

O objetivo do trabalho foi avaliar a infraestrutura ligada ao tubular track no Pátio de Estiva Gerbi. Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a especificação técnica;
- Realizar inspeção de campo;
- Verificar os sistemas de drenagem;
- Avaliar a capacidade de suporte da plataforma.

A tecnologia Tubular Track pode trazer ganhos interessantes na construção e na sua manutenção desde que a geotecnia tenha sido empregada de forma adequada. A correta preparação do subleito e construção das camadas de suporte transmitem as cargas adequadamente para o solo e evitam os desnivelamentos excessivos.

2 METODOLOGIA

O grau de compactação da plataforma foi verificado pela comparação do peso específico seco de campo com o peso específico seco máximo do ensaio de compactação de proctor normal conforme a NBR 6457 (ABNT, 1986). Foram retiradas amostras deformadas para ensaio de CBR ou ISC conforme a NBR 9895 (ABNT, 1987). Os ensaios foram realizados pela empresa Falcão Bauer, as quantidades e as normas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de ensaios e normas relacionadas.

I-tem	Norma	Ensaio	Quantidade
1	NBR 7181/84	Análise granulométrica com sedimentação	3
2	NBR 6459/84	Limite de liquidez	3
3	NBR 7180/84	Limite de Plasticidade	3
4	NBR 7185/86	Frasco de areia	3
5	NBR 6508/84	Massa específica dos grãos	3
6	NBR 9895/87	Índice de suporte Califórnia - ISC	3
7	DNER ME 052/94	Determinação da umidade - Speedy	3
8	ASTM D-6951/03	Dynamic Cone Penetrometer - DCP	9

Em uma inspeção de campo realizada no dia 21 de setembro de 2014, pode-se verificar as seguintes anomalias de infraestrutura. A Figura 02 mostra a rota realizada na inspeção do pátio

que se localiza próximo da cidade de Estiva Gerbi. Os pontos 31, 32 e 36 foram considerados críticos e amostras deformadas foram retiradas em cada local (Figura 02).

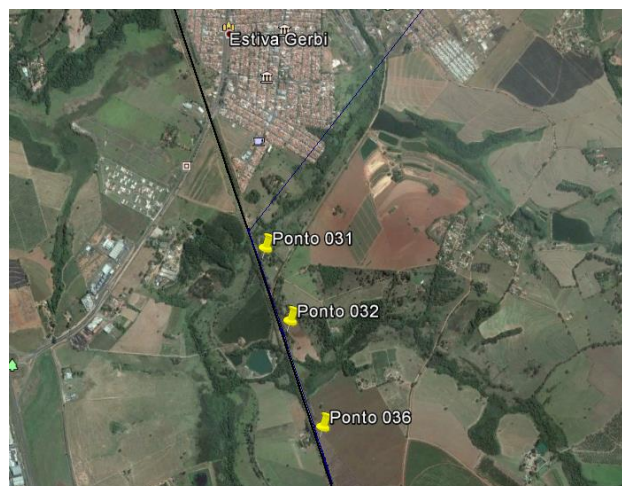


Figura 02. Rota da inspeção no Pátio de Estiva Gerbi e os pontos críticos.

4 RESULTADOS

4.1 Análises de projeto

Ao verificar a especificação técnica apresentada pela empresa Refer Trading número 1126-11 revisão 03 de março de 2012, as características geotécnicas da infraestrutura são as seguintes:

- Declividade da plataforma entre 3% e 5%.
- Pressão máxima na base do sublastro de 1,75 kgf/cm²
- Especificações do subleito com CBR>4% e sublastro com CBR>20% e 20 cm de espessura.
- Construção de sistemas de drenagem e drenos profundos onde for necessário.

Ao comparar as especificações da Refer com o projeto das camadas de suporte apresentado pela Spoornet (2006) que é uma divisão da Transnet, verificam-se várias divergências. A Spoornet realizou uma campanha de ensaios de campo e análises numéricas para validar a solução do tubular track.

Percebe-se que as especificações da Spoornet não foram seguidas na especificação técnica da Refer. As divergências resumidamente são citadas a seguir:

- As camadas de suporte com várias camadas e diferentes capacidades de

suporte foram substituídas por uma única camada de sublastro com capacidade inferior.

- A espessura total das camadas de suporte foi reduzida de 100 cm para 20 cm.
- O CBR de 60% da última camada foi substituído por um CBR de 20%.
- A declividade da plataforma de 67% foi substituída por uma declividade de 3 a 5%.

A especificação da empresa Refer não seguiu os requisitos de engenharia desenvolvidos pela Spoornet em relação à capacidade de suporte da plataforma. Como as camadas de suporte não foram construídas seguindo os estudos de engenharia (Spoornet, 2004), desnivelamentos excessivos e rupturas da argamassa de nivelamento estão ocorrendo.

Pôde-se também perceber que o sistema de drenagem foi construído de forma inadequada com canaletas sem saída, rompidas e acima do nível da plataforma. Os locais com surgência de água não possuem drenos profundos o que satura o solo em excesso e intensifica os desnivelamentos. Além disso, a manutenção preventiva não foi efetiva e causou provavelmente os danos às canaletas.

4.2 Inspeção de campo

O ponto 31 se localiza próximo da AMV (aparelho de mudança de via) no sentido da estação de Mato Seco (ZMQ). As anomalias observadas neste ponto foram:

- Reforço emergencial realizado na plataforma devido a desnivelamento excessivo (Figura 03),
- Falta de contato do tubular track com o subleito (Figura 03),
- Ruptura da argamassa de nivelamento com cunha de madeira (Figura 04),
- Falta de saída da canaleta de centro do pátio (Figura 05).

O ponto 32 está localizado em uma região próxima ao centro do pátio. As anomalias verificadas nesse local são:

- Canaleta quebrada e construída acima do nível da plataforma,

- Limpeza das canaletas deixou o resíduo na lateral como leira que obstrui a drenagem,
- Falta da declividade na plataforma o que dificulta a drenagem e satura o solo em excesso (Figura 06),



Figura 03. Reforço emergencial realizado na plataforma devido a desnivelamento excessivo.



Figura 04. Falta de contato do tubular track com o subleito.



Figura 05. Ruptura da argamassa de nivelamento com cunha de madeira.

O ponto 36 foi considerado mais crítico. Ele está localizado próximo do AMV no sentido de Mogi Guaçu (ZMG). As anomalias estão descritas como seguem:

- Desnívelamento excessivo e restrição de velocidade,
- Sugência de água e falta de dreno profundo,

- Canaletas meia-cana danificadas.



Figura 06. Falta da declividade na plataforma o que dificulta drenagem e satura o solo.

4.3 Ensaios de laboratório e campo

Os resultados dos ensaios solicitados foram inseridos como anexo neste documento e estão apresentados de forma resumida na Tabela 2.

Os materiais foram classificados como A-6 conforme a classificação rodoviária da AASHTO (Das, 2011). Os solos classificados como A-6 possuem comportamento como sub-leito considerado fraco a pobre. Além disso, os ensaios de CBR ou ISC mostram que a resistência do solo em campo é bem inferior ao necessário para uma plataforma ferroviária. As porcentagens do CBR em campo foram 11, 2 e 10, média 7,67%. Segundo Brina (1988), o valor mínimo necessário para suportar as cargas da superestrutura com lastro e dormentação na taxa utilizada pela FCA seria de 20%. O material não suporta as cargas de uma estrutura convencional. As cargas do tubular track são ainda superiores, isso explica porque a estrutura entrou em colapso. Outra característica inadequada foi a expansão da amostra 2 que apresentou 5,9 mm, sendo que o limite é 1,5 mm. Dessa maneira, o material não possui características mínimas de sub-leito em plataformas ferroviárias.

Os resultados do DCP também estão em anexo e resumidos na Tabela 3. Os resultados do DCP não estão conferindo com os ensaios de laboratório. Isso pode ter ocorrido pela contaminação da plataforma com lastro. A ponteira do DCP pode apresentar uma resistência maior que o real quando atinge material granular que está misturado ao solo do

local. Dessa maneira, os valores ficaram bem superiores aos obtidos em laboratório.

Mesmo assim, ao se comparar com os valores mínimos especificados para o tubular track definidos pela Spoornet (2006), as tensões estão bem inferiores ao necessário para a primeira camada com espessura de 20 cm. A média foi de 32,7% do CBR que deveria ser de 60%, ou seja, metade do necessário. Os valores em vermelho são aqueles que não estão conforme a especificação.

5. CONCLUSÕES

O solo da plataforma ferroviária do Pátio de Estiva Gerbi foi classificado como fraco a pobre para sub-leito e expansão bem acima do limite. Além disso, os valores de CBR são muito inferiores ao necessário para o sistema convencional de superestrutura com lastro e dormentes que é menos restritivo que o tubular track.

Mesmo o ensaio de DCP, que não foi indicado para o local, mostrou que o material não possui a resistência necessária para o sistema de tubular track. A área de engenharia de infraestrutura da VLI já havia sinalizado e comunicado que a plataforma requer reforços em todo trecho pátio. Apenas a linha principal que foi construída anteriormente está estável. Finalmente, os ensaios confirmam a necessidade de reforço que pode ser realizada por meio de substituição do material, lançamento de geogrelhas ou injeção de calda de cimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à VLI pelo apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. NBR6508.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). Solo - Análise Granulométrica. NBR 7181.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). Solo - Determinação do Limite de Liquidez. NBR 6459.

Tabela 2. Resumo dos ensaios geotécnicos no Pátio de Estiva Gerbi.

Amostra			1	2	3
Data			24/02/2016	24/02/2016	24/02/2016
Local			AMV aguai	339+018	AMV Mogi
Argila	$\phi < 0,002$	(%)	14,4	25,3	21,2
Silte	$0,002 < \phi < 0,06$	(%)	23,7	25,6	19,9
Areia fina	$0,06 < \phi < 0,2$	(%)	18	21,9	13,7
Areia média	$0,2 < \phi < 0,6$	(%)	17,7	17	15,1
Areia grossa	$0,6 < \phi < 2$	(%)	7	3,3	7,6
Pedregulho	$2 < \phi < 60$	(%)	19,2	7	22,4
Classificação visual-táctil			Argila siltosa vermelha	Argila siltosa vermelha	Argila arenosa vermelha
Peso específico dos grãos		(g/cm ³)	2,664	2,665	2,664
Limite de Liquidez – LL		(%)	29	38	29
Limite de Plasticidade - LP		(%)	17	25	13
Índice de Plasticidade - IP		(%)	12	13	16
Classificação Rodoviária			A6	A6	A6
Índice de grupo		0-20	2	9	2
γ seca máx.	laboratório	(g/cm ³)	1,808	1,663	1,871
γ seca	campo	(g/cm ³)	1,757	1,631	1,779
Grau de compactação		(%)	97,2	98,1	95,1
Umidade ótima		(%)	16,4	17,9	15,4
Umidade de campo		(%)	19,2	18,6	16,3
Desvio de umidade		(%)	2,8	0,7	0,9
Expansão		mm	0,2	5,9	0,1
C.B.R. ótimo		(%)	12,5	2,5	20,2
C.B.R. de campo		(%)	11	2	10

Tabela 3. Resultados resumidos dos ensaios de DCP no Pátio de Estiva Gerbi.

Local	Furo	Profundidade (cm)		
		20	40	60
AMV sentido Aguai	1	27.80	41.00	53.00
	2	27.00	60.50	60.50
	3	26.50	74.20	74.20
	Média	27.10	58.57	62.57
Ponto intermediário	1	24.50	59.00	59.00
	2	20.00	62.00	62.00
	3	60.00	60.00	60.00
	Média	34.83	60.33	60.33
Pátio sentido Mogi	1	40.00	30.00	30.00
	2	36.50	32.50	32.50
	3	32.00	32.00	2.50
	Média	36.17	31.50	21.67
Valores mínimos	Tubular track	60.00	30.00	20.00

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. NBR 7180.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986). Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. NBR6457.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). Solo – Índice de suporte Califórnia. NBR 9895.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987) NBR 9895 – Solo – Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro. 14p.
- ASTM (2003) D-6951/03 – Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. ASTM International. 7p.
- BRINA, H. L. (1988) Estradas de Ferro. Via permanente. Volume 1. 2ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG. 259p.
- DAS, B. M. (2011) Fundamentos de Engenharia Geotécnica. 7ª ed. São Paulo: Cengage Learning. 206 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. (1994) DNER-ME 052/94 Solos e agregados miúdos- determinação da umidade com emprego do “Speedy”. 4p.
- PEREIRA DE ALMEIDA, R. (2015). Parecer técnico de infraestrutura do Tubular Track no Pátio de Estiva Gerbi. Biblioteca da VLI. Belo Horizonte. 12p.
- SPOORNET. (2004) Tubular Track: Final report on laboratory tests and numerical analysis. Technical Report. Transnet Limited.
- SPOORNET. (2006) S410 – Specification for railway earthworks. Technical Specification. Transnet Limited.