, 5% e 7% de cal em relação ao peso da amostra seca de solo. A cal é inicialmente misturada à água de compactação, formando-se uma pasta, para em seguida ser adicionada ao solo natural. A Figura 1 apresenta os ensaios a serem realizados, nas energias de compactação normal e intermediária, para a amostra de solo selecionada. Vale ressaltar que para os ensaios de resistência à compressão simples, de resistência à compressão diametral e do módulo de resiliência serão analisadas as misturas de solo-cal para os períodos de 0, 7, 14, 28 e 56 dias de cura.

**Figura 1:** Esquema dos ensaios

Além dos ensaios mostrados na Figura 1, pretende-se realizar algumas análises químicas (difração em raio-X, análise térmico-gravimétrica, dentre outros) com as amostras de solo a fim de se obter informações mais consistentes à respeito da reação destas com a cal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES PRELIMINARES

Os resultados mostrados a seguir são apenas parciais. Entretanto, já se apresentam de maneira satisfatória quando dá análise da melhoria das propriedades do solo após a adição de cal no teor pré-determinado de 5% da mistura.

O solo ensaiado possui 45,4% de sua composição passando na peneira nº200 e foi classificado como A-6, de acordo com a classificação do Highway Research Board – HRB. A Tabela 2, a seguir, apresenta os valores de LL, LP e IP para as amostras de solo natural e solo-cal (5%). Analisando os valores da tabela constata-se que o LL permanece praticamente constante após a adição da cal. No entanto, o IP do solo muda de uma condição de 11% para NP. Ou seja, a amostra perde toda sua plasticidade.

Tabela 2: Caracterização das amostras – Solo natural e solo-Cal (5%).

CLASSIFICAÇÃO HRB	SOLO NATURAL			SOLO-CAL (5%)		
	LL (%)	LP (%)	IP(%)	LL (%)	LP (%)	IP(%)
A-6 (Solo argiloso)	29	18	11	32	NP	NP

Já o gráfico da Figura 2 apresenta as curvas do ensaio de compactação para o solo argiloso ensaiado com e sem a incorporação de cal no teor de 5%, nas energias normal e intermediária. Analisando-se esta figura, percebe-se o achatamento das curvas de compactação do material e o deslocamento da umidade ótima para valores mais elevados após a adição de cal as misturas de solo natural. De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores de Cal (1981), tal achatamento significa uma menor sensibilidade do solo em relação à água. Tal fato é benéfico em campo, pois permite que se trabalhe com faixas mais largas de umidade (Santos, 2004).

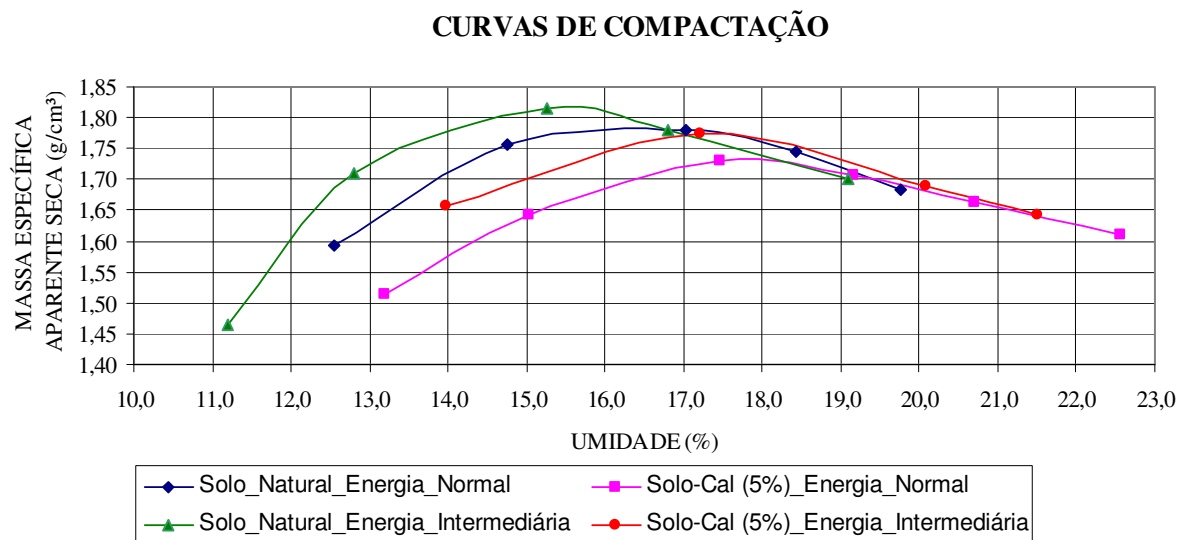


Figura 2: Curvas de compactação - energias normal e intermediária.

Na Tabela 3, abaixo, são apresentados os valores da umidade ótima (%) e do peso específico aparente seco máximo para cada amostra das curvas apresentadas na Figura 2. Analisando-se os valores apresentados na tabela percebe-se que para todas elas houve um aumento da umidade ótima e uma diminuição do peso específico.

Tabela 3: Resultados parciais – umidade ótima, massa específica.

ENSAIOS	ENERGIA NORMAL		ENERGIA INTERMEDIÁRIA	
	Solo Natural	Solo-Cal (5%)	Solo Natural	Solo-Cal (5%)
gdm _{máx} (g/cm ³)	1,78	1,74	1,82	1,77
wot (%)	16,5	17,8	15,5	17,3

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPC (1981). Associação Brasileira dos Produtores de Cal. Estabilização de Solos com Adições de Cal. Boletim Nº 13.
- LOIOLA, P. R.R; Nobre Júnior, E. F. (2001) Trecho Experimental Utilizando Mistura de Solo-Cal no Município de Limoeiro do Norte-Ceará. In: VI Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Brasília, Distrito Federal.
- LOIOLA, P. R. R; BARROSO, S. H.A. (2007) Aplicação da Técnica de Solo Cal na Construção da Rodovia do Melão no Estado do Ceará. In: 38ª RAPv.
- RABÊLO, A.N. (2006). Contribuição ao Estudo da Imprimação Betuminosa das Bases Rodoviárias do Estado do Ceará. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 204 fl.
- SANTOS, J. (2004). Estabilização de uma Argila Laterítica do Distrito Federal para o uso em Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Dissertação de Mestrado, Publicação GDM-127/04, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 95 p.