

Composição para fabricação de dormentes de concreto reforçado com fibras

1. OBJETIVO

Considerando os progressos no uso de resíduos na otimização das propriedades físicas e mecânicas do concreto, o objetivo geral, deste trabalho, consiste na análise da viabilidade técnica, econômica e comercial do emprego de materiais alternativos em uma mistura de concreto que pode vir a ser utilizada na fabricação de dormentes como forma a reduzir os impactos ambientais, mantendo a durabilidade e o desempenho necessários.

2. JUSTIFICATIVA

O sistema ferroviário brasileiro totaliza, atualmente, 28465 km sob administração de concessionárias, concentradas na região Sul, Sudeste e Nordeste, representando em 2010, 25% da matriz de transporte de carga do país. Projeta-se que em 2025, 35% desse transporte seja efetuado por meio de trens. A figura 1 apresenta a distribuição da matriz de transportes brasileira no ano de 2010 e a planejada para 2025, o que evidencia, entre outros, a intenção de que o sistema ferroviário supere, em quilometragem, o sistema rodoviário em pouco tempo tornando-se, inclusive, o principal modal do país.

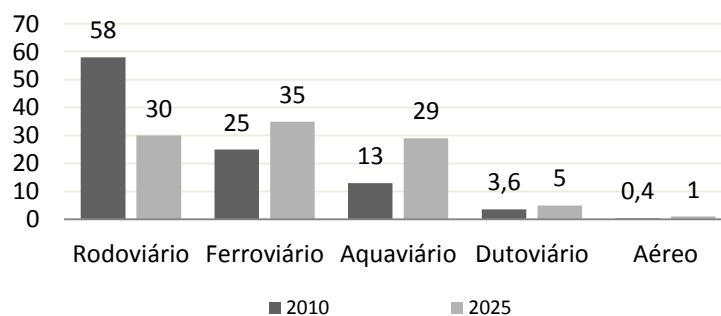


Figura 1– Matriz de transportes atual e planejada no Brasil (em %) Fonte: Adaptado de ABIFER (2010)

Dentro deste contexto, menciona-se que os desafios para o desenvolvimento do setor ferroviário dependem de 12 fatores apresentados na Agenda Estratégica para o Setor de Transporte Ferroviário de Cargas, conforme ilustrado na Figura 2. Sendo assim, o ambiente sustentável, tecnologia sustentável (item essencial para o desenvolvimento ferroviário onde é a intenção de obter novos materiais e tecnologia em instituições de pesquisa e desenvolvimento) e outros estão incluídos.

Por razões econômicas e principalmente ambientais, a maioria dos estudos recentes voltados a soluções para dormentes está concentrada em materiais alternativos à madeira.

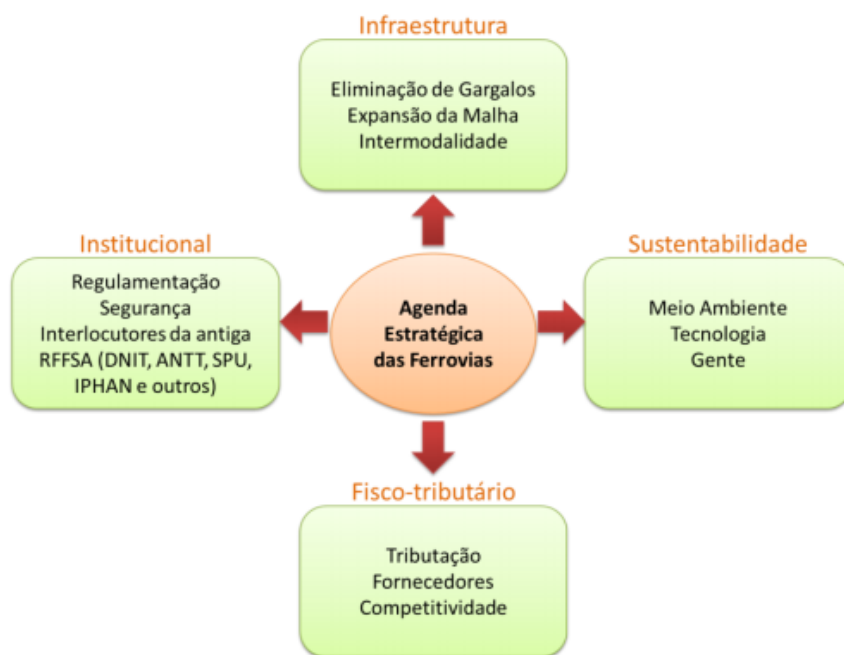


Figura 2 – Agenda estratégica para o Setor de Transporte Ferroviário de Cargas Fonte: Adaptado de ANTF (2011).

Apesar do forte potencial siderúrgico do Brasil, o dormente metálico ainda é pouco utilizado, principalmente, devido ao condicionamento do seu custo às oscilações do valor do aço no mercado. Em contrapartida, os dormentes de aço podem ser reciclados e possuem vida útil elevada, em torno de 60 anos.

O dormente de concreto que é um produto consagrado na Europa (sobretudo na Bélgica, França e Alemanha), no Japão e em alguns países da África, correspondendo a aproximadamente 40% da demanda desses países possuem preços mais elevados que os de madeira, por outro lado, apresentam vida útil de 3 a 4 vezes superior. No entanto, seu uso é controverso devido a sua excessiva rigidez e menor resistência a impactos. Entre suas vantagens citam-se: maior estabilidade da via; economia de lastro; pouca sensibilidade a agentes atmosféricos; maior resistência lateral e vertical devido à maior massa do concreto; geometria mais uniforme da via, resultando em rolamento mais suave, seguro e maior conforto para os passageiros; maior vida útil do dormente; menor espaçamento longitudinal, exigindo um menor número de unidades por quilômetro; garantia da homogeneidade e qualidade do produto final; versatilidade no emprego dos mais diversos sistemas de fixação dos trilhos.

Atualmente, as normas ambientais e de desenvolvimento urbano buscam alternativas para minimizar os custos de transporte dos materiais e componentes empregados nos diversos setores da indústria da construção civil, resultando em muitas pesquisas sobre a reciclagem de materiais de construção para a produção de concreto. Como resultado destes benefícios econômicos e ambientais, o conceito de reciclagem e reutilização ganhou impulso nas últimas décadas.

Esta pesquisa analisou a viabilidade técnica da mistura de concreto (fabricado com emprego de cimento Portland + areia artificial (resíduos de mármore

triturado) + agregado graúdo + fibra de vidro (resíduos de fibra óptica para a produção de os dormentes, inserindo-se, portanto, o conceito sobre desenvolvimento sustentável (ambiental, econômico e social).

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

A parte técnica deste trabalho visou avaliar as propriedades de uma mistura destinada a fabricação de dormentes de concreto, sendo confeccionados corpos de prova empregando-se o traço: 1:1,83:2,83:0,46:0,007 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo: fator água/cimento: adição(fibras – resíduo de fibra óptica)), (traço esse resultado de estudos anteriores), objetivando obter a resistência à compressão mínima aos 28 dias de idade superior a 40 MPa, valor estipulado em norma (NBR11709, 2010) para dormentes bibloco de concreto armado. A presente pesquisa dedicou-se efetivamente a execução dos ensaios de caracterização do concreto endurecido, conforme demonstrado na Tabela 1, sendo que a norma apenas exige a execução dos três primeiros ensaios.

Tabela 1 – Ensaio realizados, tempo de cura e número de corpos de prova.

Ensaio	Idade	Dimensão do CP	Número de corpos-de-prova
Resistência à compressão axial - NBR 5739 (2007)	3	10x20cm	6
	7		6
	28		6
Resistência à tração por compressão diametral – NBR 7222 (2010)	3	10x20cm	6
	7		6
	28		6
Resistência à tração na flexão – NBR 12142 (2010)	28	15x15x60cm	4
Módulo de elasticidade - NBR 8522 (2008)	28	15x30cm	3
Coefficiente de Poisson - NBR 8522 (2008)	28	15x30cm	3
Absorção por imersão - NBR 9778 (2005)	28	10x20cm	3
Absorção por sucção capilar - NBR 9779 (1995)	28	10x20cm	3

4. RESULTADOS E ANÁLISES

A Tabela 2 apresenta a média dos resultados obtidos para cada tipo de ensaio realizado nos concretos com e sem adição dos resíduos de fibras, incluindo os coeficientes de variação (CV), sendo este último inferior a 25%, comprovando a aceitabilidade dos resultados.

Tabela 2 – Resultados do programa experimental (media) para o traço 1: 1.83 : 2.83 : 0.46 : (0,007) (cimento: areia rtificial: agregado graúdo: fator água cimento: rejeito de fibra– slump = 80 mm).

	Idade (dias)	Com fibra	CV (%)	Sem fibra	CV (%)
Resistência à compressão (MPa)	3	26,16	1,54	19,65	8,83
	7	36,98	2,20	24,47	1,74
	28	46,30	3,50	35,49	1,37
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	3	3,40	8,07	2,43	7,78
	7	4,97	3,02	3,51	2,91
	28	5,19	0,88	4,25	2,45
Resistência à tração na flexão (MPa)	28	6,15	2,53	5,05	1,62
Módulo de elasticidade (GPa)	28	40,93	4,41	50,47	2,18
Coefficiente de Poisson	28	0,38	6,74	0,47	8,92
Absorção por imersão	28	5,47	2,01	5,55	1,36
Absorção por sucção capilar	28	0,81	7,71	0,88	9,63

Analisando os resultados é possível verificar que:

- i) A resistência à compressão aumentou cerca de 30% com a adição de resíduos de fibra óptica;
- ii) A resistência à flexão aumentou cerca de 20% com a adição de resíduos de fibra óptica;
- iii) O módulo de Elasticidade e coeficiente de Poisson diminuiu cerca de 20% com a adição de resíduos de fibras ópticas;
- iv) A absorção de água diminuiu de aproximadamente 10% com a adição de resíduos de fibras ópticas.

As fibras têm sido utilizadas há muito tempo para reforçar os materiais frágeis. O concreto reforçado com fibras tem, pelo menos, uma ordem de magnitude de maior tenacidade (ductilidade, impacto e outros).

Embora a tecnologia desenvolvida (mistura de concreto “ecológico”) possui um grande número de possibilidades de aplicação em produtos do setor construtivo, o produto prioriza uma fatia de mercado consistente e em acelerada ascensão.

5. Análise da integração do trinômio Tecnologia–Produto–Mercado

Os **pontos ambientais** positivos da tecnologia tratam-se do uso de resíduos industriais em novos produtos, minimizando todos os inconvenientes causados pela disposição, correta ou não, de resíduos sólidos. Além disso, alguns estudos mencionados apontam a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa 96 na atmosfera com o uso de dormentes de concreto, em substituição aos de madeira e plástico. Como pontos ambientalmente negativos, pode-se mencionar o transporte dos materiais alternativos. Esses materiais são oriundos de fontes cuja atividade principal não é a produção dos mesmos, diferentemente do caso da areia de rio ou artificial. Dessa forma, o número de fornecedores pode ser reduzido e não necessariamente próximo a seus clientes secundários (os de resíduos) como o de fornecedores de materiais convencionais, demandando o frete a distâncias maiores e, na maioria dos casos, rodoviário (grande emissor de gases poluentes). Outro ponto negativo a ser considerado são os resíduos oriundos do próprio processo de fabricação da mistura e de seus produtos, com propriedades distintas as do RCD (resíduos da construção e demolição) convencionais, ainda não conhecidas.

Quanto aos **aspectos sociais**, os pontos positivos relacionam-se, além da geração de emprego na indústria e no transporte, ao desenvolvimento do empreendedorismo inovador na região, podendo futuramente agregar mais profissionais em pesquisas afins ou na de novos tipos de tecnologia em prol da solução de problemas da sociedade, a exemplo dos vetores nocivos gerados pela disposição de entulhos em terrenos ou “bota-foras”. Outro aspecto importante trata-se da conscientização dos fabricantes e dos clientes promovida por tal iniciativa quanto ao reuso e reciclagem de uma forma geral. Dentre os aspectos negativos, o mais agravante corresponde às implicações à saúde causadas pela manipulação frequente do pó residual do mármore sem equipamentos de proteção.

Na análise **estratégica e econômica** deve-se considerar que o dormente proposto (330 kg) possui o peso 8% inferior ao dormente tradicional (357 kg), o que proporciona uma grande economia no transporte dos produtos acabados. O plano de vendas, faturamento, cálculo de alíquotas de impostos, custos e despesas, são imensuráveis para o escopo da pesquisa, visto que esses valores variam de acordo com as políticas já existentes adotadas por cada fabricante.

A análise de **mercado** destacam-se como principais vantagens competitivas os benefícios econômicos e ambientais. Os produtos resultantes serão constituídos por cerca de 30% de resíduos, reduzindo consideravelmente seus

custos de execução. Há de se considerar que as vantagens ambientais configuram o maior chamariz comercial da tecnologia, visto que produtos que apresentam soluções para problemas ambientais no setor da construção civil ganham a cada dia mais aceitação e visibilidade pelo mercado e por órgãos regulamentares.

A integração *Tecnologia – Produto* depende ainda de experimentos técnicos mais específicos, no caso do produto priorizado, relacionados às propriedades mecânicas dos dormentes nas dimensões reais e protendidos (protótipos funcionais), preferencialmente *in loco*. Os ensaios sobre o concreto endurecido e as análises de viabilidade complementares, evidenciaram o potencial para o desenvolvimento de dormentes em acordo com as exigências normativas e vantajosos financeira, ambiental, comercial e socialmente, em escala industrial.

Já a integração *Produto-Mercado* apresenta aspectos mais vantajosos. A fabricação dos dormentes com o uso da nova mistura não demanda grandes investimentos adicionais em estruturas fabris já existentes. Além disso, o contexto político no que se refere a mudanças em requisitos ambientais aliado ao crescimento emergente do setor ferroviário, contribui para a absorção e aceitação rápida do produto. Os resultados obtidos atestam uma excelente características mecânicas e de durabilidade.

6. CONCLUSÕES

O uso de resíduos do beneficiamento do mármore, embora antes experimentados na confecção de compósitos diversos, quando empregados juntamente a resíduos de fibra óptica como adição, apresenta resistência e módulo de elasticidade adequados que podem, por sua vez, ampliar as possibilidades de aplicação da mistura. Outro fator importante é a sua motivação ecológica, em um primeiro momento, relacionada à reciclagem de resíduos e, em um segundo, pela economia de cimento identificada, alinhada, portanto, às preocupações quanto à sustentabilidade no desenvolvimento de produtos. As inúmeras possibilidades de aplicação de uma mistura de concreto com as características avaliadas caracterizaria a tecnologia como plataforma. Porém, os ensaios priorizados orientaram-na a uma aplicação específica (dormentes de concreto), que por si só já possui uma grande variedade de formas de aplicação possíveis e, por esse motivo, optou-se pela tratativa de tecnologia aplicada, mais focada ao emprego específico.

E, finalmente, as *vantagens técnicas* dessa mistura proposta esta fundamentada na qualidade comprovada através dos ensaios realizados, enquanto que as *vantagens econômicas* se referem à possibilidade de redução das dimensões da peça (dormente) e redução dos custos de transporte e as *ambientais* no reaproveitamento de rejeitos de mármore e fibra óptica, inserindo, dessa forma, esse novo material ao conceito de desenvolvimento sustentável.