

Avaliação de Resultados de Ensaios à Tração de Vergalhões de Fibras de Vidro e de Aço para o Uso no Grampeamento da Frente de Escavação de Túneis em Maciços Terrosos

Gustavo Pagliari Valerio dos Santos

Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, Brasil, gpagliari92@gmail.com

Leonardo Demetrio

Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, Brasil, leo.demetrio@bol.com.br

Maria Júlia Ibidi Limongi França

Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, Brasil, mariajuliaif@gmail.com

Fernando Luiz Lavoie

Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, Brasil, fernando.lavoie@maua.br

Daniel Kashiwamura Scheffer

Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, Brasil, daniel.scheffer@maua.br

RESUMO: Este trabalho de graduação apresenta um estudo do comportamento da fibra de vidro quanto a sua aplicação como elemento de reforço no sistema de contenção de maciços terrosos na forma de vergalhões, bem como apresenta uma comparação com relação ao aço para a mesma aplicação. O estudo foi concebido a partir de resultados de ensaios de ruptura à tração realizados com vergalhões de fibra de vidro e de aço, bem como o desenvolvimento de um estudo estatístico aprofundado com o intuito de aumentar a precisão dos resultados, além de obter informações mais refinadas a respeito das condições reais de diferenciação a serem consideradas no dimensionamento de ambos os materiais, de modo a viabilizar uma determinação mais concisa das vantagens apresentadas de um material com relação ao outro quanto a sua resistência à tração. Seria possível realizar o estudo estatístico por meio do padrão Normal (curva de Gauss), o qual considera os valores da média e do desvio padrão obtidos como sendo os valores globais para ambos os materiais. Contudo, devido ao número reduzido de corpos de prova disponível para realização dos ensaios, considerou-se o padrão t-Student para análise comparativa entre os dois grupos. Por este, toma-se como base a média e o desvio padrão dos resultados obtidos para as amostras para se comparar a resistência à tração média de ambos os materiais globalmente. Os ensaios realizados com o objetivo de comparar os dois materiais, bem como o estudo estatístico proposto perante os resultados, permitiram afirmar que, em média, os vergalhões de fibra de vidro apresentam resistência à tração na ruptura com superioridade estatisticamente significativa em relação aos vergalhões de aço. Tal afirmação é assegurada pelos resultados obtidos para a variável p-value, a qual apresentou valores dentro do nível de significância.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Grampeado; Ensaios à Tração; Vergalhões; Fibras de Vidro; Aço.

1 INTRODUÇÃO

Há mais de quatro mil anos já eram escavados

túneis em montanhas na Europa para a extração e transporte de ouro, cobre e sal. Nesta ocasião, sua execução era realizada com o uso de

instrumentos manuais e se dava de forma lenta e dificultosa. O desenvolvimento tecnológico com o passar dos séculos promoveu não somente a elaboração de metodologias mais produtivas de escavação, como também o aumento da demanda por novas vias, em especial por meios terrestres, tanto para o transporte de materiais como de pessoas. Atualmente, diversas obras de infraestrutura viária fazem necessária a abertura de passagens subterrâneas a fim de evitar grandes impactos ambientais, socioeconômicos e urbanísticos, principalmente nos grandes centros urbanos.

De acordo com a composição do solo de determinados taludes ou maciços terrosos a serem perfurados, faz-se necessário o emprego de contenções especiais para as paredes do túnel durante a fase de escavação, com o propósito de impedir o seu colapso, que ocorre devido à redução da tensão de confinamento do solo durante a execução desses serviços. Um sistema de contenção de maciços terrosos bastante comum na construção civil é o solo grampeado. Tal técnica se baseia no reforço do solo através da inclusão de elementos resistentes a flexão composta, denominados “grampos”, que podem ser barras de aço, barras sintéticas, micro-estacas, ou mesmo estacas. Os grampos, ou vergalhões, são instalados horizontalmente ou com certa inclinação vertical, de forma a introduzir esforços resistentes de tração, cisalhamento e momentos fletores.

Os vergalhões podem ser constituídos de diversos materiais, como o aço (mais tradicional), a fibra de carbono e a fibra de vidro. Esta última apresenta algumas propriedades favoráveis, como alta resistência mecânica, resistência à tração superior a quase todos os metais, boa resistência ao impacto, baixa absorção de água, e resistência química à maioria dos microorganismos.

O vergalhão de fibra de vidro ainda é pouco utilizado no Brasil. Em diversos países Europeus, no entanto, o cenário se inverte por conta do material ser imune a corrosão, o que fomenta seu uso principalmente em regiões sujeitas a períodos de neve intensa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

O primeiro túnel de que se tem notícia no Brasil começou a ser executado no início de 1948, quando foram contratados geólogos para o estudo da abertura do túnel de Santa Cecília, escavado pela “Light”, no Rio de Janeiro. Como exemplo de linha metroviária totalmente subterrânea, pode-se citar, entre outros casos, a Linha 2 (Verde-Paulista) do Metrô da cidade de São Paulo, em particular as Estações Brigadeiro e Trianon-MASP, construídas sob a Av. Paulista em locais com baixíssima cobertura de solo (apenas 4 metros). Durante a construção, o tráfego de veículos não precisou ser interrompido por um único dia sequer. A Figura 1 mostra uma perspectiva das Estações Brigadeiro e Trianon-MASP, ilustrando a sua disposição tridimensional.

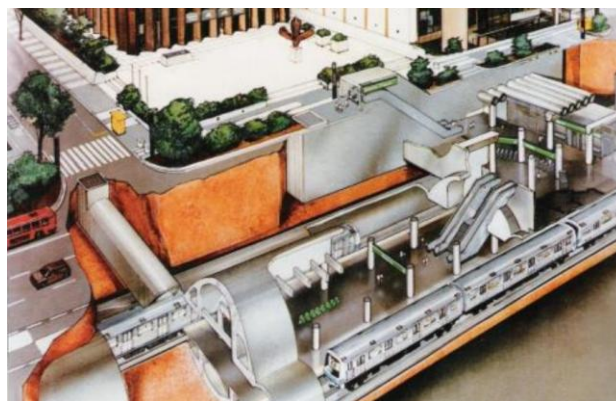


Figura 1. Perspectiva das Estações Brigadeiro e Trianon-MASP (Comitê Brasileiro de Túneis, 2006).

2.2 Método NATM

O NATM, sigla para “New Austrian Tunneling Method”, é um método de escavação de túneis desenvolvido entre os anos 1957 e 1965 pelos professores austríacos Landislau Von Rabcewicz, Leopold Muler, e Franz Pacher, criado a partir do método austríaco ATM (Austrian Tunneling Method), que consistia na aplicação de escoras de madeira provisórias para a escavação da seção plena, e, posteriormente a escavação, eram inseridos os suportes definitivos. O ATM apresentava certos pontos negativos, como a utilização de grandes montantes de madeira na execução do escoramento provisório das paredes do maciço e os recalques excessivos, que viriam a ser retificados com o NATM, no qual o uso de

vergalhões e camada de concreto projetado na frente de escavação dispensa o uso de outros materiais para escoramento. Através do novo método, possibilitou-se aliviar as tensões e permitir as deformações, controlando-as quando necessário.

O NATM é considerado um método de escavação sequencial, por conta de seu processo construtivo seguir uma sequência cíclica baseada nas seguintes etapas: escavação do maciço, limpeza na frente de escavação, instalação do sistema de suporte e adoção de medidas construtivas auxiliares. Após a escavação, executa-se uma camada de revestimento com concreto projetado, tela metálica, cambotas e chumbadores curtos para estabilizar o peso próprio da terra e suas tensões. Segundo Shlosser (1991), os chumbadores são dispostos de 3 a 6 metros de distância entre si ao longo da galeria, e podem ser inseridos no maciço através de duas técnicas: percussão ou perfuração com a injeção de nata de cimento. Tal método é considerado bastante flexível. Através de medidas auxiliares e de recursos de projeto, construção e tratamento do maciço, viabiliza-se sua aplicação na escavação de túneis em praticamente qualquer condição de solo, e através de qualquer obstrução, incluindo fundações profundas. Isto também é verdade para a escavação de grandes obras subterrâneas, como estações de metrô com coberturas mínimas, de modo a não se ter impacto na superfície (haveria grandes perturbações se utilizado método de escavação a céu aberto). Com o NATM, os recursos atualmente disponíveis permitem escavar qualquer tipo de solo com segurança.

No Brasil, pode-se mencionar como exemplo de aplicação do método NATM a construção da Rodovia dos Imigrantes, que é uma importante ligação entre a capital e o litoral paulista, principalmente com o Porto de Santos. Tal obra foi realizada em duas etapas: a pista ascendente (1969 – 1975), pelo Dersa, e mais de 20 anos depois, a pista descendente (1998 – 2002), pela Ecovias dos Imigrantes, já no âmbito do programa de concessão. O projeto da pista ascendente previu a execução de uma sucessão de túneis e viadutos, restringindo cortes que pudessem alterar o equilíbrio natural das

encostas, o que tornou a construção de caminhos de serviço e acessos aos emboques dos túneis o ponto mais crítico das obras. Após pesquisas de novas técnicas e processos construtivos que, aliados à segurança, trouxessem maior produtividade, rentabilidade e flexibilidade para a construção, introduziu-se o método no Brasil, o que representou um grande marco histórico para a abertura de túneis no país.

As obras do Trecho Norte do Rodoanel foram executadas, também, segundo o método NATM, porém com vergalhões de fibra de vidro em substituição aos tradicionais de aço. Optou-se por esta alteração no material devido à praticidade visualizada na limpeza da frente de escavação após a explosão da rocha. No caso do aço, forma-se um emaranhado entre os vergalhões que posteriormente exige o corte das barras individualmente com o uso de maçaricos. Para a fibra, o prazo de execução é reduzido significativamente por conta de seus grampos serem facilmente rompidos pelo próprio maquinário de escavação do túnel.

Quanto ao material propriamente dito, a primeira vez que foram utilizados vergalhões de fibra de vidro para reforço na frente de escavação de túnel foi em 1895, nos túneis da linha ferroviária de alta velocidade que liga Roma a Florença, na seção conhecida como Florença-Arezzo. Tal região apresenta formações geológicas de baixa qualidade, uma mistura de solo argiloso e arenoso e diversos trechos submersos, o que viria a causar dificuldades consideráveis durante a construção, e até mesmo o colapso de um dos trechos, obrigando a interdição da obra e a elaboração de novos projetos para os túneis (Lunardi, 2008). O túnel que ligava Florença e Arezzo foi transformado em uma enorme construção experimental. Os reforços com a fibra de vidro permitiram a escavação de toda a face, dando a cavidade formato côncavo para favorecer a produção natural de um efeito em arco longitudinal. Os primeiros experimentos foram baseados nos seguintes parâmetros (Lunardi, 2008):

- Comprimento de cada seção reforçada: $L = 15\text{m}$;
- Diâmetro dos vergalhões de fibra de vidro: $\varnothing =$

60/40 mm;

- Sobreposição entre as seções reforçadas: $S = 5$ m.

A Figura 2 ilustra um esquema de execução desse sistema.

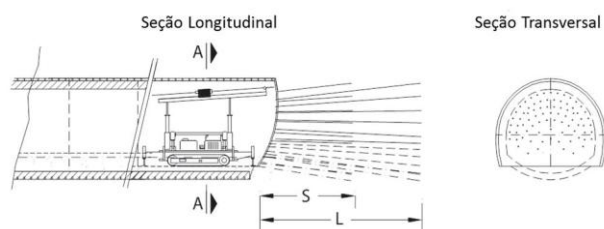


Figura 2. Posicionamento dos Vergalhões nas Seções Longitudinal e Vertical do Túnel Florença-Arezzo (Lunardi, 2008).

2.3 Fibra de Vidro

A produção de fibras de vidro teve início há cerca de 2300 anos na região do Mediterrâneo, próximo à antiga Síria, Grécia e Egito. Artesãos na época começaram a produzir as fibras através de bastões de vidro aquecido para aplicá-la como relevo sobre a superfície de produtos acabados. Comercialmente, a fibra de vidro começou a ser desenvolvida no ano de 1939, no decorrer da 2ª Guerra Mundial, com o intuito de fornecer rigidez aos equipamentos bélicos. Atualmente, as fibras de vidro são aplicadas em mais de 35.000 produtos em praticamente todos os segmentos industriais. Estas são obtidas a partir de uma mistura de óxidos de Si, Al, B, Ca e Mg, e são normalmente utilizadas como reforços para termoplásticos devido ao seu baixo custo (Ota, 2004).

De forma geral as fibras de vidro apresentam diversas vantagens com relação a outros compósitos poliméricos que justificam o fato de este ser o material mais utilizado entre os mesmos. Pode-se mencionar sua alta resistência mecânica, resistência à tração superior a quase todos os metais, significativa resistência ao impacto, baixa absorção de água, resistência química à maioria dos micro-organismos, baixo coeficiente de dilatação térmica, excelentes propriedades elétricas, incombustibilidade, e possibilidade de obtenção de materiais translúcidos. Este tipo de material é composto por filamentos de vidro de espessuras

reduzidas, que se agregam por meio de aplicações de resinas, silicones, fenóis e outros compostos solúveis em solventes orgânicos. Esta recebe também outra substância catalisadora que pode conter óxidos de potássio, ferro, cálcio e alumínio (Soares, 2007).

Existem diversos grupos de vidros compostos de diferentes tipos de matéria prima, porém a sílica é considerada a mais importante para uso em compósitos. De acordo com Matthews e Rawlings (1994), as fibras são facilmente produzidas por aquecimento do vidro e por moldagem com forças gravitacionais a partir de um mandril de platina. O mandril contém 28 aproximadamente 200 canais, e então 200 fibras de diâmetro de 10 microns são feitas simultaneamente.

Fibras de vidro geralmente apresentam de 5 a 20 microns de diâmetro, e suas superfícies não são livres de falhas, podendo estar intrinsicamente associadas a irritações na pele humana (Wambua et al, 2003).

Como nova forma de utilização da fibra, são produzidos atualmente os vergalhões de fibra de vidro, os quais apresentam excelentes propriedades mecânicas que permitem aplicações diferenciadas dentro da construção civil. Também por conta das propriedades mencionadas anteriormente, vale considerar os cuidados a serem tomados com o manuseio e estocagem do material, que deve ser armazenado em local afastado do solo para evitar a contaminação do mesmo com resíduos, e sempre manuseado por pessoal especializado e com o uso de Equipamentos de Proteção Individual, especialmente luvas para evitar feridas ou problemas de pele nas mãos. Como exemplo de seu uso, pode-se citar a Praia do Futuro em Fortaleza – CE. O local é a segunda área mais atingida pela maresia e poluição salina no mundo, ficando atrás apenas da região do Mar Morto em Israel. Nestes locais, a taxa de corrosão é altíssima, o que pode ser nocivo para a utilização do aço em construções, principalmente prediais. Devido à fibra de vidro apresentar excelente resistência química, esta tem sido utilizada frequentemente como opção para solucionar tal adversidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais Utilizados

Foram realizados ensaios de resistência à tração para os vergalhões de fibra de vidro e de aço, a fim de comparar suas respectivas características mecânicas, em especial sua resistência à tração. Estes ensaios foram realizados em laboratório pela empresa Testin, com posterior emissão de laudo técnico para documentação dos resultados obtidos. Para tanto, utilizou-se uma máquina universal de ensaios, e, para efeito de padronização dos resultados, foram ensaiados vergalhões de 50 cm de comprimento e 12,5 mm de diâmetro para ambos os materiais.

No entanto, por conta da singularidade do vergalhão de fibra de vidro ainda pouco usado no Brasil, os equipamentos utilizados ainda não possuem os requisitos básicos para a execução adequada de ensaios com os vergalhões deste material, principalmente com relação aos dispositivos de fixação dos corpos de prova em suas extremidades, os quais devem ser posicionados de forma a não interferir nos testes, bem como nos resultados posteriormente apresentados. Por conseguinte, para viabilização da elaboração de estudo comparativo entre os dois materiais, foram realizadas adaptações nas extremidades dos vergalhões de fibra de vidro de forma a garantir a precisão da equiparação proposta, conforme apresentado na Figura 3.



Figura 3. Modelo de Corpo de Prova de Fibra de Vidro.

3.2 Método de Ensaio Utilizado

Os ensaios foram realizados de acordo com a norma brasileira NBR ISO 6892-1, que determina os padrões a serem considerados em

ensaios à tração para materiais metálicos. A mesma norma foi utilizada para ambos os materiais, tendo em vista que a fibra de vidro não foi regulamentada pela ABNT até o presente momento.

Para a obtenção das resistências correspondentes aos materiais ensaiados, os corpos de prova analisados foram submetidos ao tracionamento axial até que suas rupturas fossem atingidas.

Foram ensaiados cinco corpos de prova de aço e seis corpos de prova de fibra de vidro, de acordo com as Figuras 4 e 5, respectivamente.

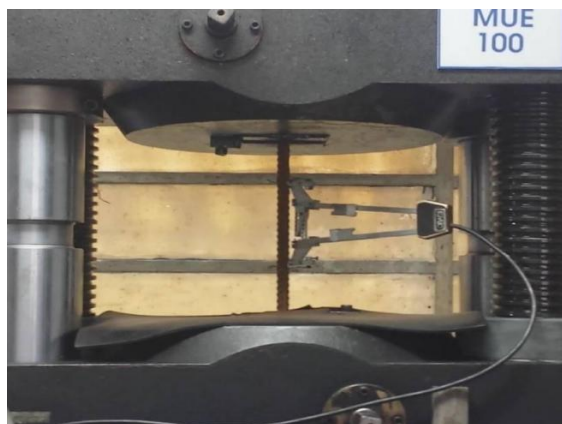


Figura 4. Corpo de Prova de Aço Durante a Realização de Ensaio de Tração.

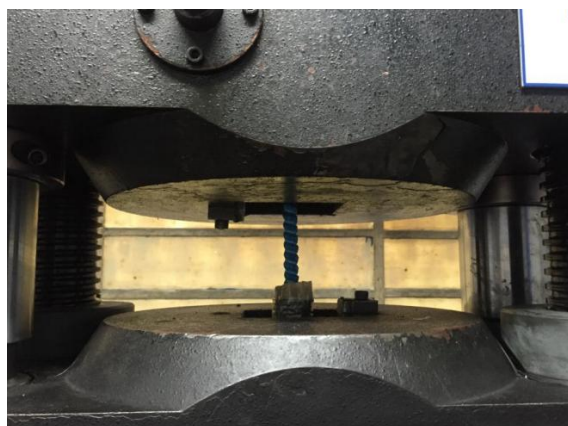


Figura 5. Corpo de Prova de Fibra de Vidro Durante a Realização de Ensaio de Tração.

Para determinação precisa das deformações verificadas no ensaio com as amostras de aço, foi utilizado um extensômetro com precisão milimétrica acoplado à barra durante a aplicação de tensões dentro de sua faixa nominal de regime elástico, apresentado na Figura 4. Devido às suas propriedades físicas, a fibra de vidro possui valores muito próximos de

tensões de escoamento e de ruptura, o que indica que o material apresenta um intervalo de tensões dentro do regime plástico significativamente reduzido em relação ao aço. Desta forma, as deformações são praticamente imperceptíveis antes da tensão de ruptura ser atingida. Além disso, a insuficiência de informações sobre o material não permite estimar com precisão um valor nominal médio destas tensões, o que foi determinante para a opção de não se utilizar o extensômetro neste caso, tendo em vista que o mesmo poderia sofrer danos irreversíveis durante os ensaios quando atingida a ruptura do corpo de prova. Por fim, como visto anteriormente, a própria adaptação necessária para o devido funcionamento do equipamento de ensaio no caso das fibras limita a região visível da amostra lateralmente, o que impossibilita também a fixação deste aparelho nos corpos de prova durante as análises.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Tipos de Ruptura Verificados

A maior ductilidade do aço com relação à fibra de vidro pode ser visualizada nos ensaios realizados. Ainda que por um curto intervalo de tempo, verificou-se uma ligeira redução da área da seção da amostra em seu ponto mais frágil pouco antes de ser atingida sua ruptura, conforme indicado na Figura 6. A mesma deformação não ocorre no caso da fibra de vidro, que se rompe sem apresentar deformações significativas ou visíveis (Figura 7).

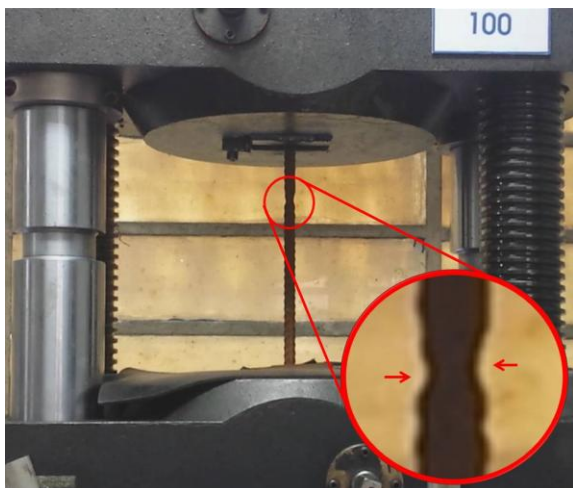


Figura 6. Deformação da Seção Transversal do CP de Aço Durante Ensaio em Zona Frágil.

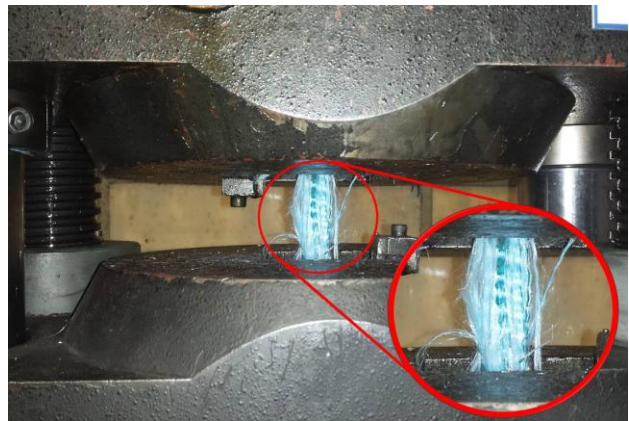


Figura 7. Ruptura do CP de Fibra de Vidro em Ensaio de Tração.

4.2 Resultados dos Ensaios

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos ensaios de tração com as amostras dos vergalhões de fibra de vidro e de aço.

Tabela 1. Resistências na Ruptura Medidas nos Ensaios de Tração.

CP	Resistência à Ruptura – Aço (MPa)	Resistência à Ruptura – Fibra de Vidro (MPa)
1	654,0	753,4
2	663,9	553,8
3	648,8	973,6
4	655,9	913,5
5	653,7	915,3
6	-	635,7

Os resultados do ensaio com o vergalhão de aço foram considerados consistentes.

Com relação aos resultados do ensaio com o vergalhão de fibra de vidro, os cps 2 e 6 foram desconsiderados na avaliação estatística, pois o cp 2 apresentou falha no sistema de adaptação durante o ensaio, já o cp 6 apresentou comportamento distinto nas características da ruptura. Enquanto nos outros cps as fibras foram rompendo-se aos poucos de acordo com o aumento da tensão, culminando em uma "ruptura máxima" quando atingida a tensão de ruptura, na qual pôde ser visualizado não somente a quebra das fibras remanescentes, como também o rompimento da capa de resina sobre as mesmas, no cp 6 a camada de resina

quebrou-se muito antes de ser atingida a tensão de ruptura, e, portanto, mesmo quando esta tensão foi atingida, ainda haviam fibras que não haviam sido rompidas, o que nos levou a desconsiderar este resultado no nosso estudo.

4.3 Avaliação Estatística dos Resultados dos Ensaios

A Tabela 2 apresenta um resumo descritivo dos resultados do ensaio, em estatísticas descritivas, nas quais nota-se que, apesar de uma variabilidade maior para os corpos de prova do grupo de fibra de vidro, tanto em valores médios quanto em valores medianos, a tensão de ruptura desse material supera os resultados dos corpos de prova de aço.

Tabela 2. Resumo dos Resultados das Estatísticas Descritivas.

Parâmetro Avaliado	Vergalhão de Aço	Vergalhão de Fibra de Vidro
Amostra - N	5	4
Média (MPa)	655,2	889,0
Desvio Padrão (MPa)	5,5	94,6
Coef. Variação (%)	0,84	10,64
Mediana (MPa)	654,0	914,4

Foram construídos os intervalos de confiança para se estimar o verdadeiro valor médio de ruptura da fibra de vidro e do aço. Na Tabela 3, percebe-se que a ruptura média do aço é algum valor entre 648,4 MPa e 662,1 MPa (com 95% de probabilidade), enquanto que para a fibra de vidro o verdadeiro valor médio da resistência consta no intervalo entre 738,5 MPa e 1039,4 MPa, com a mesma probabilidade. O fato da faixa de variação apresentar-se elevada nesse caso é motivada pela alta variabilidade observada na amostra em questão.

Tabela 3. Faixa de Variação para um Intervalo de Confiança (IC) de 95% nas Amostras de Aço e Fibra de Vidro.

Parâmetro Avaliado	Vergalhão de Aço	Vergalhão de Fibra de Vidro
Amostra - N	5	4
Erro Padrão	2,5	47,2
Média (MPa)		
IC-95% (MPa)	648,4 – 662,1	738,5 – 1039,4

Graficamente, os dados apresentados na Tabela

3 podem ser representados pelo diagrama da Figura 8, sendo os dados do eixo Y correspondentes à força de ruptura em kgf referentes às tensões apresentadas anteriormente para os corpos de prova ensaiados (diâmetro de 12,5 mm).

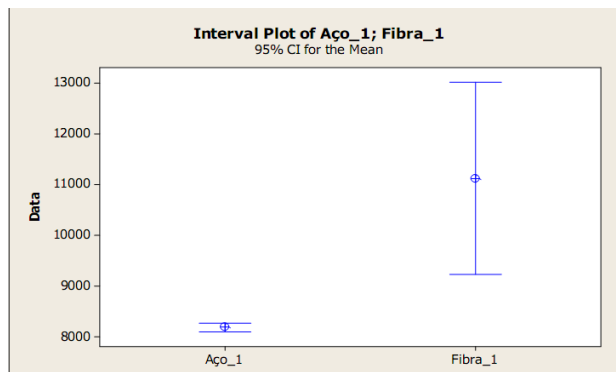


Figura 8. Gráfico do Intervalo de Confiança de 95% para as Amostras de Vergalhão de Aço e Fibra de Vidro.

Por fim, foi realizado um comparativo da tensão de ruptura média entre os dois materiais, usando o teste t-Student para dois grupos independentes. Nas amostras, foi observada uma diferença média de aproximadamente 232 MPa a favor da fibra vidro, o que estatisticamente representa uma diferença altamente significativa ($p\text{-value} = 0,008$). O $p\text{-value}$ representa a probabilidade de concluir-se erroneamente que a fibra de vidro apresenta resistência superior ao aço, isto é, concluir que a fibra é melhor do que o aço quando na realidade não é. O procedimento estatístico tolera uma probabilidade de 5% de a decisão tomada ser errada. Portanto, se o $p\text{-value}$ for inferior a 5% (nível de significância), o erro cometido encontra-se em faixa aceitável pelo teste, sendo neste caso a decisão de que a fibra é melhor do que o aço uma conclusão coerente.

No caso estudado, o valor encontrado para o índice (0,8%) é bastante inferior à significância de 5% (IC=95%).

O mesmo estudo foi realizado considerando o valor do cp_6 no ensaio da amostra de fibra de vidro descartado na análise anterior, sendo o valor encontrado para o índice de 2,1%, que também é inferior à significância de 5% (IC=95%).

5 CONCLUSÃO

Os ensaios realizados com o objetivo de comparar o comportamento dos vergalhões de aço e de fibra de vidro, bem como o estudo estatístico proposto perante os resultados, permitiram afirmar que a precisão atingida com os p-value calculados possibilita a conclusão de que, em média, a fibra apresenta tensão de ruptura com superioridade estatisticamente significativa em relação à do aço. Pode-se então afirmar que os vergalhões de fibra de vidro apresentam resistência à tração na ruptura com superioridade estatisticamente significativa em relação aos vergalhões de aço. Tal afirmação é assegurada pelos resultados obtidos para a variável p-value, a qual apresentou valores dentro do nível de significância.

AGRADECIMENTOS

Ao Engenheiro Cássio Luis Abeid Moura, que em nome da empresa Concreto Projetado do Brasil (CPB) nos forneceu diversas informações, além de amostras e materiais para o aprimoramento das pesquisas realizadas. À empresa Testin, que de maneira extremamente atenciosa e fraternal permitiu que realizássemos os ensaios de ruptura dos corpos de prova de ambos os materiais apresentados em seu laboratório.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR ISO 6892-1 (2015). Materiais Metálicos: Ensaio de Tração, Parte 1. Rio de Janeiro, 2015.
- Comitê Brasileiro de Túneis São Paulo (2006). Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Túneis do Brasil. São Paulo: Dbá Editora.
- Lunardi, Pietro (2008). Design and Construction of Tunnels: Analysis of controlled deformation in rocks and soils (ADECO-RS). Milão: Springer, 587 p.
- Matthews, F.L, Rawlings, R.D (1994). Composite Materials: Engineering And Science. Chapman and Hall, UK.
- Ota, W.N. (2004). Análise de compósitos de polipropileno e fibras de vidro utilizados pela indústria automotiva nacional. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia), Universidade Federal do Paraná, PR.

- Shlosser, F. (1991). Clouterre (1991). Soil Nailing Recommendations. 1991. 162 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Ecole Nationale Des Pontes Et Chaussées, Paris.
- Soares, R.R. et al (2007). Influência do Tipo de Fibra nas Propriedades de Compósitos Processados por Moldagem por Transferência de Resina. Departamento de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul, RS, Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros.
- Wambua, P, Ivens, J, Verpoest, I (2003). Natural Fibres: Can They Replace Glass in Fibre Reinforced Plastics? Elsevier Science, Belgium.