



50CBC2008

ESTUDO DO DESEMPENHO DE DIFERENTES MATERIAIS UTILIZADOS PARA A CURA DE CAMADAS DE SOLO CIMENTO

A PERFORMANCE STUDY OF DIFFERENT CURING MATERIALS APPLIED TO SOIL PORTLAND CEMENT LAYERS COURSE CURE

Rita Moura Fortes; João Virgilio Merighi; Alex Bandeira
Engenharia Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie

rmfortes@terra.com.br

Resumo

Pista Experimental DER-SP/ Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) - SP 332 (antiga estrada São Paulo – Campinas).

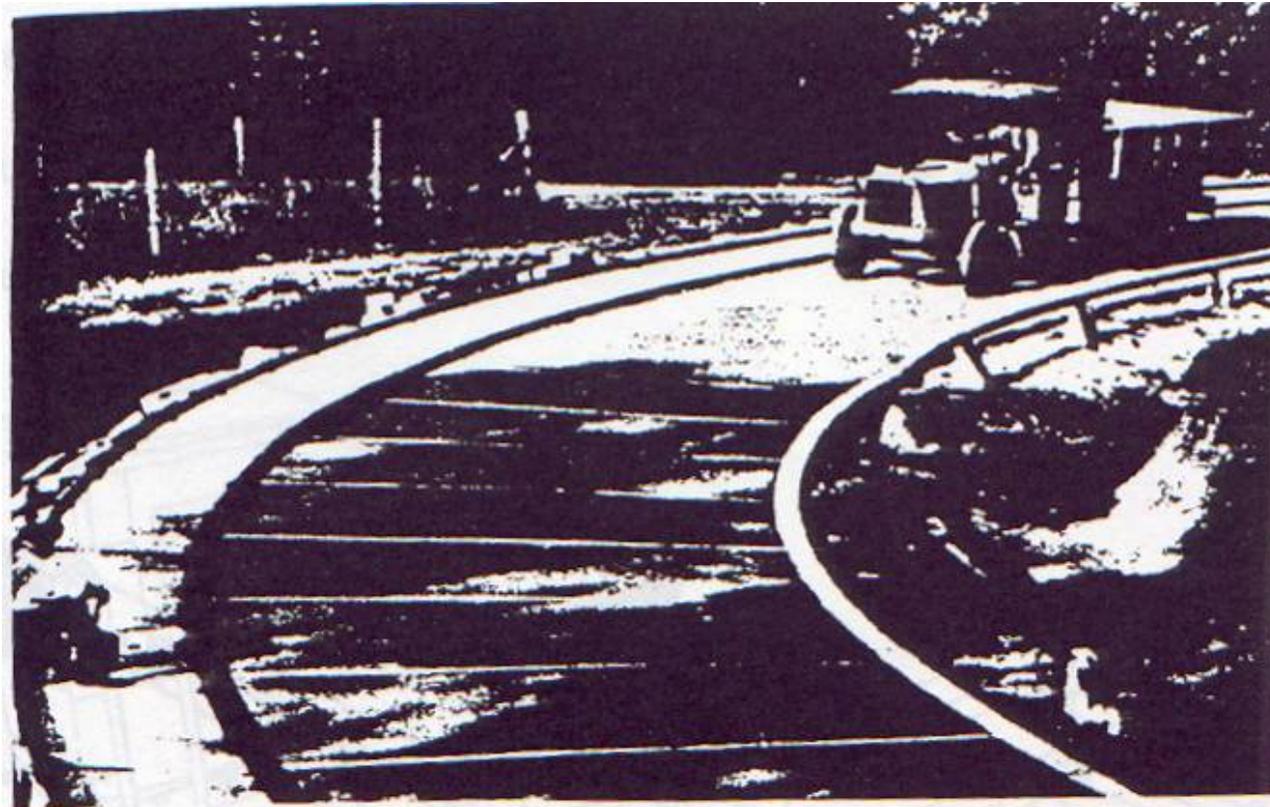
A missão dessa facilidade, é de ser uma referência no setor rodoviário, para o desenvolvimento e implementação de novas tecnologias na área de infra-estrutura de transportes.

No entanto, fazer estudos na escala real tem custos elevados. Assim, o binômio laboratório/campo pode minimizar os gastos financeiros e orientar melhor o desempenho real.

Este trabalho relata o estudo laboratorial, que serviu de apoio ao referido estudo em pista, quanto ao desempenho de diferentes materiais aplicados para a cura de camadas de solos cimento, além de orientações para a maneira de aplicá-los e também o momento.

Introdução

OBJETIVO: avaliar o desempenho dos diversos materiais quando submetido a tráfego pesado.



Pista experimental - Bureau of Public Roads US - 1925

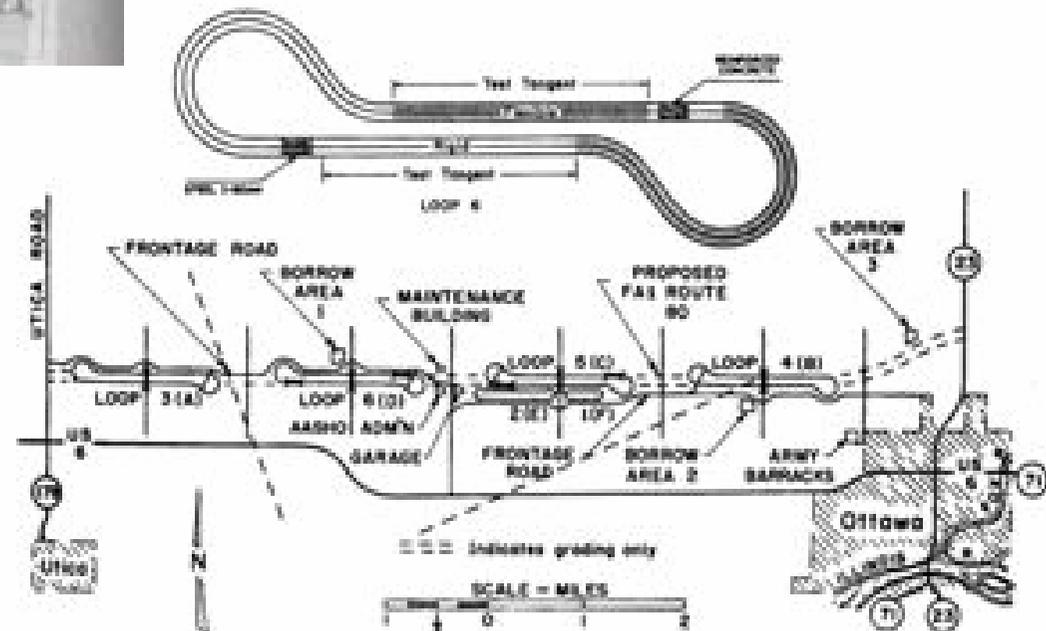
Introdução



O Loop 1 serviu para avaliações com relação ao meio ambiente e o Loop 2 apenas para veículos leves tipo caminhonetes

AASHO Road Test (1956-1961) - Performance Related to Varying Loads and Buildups, by Government Coop (468 Flexible Sections)

6 Loops sendo que os números 1 e 2 não serviram para a exposição dos veículos testes.



Introdução

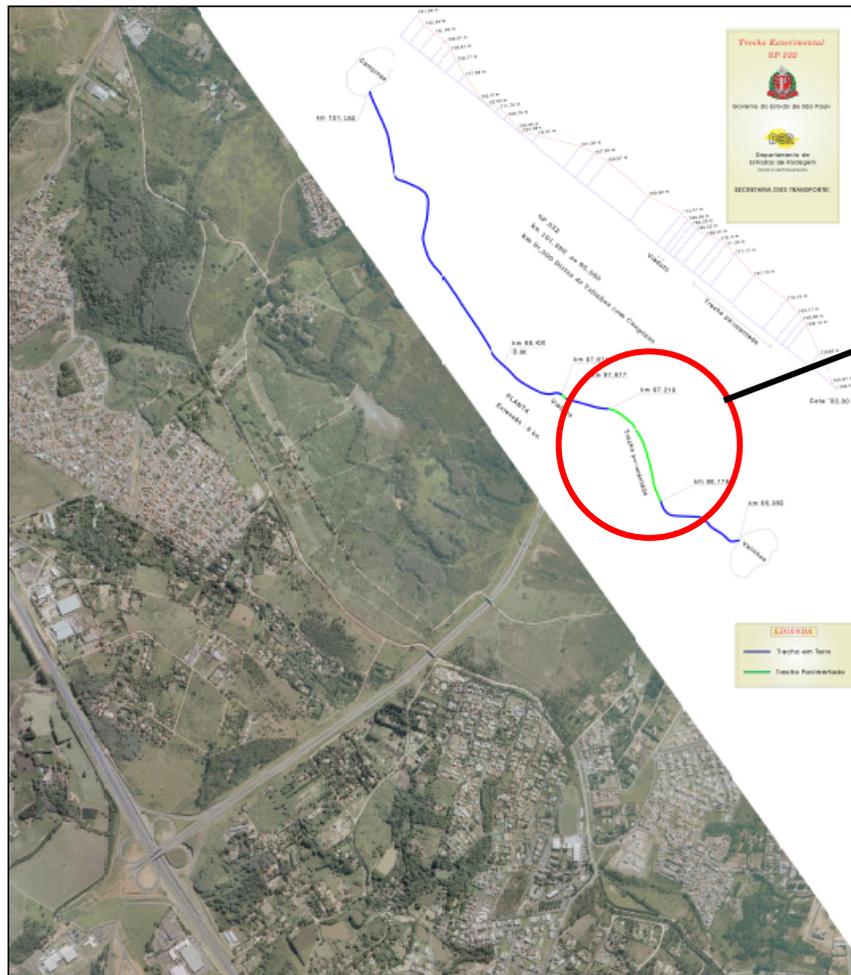


Formato oval e 1,7 milhas de extensão, aproximadamente 2700 m numa área de 309 acres nas proximidades da universidade de Auburn.



Características do veículo teste são: velocidade de 45 mph – aproximadamente 70 km/h; 6 dias ininterruptos de tráfego e um dia para manutenção por semana. O tráfego é acumulado em um período de dois anos monitorando-se a irregularidade, trilha de roda, aderência, densidade e deflexões.

PISTA EXPERIMENTAL DER-SP/MACKENZIE



Localização da pista experimental
SP 332— Estrada São Paulo –
Campinas, do quilometro 95.38 ao
quilometro 101.40.

Aproximadamente a 90 km da cidade
de São Paulo

PISTA EXPERIMENTAL DER-SP/MACKENZIE

Finalidade de desenvolver pesquisas em todas as áreas relacionadas a rodovias, tais como pavimento, pontes, meio-ambiente, sinalização, equipamentos, etc;

RESULTADOS

- Conhecimento de produtos atuais, serviços e equipamentos e, os custos envolvidos;
- Programa de Educação e transferência de tecnologia;
- Banco de dados para qualquer tecnologia, material ou equipamento e envio de informações;
- Divulgação dos resultados em eventos, palestras, congressos, etc.



PISTA EXPERIMENTAL DER-SP/MACKENZIE

MODELO DE PARCERIA

ESTADO enquanto gestor e fomentador de novas tecnologias e dos saberes;

INICIATIVA PRIVADA promovendo a pesquisa e inovando a tecnologia. Divulgando o seu produto e seu know-how e expertise;

UNIVERSIDADE enquanto sua neutralidade e credibilidade, vocação para a pesquisa e expert na transferência de tecnologia.

PISTA EXPERIMENTAL DER-SP/MACKENZIE

PROPOSTAS DER SP / MACKENZIE

Já existem três propostas em andamento:

FASE 1: ESTUDO DE CAMADA DE BASE DE SOLO CIMENTO

etapa 1 ESTUDO DA CURA EM CAMADAS DE SOLO COM ADIÇÃO DE CIMENTO E/OU SOLO CIMENTO (Estudo do efeito do intemperismo) – execução dia 04 de junho

etapa 2 DOSAGEM E CONSTRUÇÃO DE EM CAMADAS DE SOLO COM ADIÇÃO DE CIMENTO E/OU SOLO CIMENTO (Efeito do tráfego)

etapa 3 ESTUDO DA EXECUÇÃO DE MÚLTIPLAS CAMADAS DE SOLO COM ADIÇÃO DE CIMENTO E/OU SOLO CIMENTO COM EQUIPAMENTO TIPO RECICLADORA.

PISTA EXPERIMENTAL DER-SP/MACKENZIE

PROPOSTAS DER SP / MACKENZIE

FASE 2: – TRECHO EXPERIMENTAL DO ACESSO AO COLÉGIO PORTO SEGURO

etapa 1 EXECUÇÃO DE RECICLAGEM DO PAVIMENTO EXISTENTE PARA SER UTILIZADO EM CAMADA BASE

etapa 2 EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO TIPO TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO (TSD) SEM POLÍMEROS E COM ADIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE POLÍMEROS.

FASE 3: – COMPLEMENTAÇÃO DA PISTA EXPERIMENTAL.



BASES DE SOLO CIMENTO

Solo cimento é o solo estabilizado por adição de cimento e água, adquirindo resistência através das reações de hidratação do cimento (IBRACON, 2007). É aquele cuja resistência à compressão, aos sete dias deve ser no mínimo de 2,1 MPa (21 kgf/cm²)

No Brasil esta tecnologia chegou em 1936. Na década de 40 consta sua aplicação na pavimentação do aeroporto de Petrolina, em Pernambuco e na a Regional de Bauru do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER/SP).



PISTA EXPERIMENTAL DER-SP/MACKENZIE

Etapa1 fase1 – Estudo do desempenho de produtos para cura do cimento

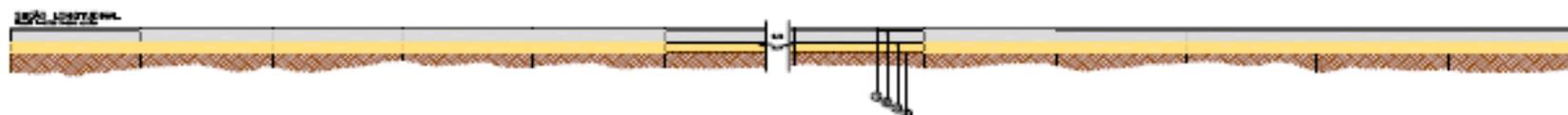
- Na etapa 1 da fase 1, como relatado, será desenvolvido o estudo da cura em camadas de base de solo cimento em um trecho com extensão de 400 m. Neste trecho está previsto a execução e monitoramento de uma camada de base de solo cimento e serão estabelecidos vários processos de cura para elaboração de recomendações de procedimentos de cura em camadas de solo com cimento.



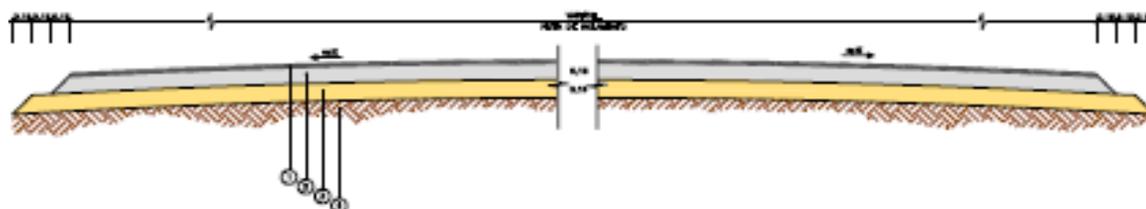
Construção da sub-base da pista experimental em 17 de dezembro de 2008



50CBC2008



SEÇÃO TRANSVERSAL
Nº 100



DETALHE - PISA DE ROLAMENTO
Nº 101



QUADRO I - CONDIÇÕES

CONDIC	DESCRIÇÃO
1	base de rol.
2	solo firme
3	terrapl. de rolam.
4	rolam.

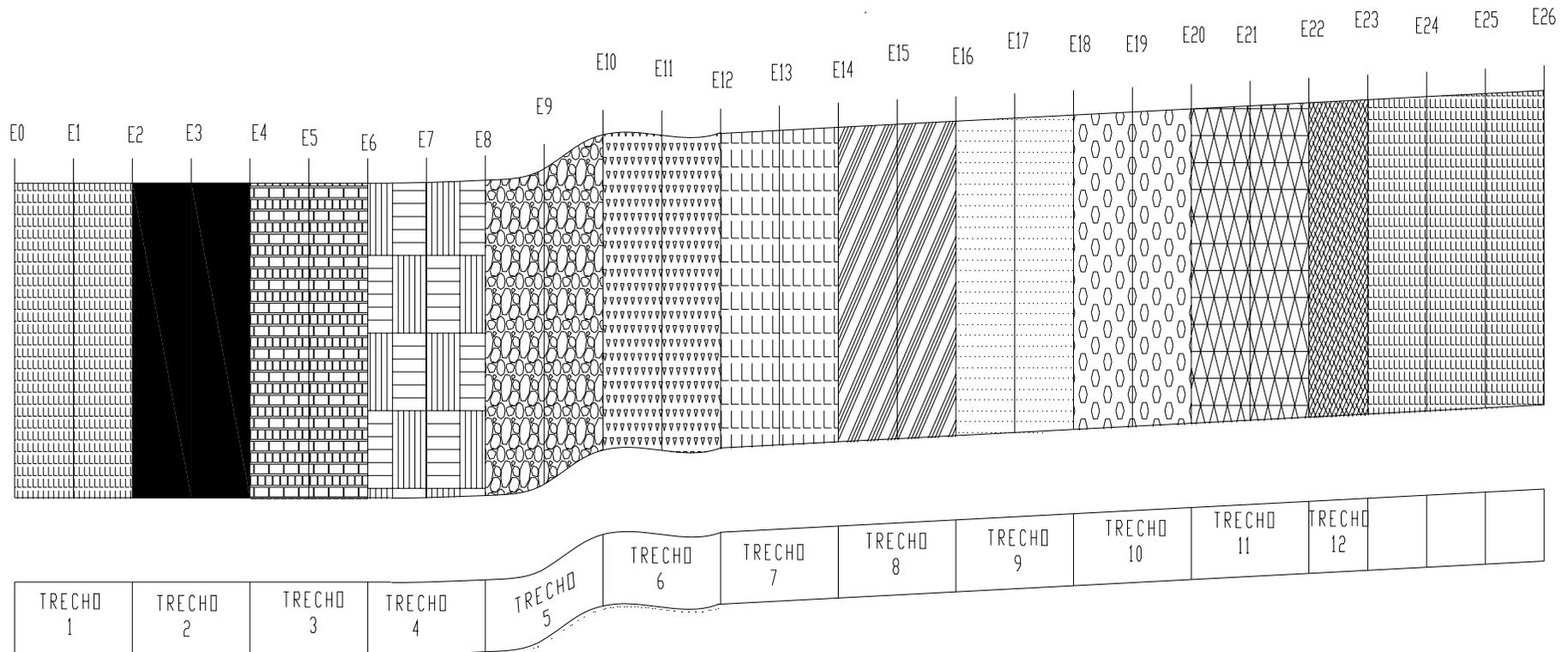
QUADRO II - RELAÇÃO DOS TIPOS

TIPO	TIPO	PROFUND.
1	em terreno firme	-
2	em solo firme	1,00
3	em solo firme	1,00
4	em solo firme	1,00
5	em solo firme	1,00
6	em solo firme	1,00
7	em solo firme	1,00
8	em solo firme	1,00
9	em solo firme	1,00
10	em solo firme	1,00
11	em solo firme	1,00
12	em solo firme	1,00
13	em solo firme	1,00
14	em solo firme	1,00
15	em solo firme	1,00
16	em solo firme	1,00
17	em solo firme	1,00
18	em solo firme	1,00
19	em solo firme	1,00
20	em solo firme	1,00
21	em solo firme	1,00
22	em solo firme	1,00
23	em solo firme	1,00
24	em solo firme	1,00
25	em solo firme	1,00
26	em solo firme	1,00
27	em solo firme	1,00
28	em solo firme	1,00
29	em solo firme	1,00
30	em solo firme	1,00
31	em solo firme	1,00
32	em solo firme	1,00
33	em solo firme	1,00
34	em solo firme	1,00
35	em solo firme	1,00
36	em solo firme	1,00
37	em solo firme	1,00
38	em solo firme	1,00
39	em solo firme	1,00
40	em solo firme	1,00
41	em solo firme	1,00
42	em solo firme	1,00
43	em solo firme	1,00
44	em solo firme	1,00
45	em solo firme	1,00
46	em solo firme	1,00
47	em solo firme	1,00
48	em solo firme	1,00
49	em solo firme	1,00
50	em solo firme	1,00
51	em solo firme	1,00
52	em solo firme	1,00
53	em solo firme	1,00
54	em solo firme	1,00
55	em solo firme	1,00
56	em solo firme	1,00
57	em solo firme	1,00
58	em solo firme	1,00
59	em solo firme	1,00
60	em solo firme	1,00
61	em solo firme	1,00
62	em solo firme	1,00
63	em solo firme	1,00
64	em solo firme	1,00
65	em solo firme	1,00
66	em solo firme	1,00
67	em solo firme	1,00
68	em solo firme	1,00
69	em solo firme	1,00
70	em solo firme	1,00
71	em solo firme	1,00
72	em solo firme	1,00
73	em solo firme	1,00
74	em solo firme	1,00
75	em solo firme	1,00
76	em solo firme	1,00
77	em solo firme	1,00
78	em solo firme	1,00
79	em solo firme	1,00
80	em solo firme	1,00
81	em solo firme	1,00
82	em solo firme	1,00
83	em solo firme	1,00
84	em solo firme	1,00
85	em solo firme	1,00
86	em solo firme	1,00
87	em solo firme	1,00
88	em solo firme	1,00
89	em solo firme	1,00
90	em solo firme	1,00
91	em solo firme	1,00
92	em solo firme	1,00
93	em solo firme	1,00
94	em solo firme	1,00
95	em solo firme	1,00
96	em solo firme	1,00
97	em solo firme	1,00
98	em solo firme	1,00
99	em solo firme	1,00
100	em solo firme	1,00

NOTAS:

- 1 - TUDO AS MEDIDAS DADAS EM M.D.P.
- 2 - O ESPAÇO DE 20 CM ENTRE OS PILARES DEVE SER RECONSTRUÍDO COM O MESMO TIPO DE CONCRETO E ARMADURA.
- 3 - O DESEMPENHO DA OBRA DE ARMAÇÃO DEVE SER RECONSTRUÍDO COM O MESMO TIPO DE CONCRETO E ARMADURA.
- 4 - A OBRA DE ARMAÇÃO DEVE SER RECONSTRUÍDO COM O MESMO TIPO DE CONCRETO E ARMADURA.
- 5 - A OBRA DE ARMAÇÃO DEVE SER RECONSTRUÍDO COM O MESMO TIPO DE CONCRETO E ARMADURA.
- 6 - A OBRA DE ARMAÇÃO DEVE SER RECONSTRUÍDO COM O MESMO TIPO DE CONCRETO E ARMADURA.
- 7 - A SUPERFÍCIE DA OBRA DE ARMAÇÃO DEVE SER RECONSTRUÍDO COM O MESMO TIPO DE CONCRETO E ARMADURA.

Croqui esquemático da pista experimental contendo os trechos/segmentos teste
Estaqueamento do trecho a cada 20m



Trecho/ Segmento	Estaca	Produto de cura utilizado
1	0 - 2	Produto A – <u>Sem aplicação</u> de produto de cura
2	2 - 4	Produto B – CM 30
3	4 - 6	Produto C – emulsão de RR (ruptura rápida)
4	6 - 8	Produto D – emulsão de RM (ruptura média)
5	8 - 10	Produto E – Emulsão Betunel
6	10 - 12	Produto F – Curacen BR D1
7	12 - 14	Produto G – Master Cure
8	14 - 16	Produto H – Confilme
9	16 - 18	Produto I – Sikament PR
10	18 - 20	Produto J – Sika Suelos
11	20 - 22	Produto K – Antisol
12	22 - 24	Produto L – Antisol PAV
13	24 – 27+15	Produto L – <u>Sem aplicação</u> de produto de cura

50CBC2008



Detalhes de alguns ensaios no controle tecnológico realizados na execução da base de solo-cimento



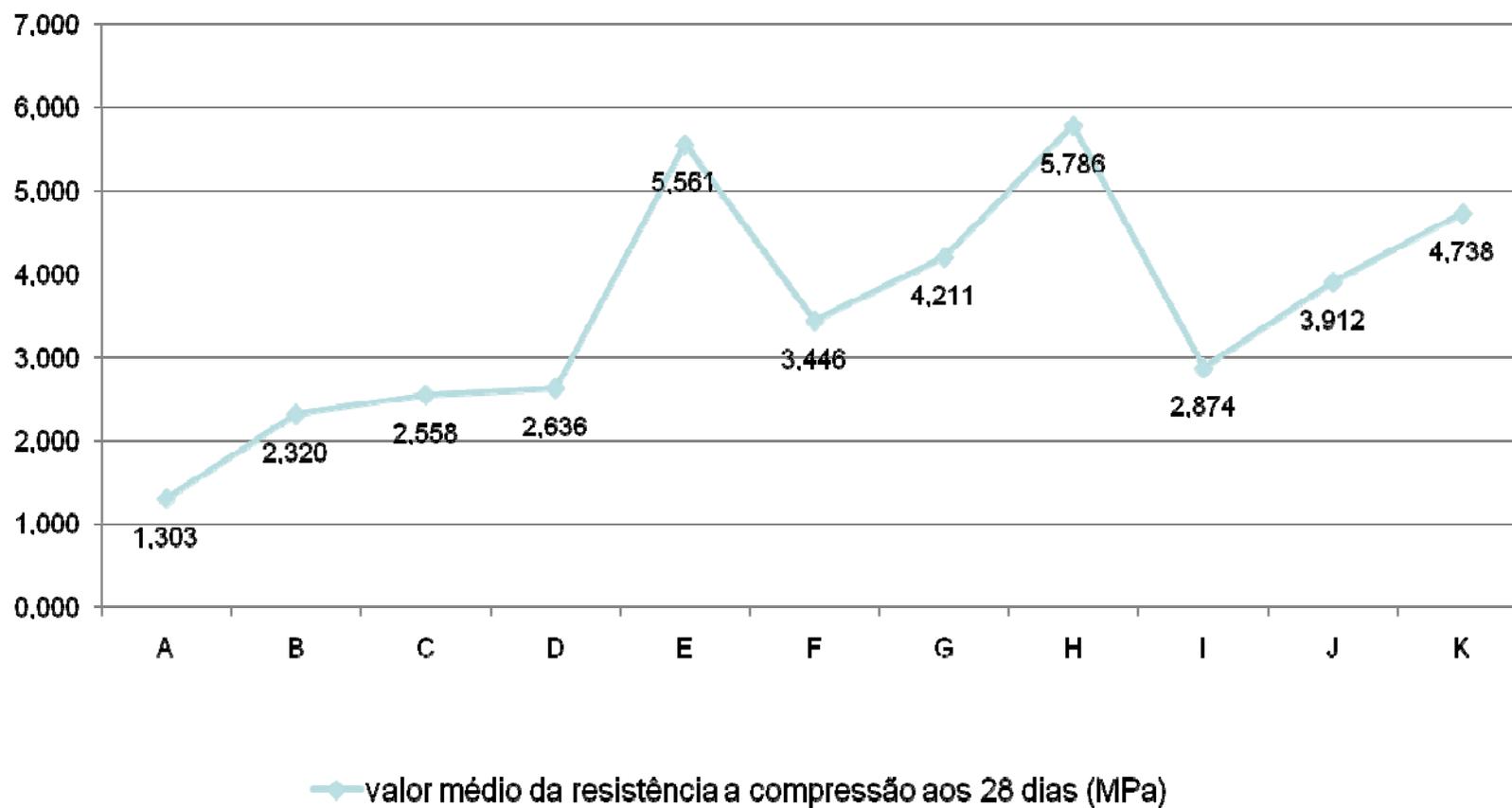
PESQUISA DE LABORATÓRIO

Amostra	Produto de cura utilizado
A	Produto A – pulverizado sobre a superfície
B	Produto B – pulverizado sobre a superfície
C	Produto C – pulverizado sobre a superfície
D	Produto D – pulverizado sobre a superfície
E	Produto E – pulverizado sobre a superfície
F	Produto F – pulverizado sobre a superfície
G	Produto G – incorporado na água de compactação
H	Produto H – incorporado na água de compactação
I	nenhum produto de cura
J	nenhum produto de cura
K	Produto K – pulverizado sobre a superfície

50CBC2008



valor médio da resistência a compressão aos 28 dias (MPa)





CONSIDERAÇÕES FINAIS

O agente de cura deve criar condições que permitam o desenvolvimento do potencial de resistência e durabilidade, para que sejam prevenidos possíveis danos causados pela secagem e/ou gradiente térmico durante as primeiras idades da estrutura.

Analisando-se a variação da massa, notou-se que os produtos de cura não impermeabilizaram a superfície uma vez que permitiram a variação da massa do corpo de prova, conforme ocorria a incidência de sol ou de chuva.

Observou-se, no entanto, que a sua aplicação, com exceção da emulsão RR1C contribuiu para evitar o surgimento de fissuras devido a retração. O surgimento de trincas no material tratado com cimento ocorreu nos corpos de prova sem tratamento ou com a aplicação da emulsão, por uma série de razões, tais como a hidratação do cimento, variação da temperatura e a secagem, sendo mais intensa nas idades iniciais (PCA, 2003).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O curioso dessa pesquisa foi constatar que a aplicação de alguns agentes resultou em uma melhora significativa da resistência a compressão, sendo que os produtos E, H e K apresentaram o melhor desempenho além de baixa variação da massa, significando que impermeabilizaram bem a superfície, além de protegerem contra o aparecimento de fissuras.

As orientações para o procedimento e momento de aplicação dos produtos fornecidas pelos fabricantes se mostraram eficientes. Cabe salientar que após a aplicação dos agentes de cura, a superfície deve ser protegida contra qualquer ação mecânica,

Para futuras pesquisas laboratoriais, recomenda-se repetir o mesmo procedimento com os agentes de cura, submetendo-se os corpos-de-prova a uma situação crítica de secagem, mantendo-os em estufa, com temperatura controlada de 40°C. Esses valores obtidos serão comparados com os de campo.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à LENC – Laboratório de Engenharia e Consultoria Ltda pela realização dos ensaios, em especial ao Ms. Álvaro Sérgio Barbosa Jr. e ao chefe do laboratório Benicio Bibiano Bento.



OBRIGADA!

**ESTUDO DO DESEMPENHO DE DIFERENTES
MATERIAIS UTILIZADOS PARA A CURA DE
CAMADAS DE SOLO CIMENTO**

Rita Moura Fortes; João Virgilio Merighi; Alex Bandeira
Engenharia Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie

rmfortes@terra.com.br