

ALEXANDRE AUGUSTO FERREIRA DE ALMEIDA

BRUNO HIDEO TOMA

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA CONEXÃO
ENTRE BLOCOS SEGMENTAIS E GEOGRELHA
DE PVA**

2011

UNESP
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá – SP

2011

ALEXANDRE AUGUSTO FERREIRA DE ALMEIDA

BRUNO HIDEO TOMA

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA CONEXÃO
ENTRE BLOCOS SEGMENTAIS E GEOGRELHA
DE PVA**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. George de Paula Bernardes

A447a	Almeida, Alexandre Augusto Ferreira de Análise experimental da conexão entre blocos segmentais e geogrelha de PVA / Alexandre Augusto Ferreira de Almeida, Bruno Hideo Toma – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 103 f. : il. Bibliografia : f. 47 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientador: Prof. Dr. George de Paula Bernardes 1. Mecânica do solo I. Bruno Hideo Toma II. Título
CDU 624.131	

unesp

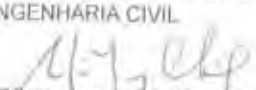
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

ANÁLISE DA CONEXÃO DOS BLOCOS SEGMENTADOS-GEORELHA PVA

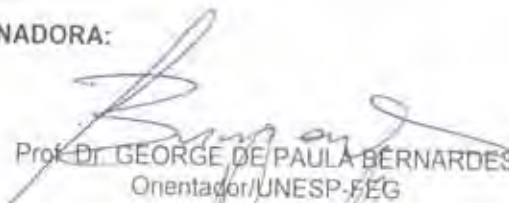
BRUNO HIDEO TOMA & ALEXANDRE AUGUSTO FERREIRA DE ALMEIDA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

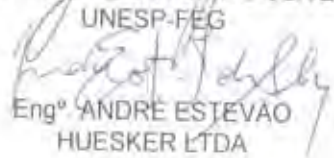
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. Sílvio Jorge Coelho Simões
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. GEORGE DE PAULA BERNARDES
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA
UNESP-FEG


Eng.º ANDRÉ ESTEVAO
HUESKER LTDA

Novembro de 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por nunca ter se afastado de mim durante meu curso, mesmo que eu tenha me afastado Dele na maior parte do tempo.

Agradeço aos meus pais, José Renato e Maria Cristina por absolutamente tudo. Cada um de seus atos foi uma oportunidade que eu tive para crescer e me tornar o que sou. À minha irmã, Bruna, pelo apoio e amor incondicional e que felizmente posso dizer ser recíproco. Aos meus sogros, José Carlos e Maria José, por sempre me apoiarem nas horas críticas, os considero como se fossem meus pais.

Ao professor e George de Paula Bernardes pelo tempo e paciência a mim dedicados e pelo espírito crítico o qual espero, pelo menos em parte, ter adquirido. À Huesker, por me dar a oportunidade de fazer parte desta pesquisa que acabou culminando neste trabalho de graduação.

Ao meu grande amigo Fernando, que muito me auxiliou durante minha trajetória, posso afirmar que é o irmão que a vida me presenteou.

Às minhas novas amigas concebidas na faculdade. Ao Bruno, que esteve junto comigo durante todo o curso e também neste trabalho de graduação.

E por fim à minha esposa Carolina, por estar ao meu lado em todos os momentos, me ajudando a superar todas as dificuldades e aos meus amados filhos, João Guilherme e Miguel.

Alexandre Augusto Ferreira de Almeida

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo que me foi concedido até o presente momento.

Agradeço aos meus pais, Mário e Marilu por todo apoio e amor incondicional que me foi dado, à minha irmã, Bianca.

Ao professor George de Paula Bernardes, pela paciência e disponibilidade durante este ano em que esteve me orientando neste trabalho de graduação. À Huesker, pela oportunidade de me incluir neste trabalho de pesquisa e também rumou para o trabalho de graduação.

Aos meus amigos de faculdade e a república Intrometemos, pela amizade nesta trajetória da graduação.

Bruno Hideo Toma

Resumo

O ensaio de conexão do sistema de blocos segmentais e geogrelhas realizado no Departamento de Engenharia Civil da Unesp - Guaratinguetá possui o intuito de verificar a força da conexão do sistema quando sujeito a diferentes tensões confinantes. O presente trabalho visa demonstrar os procedimentos de execução do ensaio, assim como, o posicionamento dos blocos de concreto. Foram analisados duas formas de colocação dos blocos na prensa. Um bloco inteiro e duas metades na primeira camada, denominada posição 12; em comparação a um diferente formato, dois blocos inteiros na primeira camada, denominada posição 21, e as geogrelhas, em camada simples e dupla. A partir dos dados obtidos, para as forças de pico dos 20 ensaios realizados foi possível obter as envoltórias de ruptura da conexão para camada simples e dupla. No ano de 2011, a dimensão do bloco de concreto utilizado no ensaio foi menor quando comparado com os anos anteriores. O que acarretou em significativas diminuições na perda da conexão em camada simples e registrou-se que não houve decréscimo na força de conexão nos ensaios de camada dupla, apesar da menor área de contato entre o bloco e a geogrelha. Conclui-se que, através da análise das geogrelhas após a execução do ensaio, que o bloco de concreto é o responsável pela força que não permite a movimentação da geogrelhas devido à força proveniente do solo.

PALAVRAS CHAVES: Conexão, Geogrelhas, Blocos segmentais, Tensões confinantes.

Abstract

The test system connection segmental blocks and geogrids at the Department of Civil Engineering, UNESP - Guaratinguetá order to verify the strength of the connection system when subjected to different confining stresses. The present work aims to demonstrate the procedures for carrying out the test as well as the placement of concrete blocks. Were analyzed two ways of placing the blocks in the press. An entire block and two halves in the first layer, named position 12, compared to a different format, two entire blocks in the first layer, named position 21; also geogrids: single and double layer. From the data obtained for the peak strength of 20 tests it was possible to obtain the envelopes break in the connection for single and double layer. In 2011, the size of the concrete block used in the test was lower when compared with previous years. What resulted in significant decreases in the loss of connection in single layer and it was noted that there was no decrease in the strength of connection in the double-layer tests, despite the smaller area of contact between the block and geogrid. It is concluded that, through the analysis of geogrids after running the test, the concrete block is responsible for the force that allows the movement of the geogrid due to the force from the ground.

KEY WORDS: Connection, Geogrids, segmental blocks, confining stresses.

Sumário

1. Introdução	11
2. Objetivos	13
3. Revisão Bibliográfica	13
3.1. Definição de Geossintéticos	13
3.2. Geossintéticos	14
3.3. Geogrelhas	17
3.4. Ensaio de conexão	18
3.5. Fatores de redução	20
4. Materiais e métodos	23
4.1. Prensa mecânica de tração horizontal	23
4.2. Sistema de aplicação de tensão confinante	27
4.3. Pórtico	28
4.4. Sistema de leitura, aquisição e armazenamento de dados	29
4.5. Materiais	30
5. Procedimentos	31
5.1. Disposição dos blocos	31
5.2. Disposição das geogrelhas	32
5.3. Coleta de dados durante o ensaio	33
5.4. Ensaio realizado	35
6. Análise de resultados	37
7. Conclusões	47
8. Referências bibliográficas	49
ANEXO A – GRÁFICOS DE CARGA x DESLOCAMENTO	51
ANEXO B – GRÁFICOS DE CARGA x DESLOCAMENTO - CORRIGIDOS	61
ANEXO C – GRÁFICOS DE CARGA x TEMPO	69

ANEXO D - GRÁFICOS DE CARGA x TEMPO - CORRIGIDO 82

ANEXO E – GRÁFICOS DE CARGA x TEMPO 95

1. Introdução

Os taludes e os muros de contenção podem ser encontrados em regiões de relevo acidentado. Nesses locais, a instabilidade do solo é constante, principalmente em épocas de chuvas, assim, os problemas geotécnicos decorrentes são a erosão, escorregamentos e recalques. A adição de novas técnicas na engenharia geotécnica possui o intuito de garantir a estabilidade dos elementos, como por exemplo, o uso de geogrelhas em estruturas de blocos segmentais.

A técnica construtiva de muros segmentais é utilizada como forma de contenção de taludes. No muro segmental a estrutura é composta por blocos de concretos pré-moldados, geogrelhas e agregado graúdo, na qual a presença das geogrelhas entre a linha dos blocos serve para garantir a estabilidade de todo o conjunto, usualmente, os agregados graúdos são inseridos nos blocos como forma de material de preenchimento e atualmente existem diversos modelos de blocos pré-moldados com o intuito de atender as especificações técnicas e os aspectos arquitetônicos, conforme apresentado na figura 1.

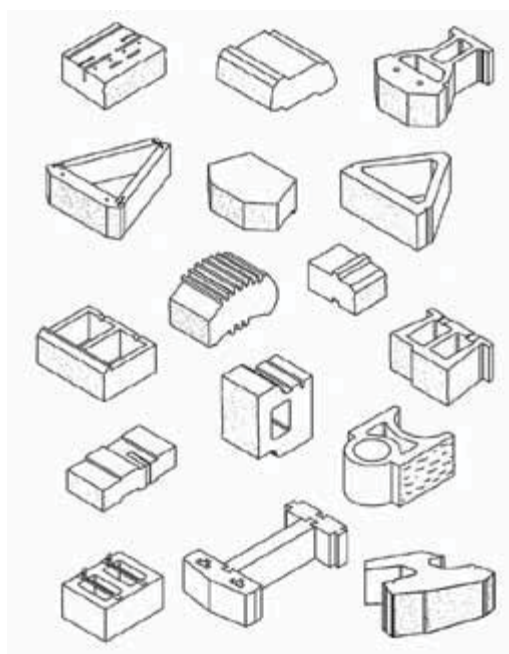


Figura 1 – Exemplos de blocos segmentais disponíveis para comercialização. (NCMA, 2003).

A seguir, algumas características dos muros segmentais (figura 2):

- a-) Economia: Sistema possui baixo custo, pois não necessitam de equipamentos pesados para a construção e mão-de-obra especializada. Não é necessária a remoção total do solo no local, sendo essa parte integrante da estrutura o que traz como consequência a eliminação de possíveis custos quanto à remoção ou importação de material;
- b-) Estética: Possuem uma grande variedade de tamanhos, formas, texturas e cores. Como é um sistema intertravado permite que possam ser realizadas várias modulações na estrutura;
- c-) Durabilidade: Os blocos possuem alta resistência á compressão e as intemperes do ambiente externo. Ao contrário das estruturas rígidas, a flexibilidade do muro segmentar permite que as unidades constituintes possam se ajustar com o intuito de diminuir o movimento de retração;
- d-) Montagem: A construção do muro segmental não necessita de um grande número de funcionários para montagem. O método sem a utilização de argamassa de assentamento permite maior rapidez na execução, acarretando numa elevada produtividade.



Figura 2 – Exemplo de muro segmental (Cedido por Brugger, 2011).

2. Objetivos

Diante da ocorrência dessa técnica na engenharia geotécnica, o presente trabalho verifica atender uma série de ensaios com o objetivo de avaliar o comportamento mecânico das conexões bloco-geogrelhas. O ensaio utilizado é o proposto por Urashima e Martins (2004) que visa determinar os parâmetros de resistência entre a conexão dos blocos pré-moldados e as geogrelhas, em camadas simples e dupla, para distintas cargas. A tensão imposta pelo sistema do ensaio é realizada com o intuito de simular a altura do muro segmental a ser estudado.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Definição de Geossintéticos

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) define os geossintéticos através da NBR 12553/2003 como: “produtos poliméricos (sintéticos ou naturais), industrializados, desenvolvidos para a utilização em obras geotécnicas, desempenhando uma ou mais funções, dentre as quais destacam-se: reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial”. De fato, os geossintéticos são elementos sintéticos utilizados em processos de geotecnia. O termo “geo” significa “terra” e “sintéticos” indica que são industrializados, de modo a indicar a matéria-prima as quais são produzidas (TEIXEIRA, 2003).

Cabe mencionar, que a aplicação de geossintéticos iniciou-se nos anos 50, na Holanda e Estados Unidos. Tais materiais foram empregados em obras de controle de erosão, utilizados como drenagem em muros de concreto. Já nos anos de 1960, na França, foram aplicados em outras obras, tais como: barragens, lastros de ferrovias, entre outros. Até então, os geossintéticos eram empregados apenas como separação e reforço (TEIXEIRA, 2003).

Na década de 1970, foi o início da utilização dos geossintéticos no Brasil em sistemas de drenagem. Contudo, somente na década de 1980 é que foram empregados em obras de grande porte, exemplificando: Estrada que liga Taubaté a Campos do Jordão (Carvalho *et al.* 1986).

3.2. Geossintéticos

De acordo com o processo de fabricação, os geossintéticos podem ser subdivididos em categorias: geogrelhas, geotêxteis, georredes, geomembranas, geocompostos, geocompostos argilosos, geotubos, geocélulas e geoexpandidos (BATHURST, 2004).

a-) Geogrelhas (figura 3): elementos com forma de grelhas, importante em reforços de estruturas;

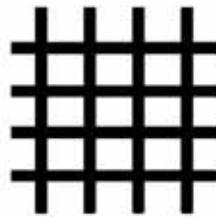


Figura 3 – Geogrelha (BATHURST, 2004).

b-) Geotêxteis (figura 4): elementos flexíveis e permeáveis constituídos de mantas contínuas. A utilização mais comum é em aplicações de drenagem, separação, proteção, filtração e reforço e controle de erosões;

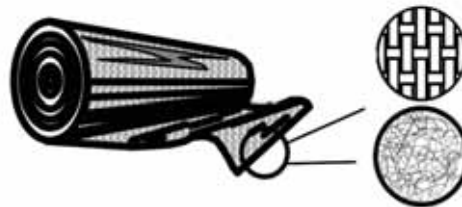


Figura 4 – Geotêxtil (BATHURST, 2004).

c-) Georredes (figura 5): De formato semelhante das geogrelhas, constituído por duas séries de membros paralelos extrudados que interceptam em um ângulo constante de alta porosidade;



Figura 5 – Georredes (BATHURST, 2004).

d-) Geomembranas (figura 6): Constituídas de um ou mais materiais sintéticos são mantas flexíveis e contínuas que possuem baixa permeabilidade, usualmente utilizadas em barreiras para gases, fluidos ou vapores;

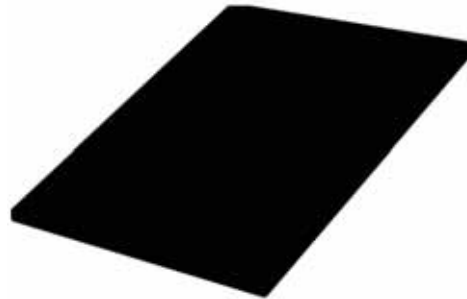


Figura 6 – Geomembrana (BATHURST, 2004).

e-) Geocompostos (figura 7): Formados pela associação de dois ou mais geossintéticos, resultando num melhor desempenho para determinado tipo de situação;

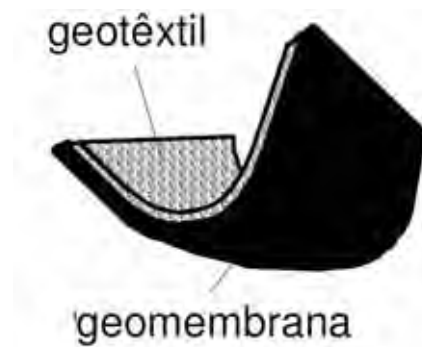


Figura 7 – Geocompostos (BATHURST, 2004).

f-) Geocompostos argilosos (figura 8): Durante o processo de fabricação é inserido uma camada de bentonita entre o geotêxtil de topo e a base ou interligada a uma geomembrana ou somente uma exclusiva manta de geotêxtil;

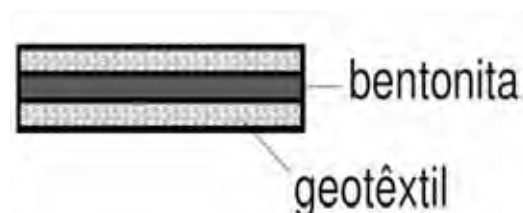


Figura 8 – Geocompostos argilosos (BATHURST, 2004).

g-) Geotubos (figura 9): Tubo polimérico perfurado envolvido por um filtro geotêxtil, usualmente empregado na drenagem de líquidos e gases;

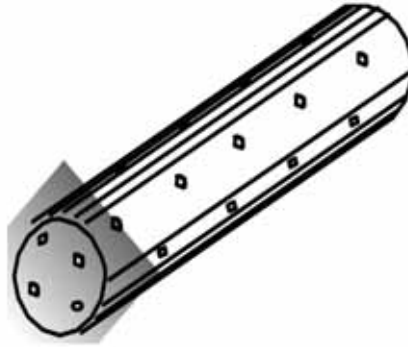


Figura 9 – Geotubos (BATHURST, 2004).

h-) Geocélulas (Figura 10): Elementos formados por tiras poliméricas intertravadas para formar células com conexões que podem ser preenchidas por solo ou até mesmo por concreto;

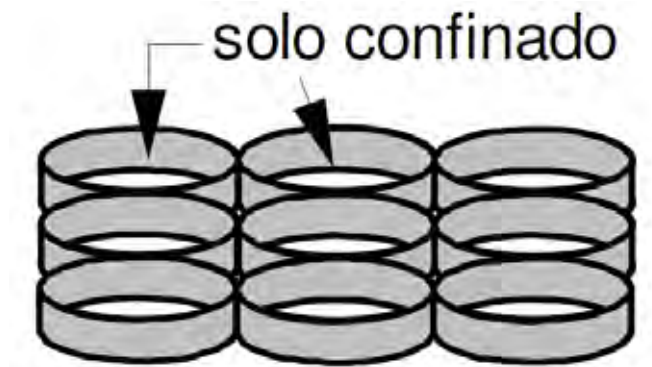


Figura 10 – Geocélulas (BATHURST, 2004).

i-) Geoexpandido (figura 11): Formado por placas ou blocos devido ao processo de expansão da espuma de poliestireno com o intuito de obter um material de baixa densidade.

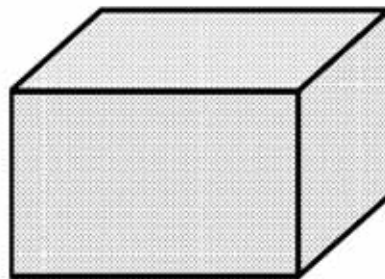


Figura. 11 – Geoexpandido (BATHURST, 2004).

3.3. Geogrelhas

Geogrelha é o geossintético utilizado em reforços de vários tipos de obras de terra. Uma vez que, o solo possui baixa resistência à tração, a geogrelha pode ser perfeitamente utilizada em conjunto com o solo. De maneira que seja fornecida tal resistência à tração necessária para concepção da estrutura. Tal indicação deve-se ao fato de sua abertura de malha ser dimensionada de maneira a existir um bom entrosamento entre suas fibras e as partículas de solo. Podem ser compostas por: polietileno de alta densidade, ou polipropileno; conhecidas com geogrelhas rígidas. Podem também ser compostas por: resinas de poliéster ou fibra de vidro e revestidas com PVC, látex ou betume; neste caso, são geogrelhas flexíveis (VERTEMATTI, 2004). E neste estudo foram utilizadas geogrelhas de PVA modelo Fortrac GT - 110 fornecidas pela empresa Huesker.

As geogrelhas podem ser unidirecionais ou bidirecionais. São unidirecionais se, a alta resistência à tração se apresenta em apenas um sentido (longitudinal ou transversal da bobina). Bidirecionais, se a alta resistência se apresenta em ambas as direções. Deste modo, as geogrelhas podem ser extrudadas, soldadas ou tecidas (VERTEMATTI, 2004). As geogrelhas podem ser utilizadas como gabiões, elementos ancorados, em conjunto com geotêxteis e geomenbranas (IFAI, 2004).

Juntamente com as geogrelhas podem-se associar os blocos segmentais com o intuito de construir os muros de arrimos. O geossintético é um reforço na estrutura e aparece intercalado com as camadas de solos compactados em que o revestimento de face é realizado com blocos de concreto (figura 12). Dependendo do tipo de bloco utilizado, os muros de arrimo podem obter inclinações que variam de 90, 80 e 70°. No entanto, diante da altura da estrutura, os geotêxteis são aconselhados para muros de até 4 metros e para alturas superiores o uso deve ser das geogrelhas (VERTEMATTI, 2004).

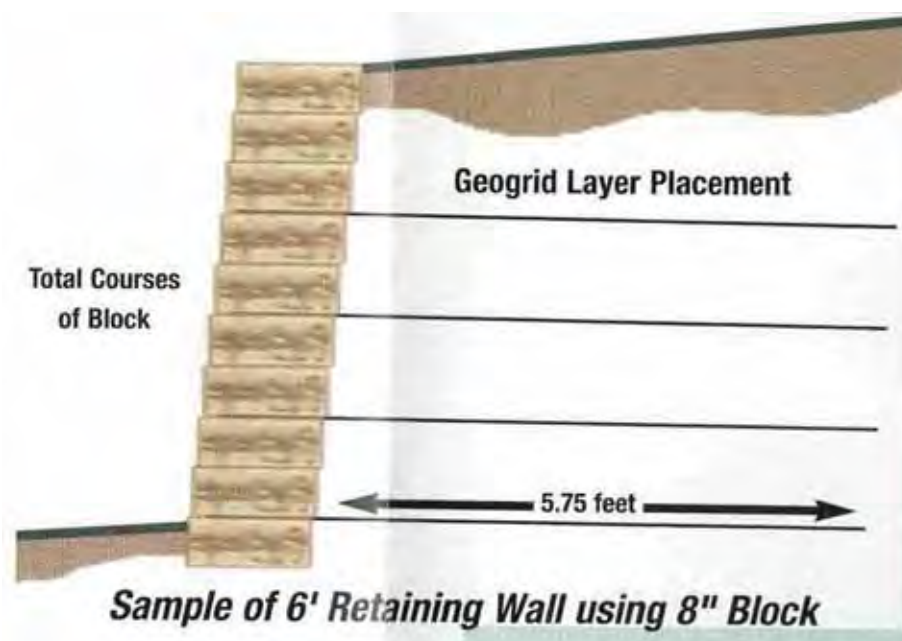


Figura 12 – Utilização de geogrelhas (NCMA, 2003)

No que se refere ao estudo da utilização de geossintéticos em muros de contenção, implica-se necessário a execução de ensaios para se obter valores de resistência de modo a se otimizar a utilização do geossintético. Cabe ressaltar, que o propósito principal destes ensaios é obter as propriedades de conexão entre o geossintético e o muro de contenção. Para tal, deve-se obter valores numéricos que quantificam as propriedades supracitadas.

3.4. Ensaios de conexão

Para que se obtenha a melhor quantificação da resistência do conjunto solo-geossintético são realizados os ensaios de laboratório e de campo. Existem duas razões para que se realizem mais ensaios em laboratório em relação a ensaios de campo: o custo de realização do experimento e o controle mais preciso das condições de contorno (OCHIAI et al., 1996; TEIXEIRA, 2003; SUGIMOTO, 2003). Em contrapartida, existem pesquisadores que dão preferência a ensaios de campo, uma vez que as condições são as mais fiéis em relação às reproduzidas em laboratório (KAKUDA, 2005).

Cabe mencionar que, um estudo de campo, cujos resultados foram comparados aos resultados obtidos em laboratório de maneira que existiram poucas diferenças em tais resultados (OCHIAI et al., 1996). Tal estudo veio a corroborar com a idéia de que os ensaios

de laboratório permitem fornecer informações seguras sobre os materiais e suas propriedades mecânicas em questão.

Nos ensaios, dependendo do tipo de material granular pode-se obter diferentes níveis de resistência das geogrelhas, devido ao atrito interno dos solos e da interface do sistema solo e geogrelha. Segundo estudo realizado por Bauer & Shang (1993), no que se refere ao comportamento mecânico das geogrelhas, quanto maior o diâmetro das partículas, maior a resistência na conexão.

O ensaio de conexão consiste em testar a resistência de um corpo de prova de geossintético através de uma força de tração. Deste modo, podem-se obter valores de tensões normais na superfície, ou próximo à parte inferior do solo. Pode-se obter também, valores de deslocamento da parte frontal do geossintético. Verifica-se também neste ensaio, valores de deslocamentos e deformações ao longo do comprimento da amostra. Tal fato só é possível, se durante a execução do ensaio, forem utilizados os medidores de deslocamentos (tell - fales) e medidores de deformação (strain – gages) (FERREIRA, 2009).

Nota-se que, a utilização dos muros segmentais que contemplam de conexões blocos-geogrelhas está cada vez mais sendo difundido no ramo da construção civil brasileira. Acredita-se que tal fato se deve à: resultados obtidos no final de projeto executados, dentre os quais, vale destacar a qualidade, o acabamento estético e a baixa deformabilidade do produto (Barranco et al. 2008).

O ensaio de conexão possui como característica o aumento da resistência da conexão com a sobrecarga, pois de acordo com a tensão aplicada, verifica-se que existe uma discrepância no resultado da resistência ocasionada pelo material de preenchimento diminuir. A granulometria do material utilizado no preenchimento do sistema de conexão é um dos fatores que pode vir a influenciar na resistência quando este estiver sendo solicitado para baixos valores da tensão confinante (Barranco et al. 2008).

De acordo com o tipo de material de preenchimento existe um determinado estado de ruptura da geogrelhas. Em ensaios sem nenhum preenchimento os filamentos nos vazios sofrem pequenos contatos entre as fileiras de blocos, quando os vãos são preenchidos com pedriscos ocorre o estiramento dos filamentos longitudinais ocasionados pelo atrito entre a geogrelhas e os pedriscos, em que não ocorre a ruptura nos filamentos transversais pelo efeito passivo e quando o preenchimento é feito com brita verifica-se grandes estiramentos dos filamentos longitudinais e rupturas locais devido ao efeito passivo entre os filamentos transversais e a brita (Barranco et al. 2008).

Logo, pode-se listar que para fins de dimensionamento de uma estrutura deve-se conhecer a resistência da conexão a ser utilizada, juntamente com os procedimentos de execução do sistema de blocos-geogrelhas, em que está associada às áreas de contato das fileiras, da granulometria e do grau de compactação do material e da tensão vertical atuante em cada nível de reforço (Barranco et al. 2008).

Cabe ressaltar, a importância da conexão nos projetos de muros segmentais. De fato, a conexão é o agente principal no que se refere à fixação da geogrelha no muro segmental, em conjunto com o agregado, a conexão fixa a geogrelha entre as camadas de blocos segmentais. Na pesquisa a ser realizada na UNESP – Guaratinguetá, o alvo a ser estudado é a conexão do sistema blocos segmentais – geogrelha. Onde o ensaio de conexão é procedimento fundamental para se realizar análise deste sistema.

3.5.. Fatores de redução

Os fatores de redução são índices cujos objetivos visam minimizar a resistência-índice dos materiais geossintéticos, em função das perdas por diferentes fatores durante a aplicação. Tais índices são obtidos por meio de ensaios de tração simples, bem como podem ser fornecidos pelos fabricantes de geossintéticos. Destaca-se o objetivo de incorporar a perda de resistência por dano mecânico.

Entende-se dano mecânico como a transformação da estrutura do geossintético oriunda de esforços existentes durante o manuseio e instalação do material e durante a compactação do solo sobrejacente. Segundo Paulson (1990) existe também uma outra fase do dano mecânico. Fase esta que ocorre após a compactação e é decorrente das solicitações iniciais de serviço.

Uma forma de se determinar o fator de redução devido ao dano mecânico é a partir da razão entre a resistência da amostra de geossintético novo e a resistência da amostra submetida aos efeitos estressantes, imediatamente após os procedimentos de compactação. (Sayão & Sieira, 2008)

Vidal, Fabrin & Montez; 1999, afirmam que para se garantir a segurança da utilização dos geossintéticos deve-se obter as propriedades em relação aos efeitos de longa duração quando se trata de fluência e degradação físico-química-biológica, de maneira a satisfazer os parâmetros de projeto e com isso garantir sua estabilidade na obra. De fato, um projeto de geossintéticos devem observar três tipos de propriedades:

- propriedade requerida: valor calculado ou considerado no projeto para efeito de dimensionamento;
- propriedade índice: valor característico de um geossintético determinado em ensaios índice, ou seja, sem levar em consideração as solicitações de campo.
- propriedade funcional: parâmetro de comportamento do geossintético sob as condições de utilização.

Existem fatores que alteram as propriedades dos geossintéticos e esses fatores podem ser alterados durante a execução da obra ou mesmo durante sua vida útil. Para se obter as propriedades funcionais são aplicados fatores parciais de segurança.

Os seguintes autores: ISO/EN 13434¹, 1998; Koerner, 1998;² Greenwood, 1998³ (apud Vidal, Fabrin & Montez; 1999) apresentaram um conceito que considera a redução nas propriedades dos geossintéticos oriundas do processo de instalação e das solicitações decorrentes da vida útil da obra.

A propriedade funcional de um determinado geossintético será dada pela relação entre sua propriedade índice e o fator de redução, total (FRT). O fator de redução total (FRT). De fato, esses índices devem ser aplicados sobre uma determinada propriedade dada pelo produto dos fatores de redução parciais a serem considerados e por sua vez, definidos por função e tipo de aplicação (Vidal, Fabrin & Montez; 1999).

Vidal, Fabrin & Montez, 1999, apontam para as situações nas quais existam solicitações mecânicas às quais o geossintético deve resistir, os principais fatores de redução são:

- Fator de redução para deformações por fluência em tração, FRFL
- Fator de redução devido a danos de instalação, FRDI
- Fator de redução parcial devido a degradação pelo meio ambiente (química e biológica), FRMA
- Fator de redução parcial para eventuais emendas, FREM .

¹ INTERNACIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION. ISO/TR: 13434 Geotextiles and geotextile-related products- Guidelines on durability, Technical Report, 34 pg. 1998. Apud VIDAL, D. M., FABRIN, T. W., MONTEZ, F. T., **O Conceito de Fatores de Redução Aplicados às Propriedades dos Geossintéticos**. 1º Simpósio sul-americano de geossintéticos, 1999, Rio de Janeiro. Geossintéticos '99. São Paulo : Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1999. v. 1. p. 189-197

² KOERNER, R. **Designing with geosynthetics**, Prentice-Hall .1998. Apud VIDAL, D. M., FABRIN, T. W., MONTEZ, F. T., **O Conceito de Fatores de Redução Aplicados às Propriedades dos Geossintéticos**. 1º Simpósio sul-americano de geossintéticos, 1999, Rio de Janeiro. Geossintéticos '99. São Paulo : Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1999. v. 1. p. 189-197

³ GREENWOOD, J. H. **The assurance of durability**, 6th Intern. Conf. on Geosynthetics, Atlanta, Estados Unidos, p.657-662. 1998. Apud VIDAL, D. M., FABRIN, T. W., MONTEZ, F. T., **O Conceito de Fatores de Redução Aplicados às Propriedades dos Geossintéticos**. 1º Simpósio sul-americano de geossintéticos, 1999, Rio de Janeiro. Geossintéticos '99. São Paulo : Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1999. v. 1. p. 189-197.

Para situações que envolvam fluxo através do geossintético aponta-se:

- Fator para redução de vazios por fluência em compressão/ cisalhamento, FRFL
- Fator de redução devido a danos de instalação, FRDI
- Fator de redução devido a colmatação ou bloqueio físico, químico e biológico, FRCB.

Deve ser aplicado aos fatores de redução um fator de segurança englobando efeitos que existam dificuldade de quantificação, tais como:

- Extrapolação de dados necessária quando o tempo de solicitação no campo é maior que o tempo de ensaio em laboratório;
- Heterogeneidade do produto;
- Variações no processo de fabricação e a sinergia entre os fatores.

A norma britânica BS8006⁴ (1995 apud Vidal, Fabrin & Montez; 1999) apresenta propostas para determinar estes fatores de segurança parciais. Faz-se necessário computar os cálculos da propriedade requerida para que se determine os fatores de segurança parciais relacionados aos critérios do projeto geotécnico. Bem como, os relativos às variações devidas às cargas impostas.

Os fatores de redução são função do processo de fabricação do produto, do tipo e da qualidade do polímero, e dos aditivos utilizados na composição do material, devendo ser determinados para cada produto. As funções a serem desempenhadas pelo geossintético, o tipo de obra, o tempo de vida útil da obra, o meio ambiente e o processo de instalação irão definir os fatores de redução a serem considerados e suas características (Vidal, Fabrin & Montez; 1999).

A temperatura exerce influência de duas formas no comportamento dos geossintéticos. A variação da temperatura produz variações volumétricas (contração e dilatação), que ao longo do tempo podem levar a fadiga das fibras. Ela também influencia no comportamento em fluência e acelera os processos de degradação química e biológica (Vidal, Fabrin & Montez; 1999).

Segundo Segrestin e Jailloux⁵ (1988 apud Vidal, Fabrin & Montez; 1999) comentam que as temperaturas no solo podem ser consideradas constantes para profundidades à partir de

⁴ BRITISH STANDARD. **BS 8006**: Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills, *British Standard*, Inglaterra. 1995. Apud VIDAL, D. M., FABRIN, T. W., MONTEZ, F. T., **O Conceito de Fatores de Redução Aplicados às Propriedades dos Geossintéticos**. 1º Simpósio sul-americano de geossintéticos, 1999, Rio de Janeiro. Geossintéticos '99. São Paulo : Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1999. v. 1. p. 189-197.

⁵ SEGRESTIN, P e JAILLOUX, J.M. **Temperature in soils and its effects on the ageing of synthetic materials**, *Geotextiles & Geomembranes*, pp.51-67. 1988 Apud VIDAL, D. M., FABRIN, T. W., MONTEZ, F. T., **O Conceito de Fatores de Redução Aplicados às Propriedades dos Geossintéticos**. 1º Simpósio sul-americano de geossintéticos, 1999, Rio de Janeiro. Geossintéticos '99. São Paulo : Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1999. v. 1. p. 189-197.

10m. Onde, a temperatura aferida a esta profundidade foi aproximadamente igual a temperatura média anual na superfície

4. Materiais e métodos

Urashima foi a responsável pela elaboração do projeto do equipamento, o custo da execução foi financiado em uma parceria entre a Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP, as empresas HUESKER e Terrae, localizadas na cidade de São José dos Campos, no estado de São Paulo. Os primeiros resultados dos ensaios foram registrados por Urashima e Martins no ano de 2004. No primeiro semestre de 2005, o equipamento foi transferido para a Universidade Estadual Paulista, campus de Guaratinguetá – UNESP/FEG, onde estão sendo prosseguida a pesquisa.

O equipamento de ensaio é constituído pelas seguintes partes: prensa mecânica de tração horizontal, sistema de aplicação da tensão confinante, pórtico provido de roldanas e sistema de leitura, aquisição e armazenamento de dados.

4.1. Prensa mecânica de tração horizontal

A prensa mecânica de tração horizontal é composta por três partes conforme apresentado na figura 13:

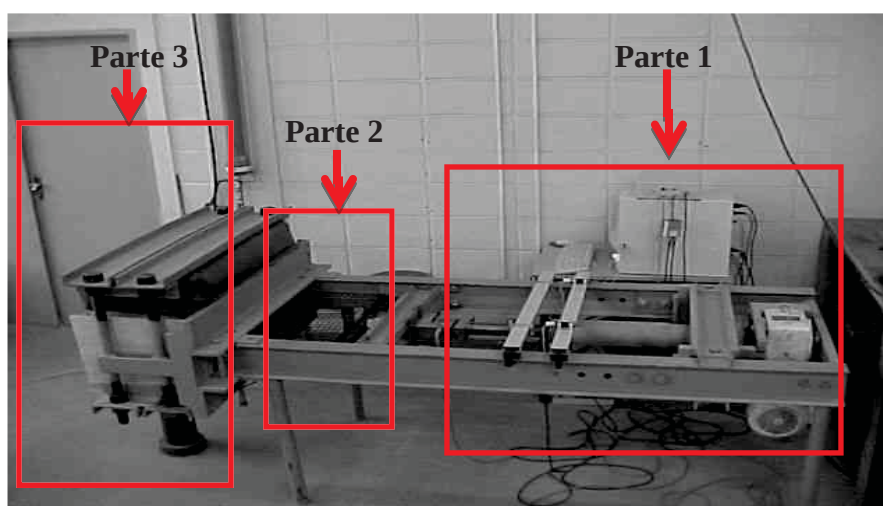


Figura 13 – Partes constituintes da prensa mecânica de tração horizontal (Guimarães, 2006)

- Parte 1: Motor elétrico da EBERLE MOTORES ELÉTRICOS S.A. responsável pelo movimento de tração do eixo que fixa a geogrelhas ao sistema (Figura 14).

A seguir, dados referentes ao motor elétrico na Tabela 3:

Tabela 3 – Especificações do motor elétrico	
Especificações técnicas do motor elétrico eberle	
Fabricante	Eberle S.A. Motores Elétricos
Tipo	9A 60DZ90L4TP
Freequencia angular	1720 RPM
Número de fases	3
Voltagem	220-240 V
Potência Nominal	1,5 kW



Figura 14 – À esquerda o motor elétrico e à direita o eixo do motor responsável pela tração do sistema.

- Parte 2: Garra do equipamento constituído de duas barras de aço com nove furos para a colocação dos parafusos que possuem a finalidade de prender a geogrelhas às barras (figura 15), o movimento é dado pelo motor elétrico de acordo com a velocidade marcada no inversor de frequência (figura 16).



Figura 15 – Geogrelha presa em um dos eixos do equipamento.

A seguir, dados do inversor de frequência (Tabela 4) utilizado nos ensaios:

Tabela 4 – Especificações do inversor de frequência

Especificações técnicas do inversor de frequência	
Fabricante	ProVolt
Modelo	CFP150
Voltagem	200-240 V
Sistema de controle	V/F escalar
Variação de frequência	0-240 Hz
Potência nominal	2HP e 1,5 KW
Alimentação	Fonte chaveada



Figura 16 – Inversor de frequência

- Parte 3: Caixa onde está localizado o conjunto de blocos de concreto, geogrelhas, brita e bolsa de água.



Figura 17 – Vista de frente do equipamento de ensaio.

4.2. Sistema de aplicação de tensão confinante

Com o intuito de simular as diversas alturas que os blocos segmentais podem atingir (tabela 5), coloca-se sobre as duas fileiras de bloco uma bolsa de lona de alta resistência da SANSUY com água que é pressurizado através de um tubo de interface ar-água (figura 18), o controle da pressão é dado por uma manômetro (figura 19).

Tabela 5 – Relação da sobrecarga com altura do muro

Tensão Confinante	20	40	60	80	100	kN/m²
Camadas de Blocos	7	14	21	28	34	Nº de linhas
Altura	1,4	2,8	4,2	5,6	6,8	Metros



Figura 18 – Torneira de controle da bolsa de lona.



Figura 19 – Manômetro de controle da pressão.

4.3. Pórtico

O pórtico serve para auxiliar na montagem do sistema de ensaio, possui coloração amarela e é munido de rodas e roldana.



Figura 20 – Visualização do pórtico móvel

4.4. Sistema de leitura, aquisição e armazenamento de dados

O monitoramento dos ensaios é composto por uma célula de carga fixa ao fuso de tração e dois potenciômetros (figura 21) que registram os deslocamentos da geogrelha bem próximos do contato com os blocos. O sistema de leitura e aquisição dos dados é realizado através de um computador PC munido de uma placa de aquisição de dados (Tabela 5) da Measurement Computing. A placa coleta os dados enviados pelos dois potenciômetros blindados através de um software específico (TracerDaq versão 5.0) que capta a variação da tensão em função do tempo. Esta placa coleta também, variação de tensão gerada pela célula de carga. De forma que os dados coletados são armazenados e podem ser visualizados em forma de gráficos de Força x Deslocamento e Força x Tempo. A partir destas informações torna-se possível a análise numérica dos ensaios

Tabela 6 – Especificações da placa de aquisição de dados

Especificações técnicas da placa de aquisição de dados	
Fabricante	Measurement Computing T..M.
Modelo	PMD – 1208LS
Tipo Entrada	USB mode
Nº Pinos	40 pinos
Nº Canais Utilizados	3 canais
Faixa Frequência Nominal	0,1-400 Hz
Faixa Frequência Trabalho	0,1-60 Hz
Potência Nominal	2HP e 1,5 KW
Dimensões Nominais	(79,82,25) mm
Temperatura de Trabalho	-40 à 85°C



Figura 21 – Um dos potenciômetros do sistema

4.5. Materiais

Para a execução dos ensaios foram necessários os seguintes materiais:

- Blocos de concreto de dimensões nominais de 40x30x20cm (largura, comprimento, altura) com peso aproximado de 26 quilogramas;
- Geogrelhas flexíveis de PVA, modelo *Fortrac*® GT 110 da Huesker Ltda.;
- Material de preenchimento brita 01 (material contido entre as peneiras 4,8 mm e 19 mm);
- Mangueira para a ligação entre a saída de água da rede para o tubo de interface ar-água;

As geogrelhas de PVA apresentam um módulo de rigidez em torno de duas vezes maior em comparação com as geogrelhas de poliéster e possui uma excelente resistência à degradação química (Fortrac, 2006).

5. Procedimentos

Para os ensaios para a avaliação das resistências de conexão blocos-geogrelhas foram adotados os seguintes procedimentos:

- 1-) Fixação da geogrelha a ser ensaiada à garra metálica;
- 2-) Coloca-se chapas de madeira auxiliares nas laterais e na face frontal da parte onde se encontram os blocos;
- 3-) Insere-se a primeira camada de blocos de modo que o encaixe macho-fêmea possa ser executado corretamente com a camada superior;
- 4-) Após inserção da primeira camada completa-se os vazios com material granular (brita 1) até o enchimento total dos blocos de concreto;
- 5-) A geogrelha é posicionada sobre os blocos de maneira uniforme e o mais esticado possível;
- 6-) Segue-se novamente a montagem da nova camada de blocos, a segunda camada, e do material granular (brita 1) ressaltando-se que este material granular deve ser compactado;
- 7-) Coloca-se a bolsa cheia de água, pressuriza-se à pressão desejada fechando as conexões de água por questões de segurança e para não haver variação da pressão durante o ensaio;
- 8-) Posiciona-se um perfil de madeira na parte em que a geogrelhas está instalada com o intuito de evitar o lançamento de projéteis, sejam eles pedaços dos blocos, britas ou geogrelhas.
- 9-) Inicializa-se o programa TracerDaq, liga-se o motor e o variador de frequência.

5.1. Disposição dos blocos

Os ensaios possuíram uma característica pertinente quanto à disposição dos blocos dentro da caixa do equipamento, sendo que, uma foi denominada de configuração 12, em que havia um bloco inteiro na parte inferior e dois blocos inteiros na parte superior (figura 22) e a outra denominada de configuração 21, em que havia a disposição de dois blocos inteiros na parte inferior e um bloco inteiro na parte superior (figura 23), em ambos os casos existia dois meios blocos para o complemento da camada em que havia apenas um bloco.



Figura 22 – Configuração dos blocos denominados 12.



Figura 23 – Configuração dos blocos denominados 21.

5.2. Disposição das geogrelhas

Após o posicionamento da primeira camada de blocos coloca-se a geogrelha, os ensaios foram baseados em duas formas de disposição da mesma: camada simples, em que utiliza-se uma geogrelha (figura 24), e camada dupla, em que utiliza-se uma geogrelha de dimensões maiores dobrada no meio, com o intuito de simular duas camadas de geogrelhas sobrepostas na conexão (figura 25).



Figura 24 – Camada simples



Figura 25 – Camada dupla

5.3. Coleta de dados durante o ensaio

Iniciado o sistema de ensaio, o operador deve acompanhar o processo de registro de dados através do programa de TracerDaq (Figura 26) na tela do computador locado próximo ao equipamento de ensaio.

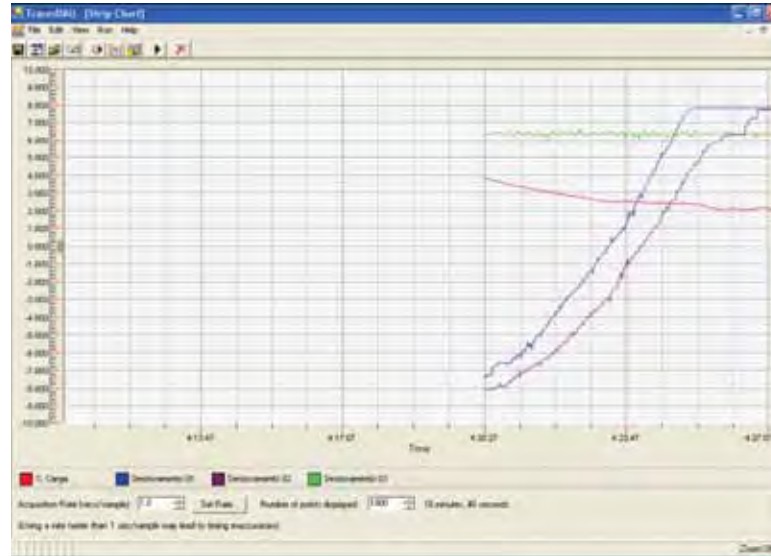


Figura 26 - Exemplo do Gráfico de Saída dos Resultados (TracerDAQ).

Após a coleta de dados pelo programa TracerDaq, faz-se a apresentação gráfica Carga (tf) x Tempo (s) (Fig. 27) e Carga (tf/m) x Deslocamento (cm) (Fig. 28). De forma que entende-se carga, a tração exercida no decorrer do ensaio, e o deslocamento, seria o deslocamento da geogrelha medido pelos potenciômetros.

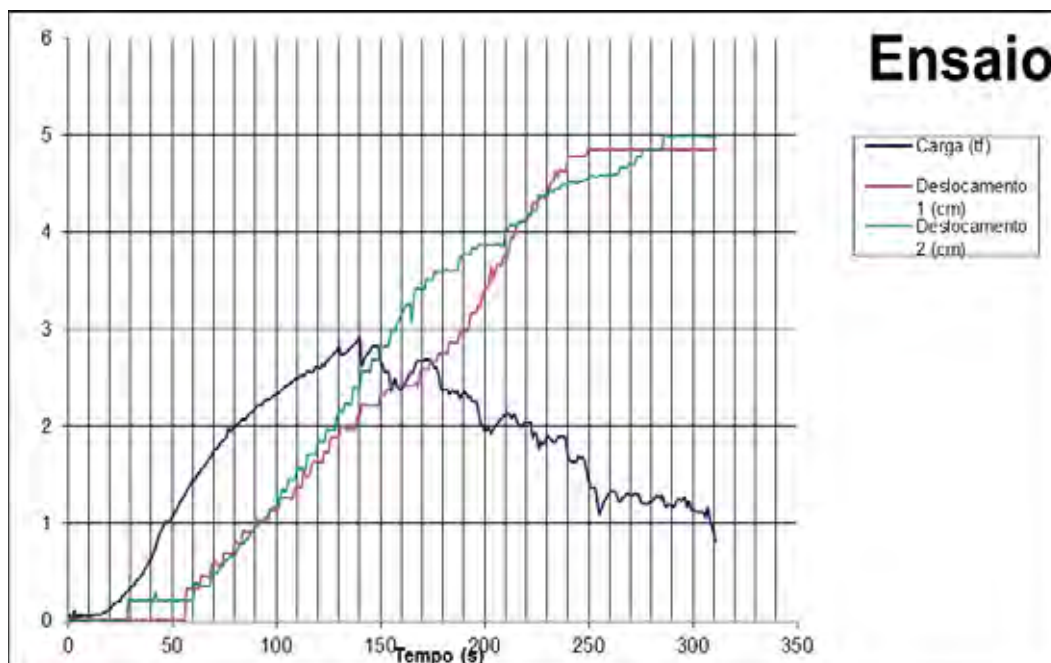


Figura 27 – Exemplo de gráfico de Carga (tf) x Tempo (s)

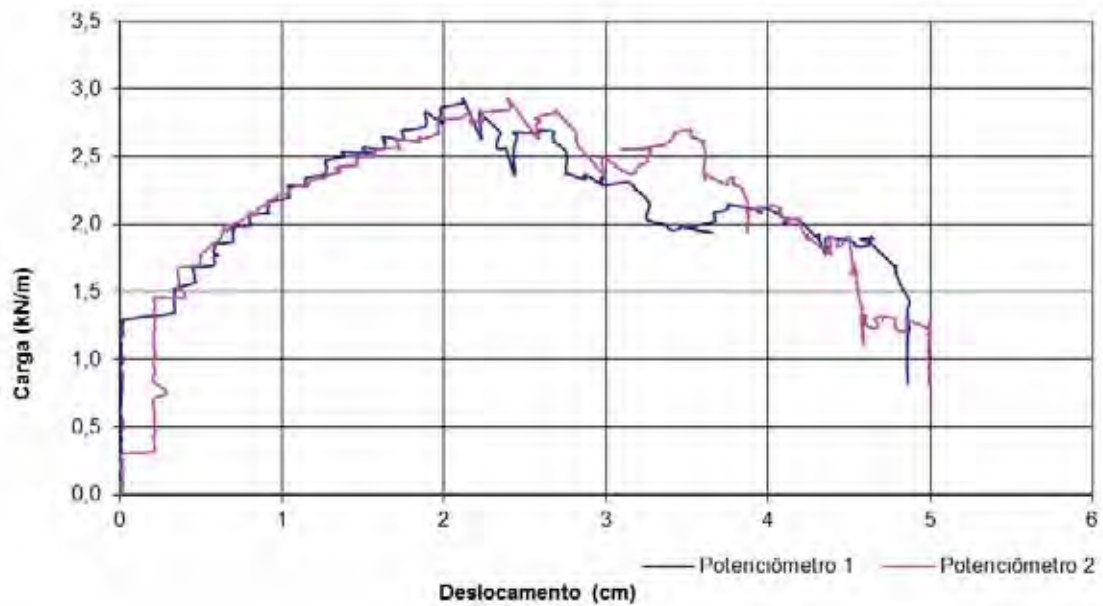


Figura 28 – Exemplo de gráfico de Carga (kN/m) x Deslocamento (cm)

5.4. Ensaios realizados

Para a determinação da envoltória de ruptura em estruturas de blocos de concreto reforçados, modelo LW Terrae e com geogrelha modelo GT 110 da Fortrac. Foram realizados 20 ensaios no laboratório do departamento de engenharia civil da Unesp-Guaratinguetá. Desse total, 5 ensaios representaram estruturas de camada simples com posicionamento 12, outros 5 ensaios representaram estruturas de camada simples com posicionamento 21 e os 10 ensaios restantes representaram estruturas de camada dupla com posicionamento 21, foi adotado esse posicionamento devido a maior rapidez da execução do ensaio e a análise das envoltórias de ruptura dos ensaios de camada simples, tanto posição 12 quanto 21, mostraram serem muito próximas a capacidade de carga da geogrelhas para diferentes pressões e a quantidade de ensaios nessa camada foi o dobro porque tinha-se o intuito de verificar se houve algum tipo de interferência nos resultados. Assim, foi possível a realização de 4 envoltórias de ruptura. A tabela 7 abaixo representa os ensaios realizados.

Tabela 7 – Ensaio realizados

Carga kPa

Tipo	20	40	60	80	100
Simples-12	x	X	x	x	x
Simples-21	x	X	x	x	x
Duplo-Série 1	x	X	x	x	x
Duplo-Série 2	x	X	x	x	x

6. Análise de resultados

Os ensaios realizados no departamento de engenharia civil da Unesp-Guaratinguetá permitiram a verificação da resistência de conexão, dos blocos de concreto da empresa Terrae® com as geogrelhas modelo Fortrac GT-110 modelo PVA da empresa Huesker, para diferentes tensões confinantes e disposições de blocos e geogrelhas.

A análise dos resultados das envoltórias de ruptura dos ensaios de camada simples posição 12 e 21 e camada dupla 1ª série e 2ª série foram utilizados os gráficos de Carga (tf) x Tempo (s) dos 20 ensaios realizados, e assim, foi possível obter o pico de sobrecarga imposta ao sistema, conforme figura 29 abaixo.

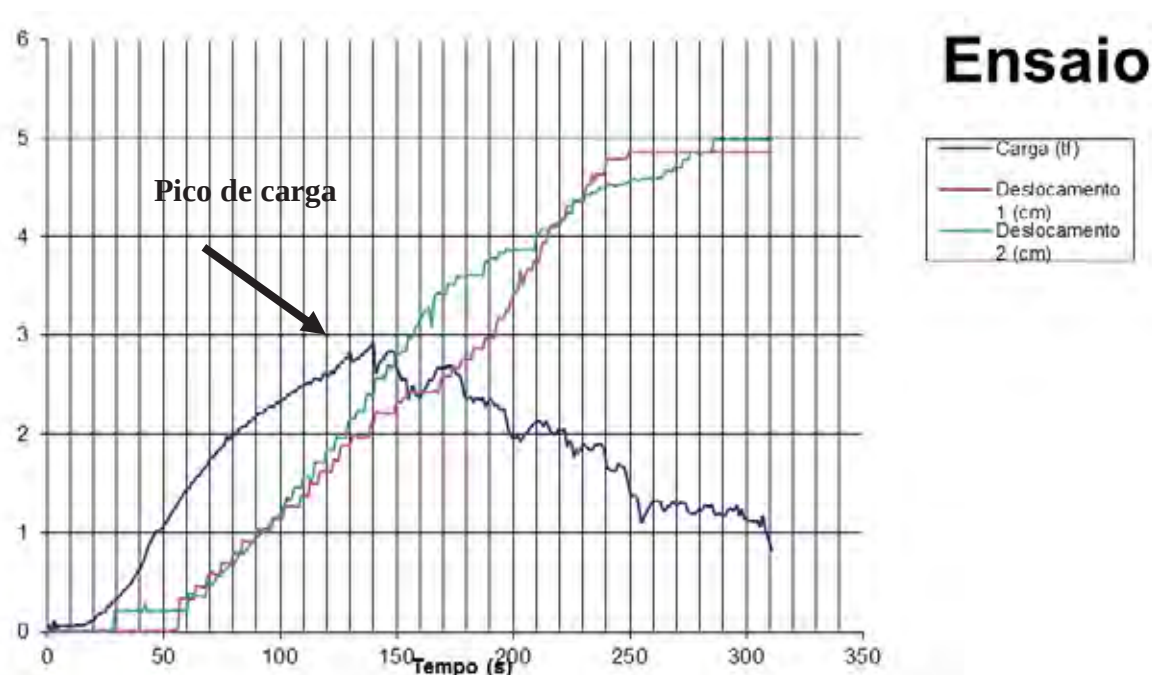


Figura 29 – Análise do pico de carga

Deste modo, foi possível obter os picos de carga para cada um dos vinte ensaios realizados e, por fim, os dados (Tabela 12 e 13) possibilitaram a construção das envoltórias de ruptura para camada simples (Figura 35) e dupla (Figura 36).

Tabela 8 – Pico de carga para camada simples.

Ensaio	Carga					
	0	20	40	60	80	100
Simples-12	0,00	14,23	29,01	28,30	28,30	35,01
Simples-21	0,00	19,10	25,54	29,76	29,27	31,50

Tabela 9 – Pico de carga para camada dupla.

Ensaio	Carga					
	0	20	40	60	80	100
Duplo - 1ª Série	0,00	20,62	30,68	46,21	46,27	59,04
Duplo - 2ª Série	0,00	25,71	38,10	45,78	50,54	55,49

7.

A partir dos dados das tabelas 8 e 9 realiza-se os gráficos de envoltórias de ruptura para a camada simples e a camada dupla, conforme figuras 30 e 31.

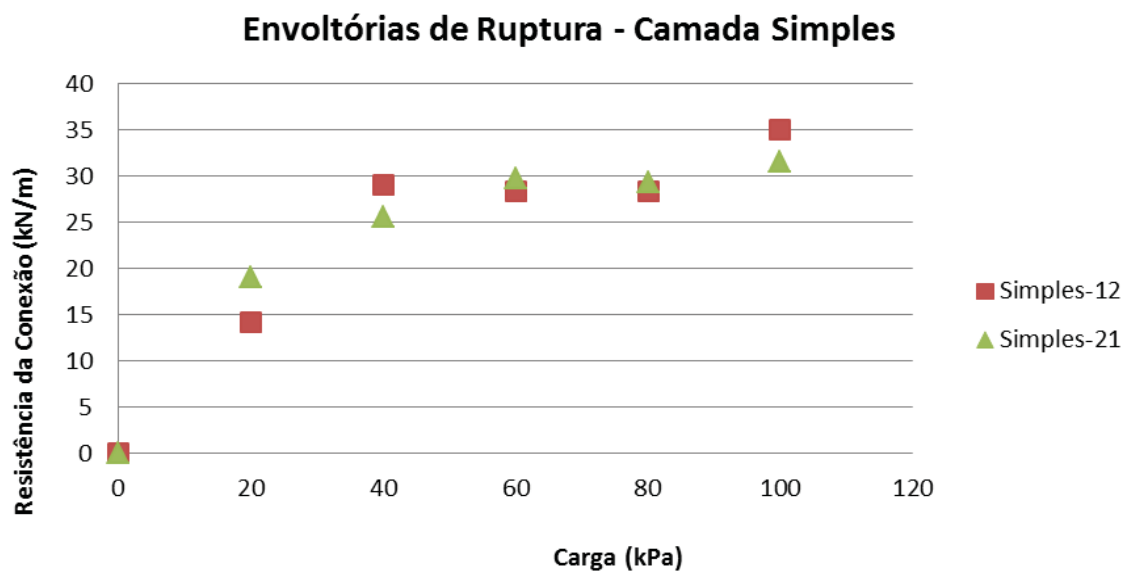


Figura 30 – Envoltória de ruptura para camada simples.

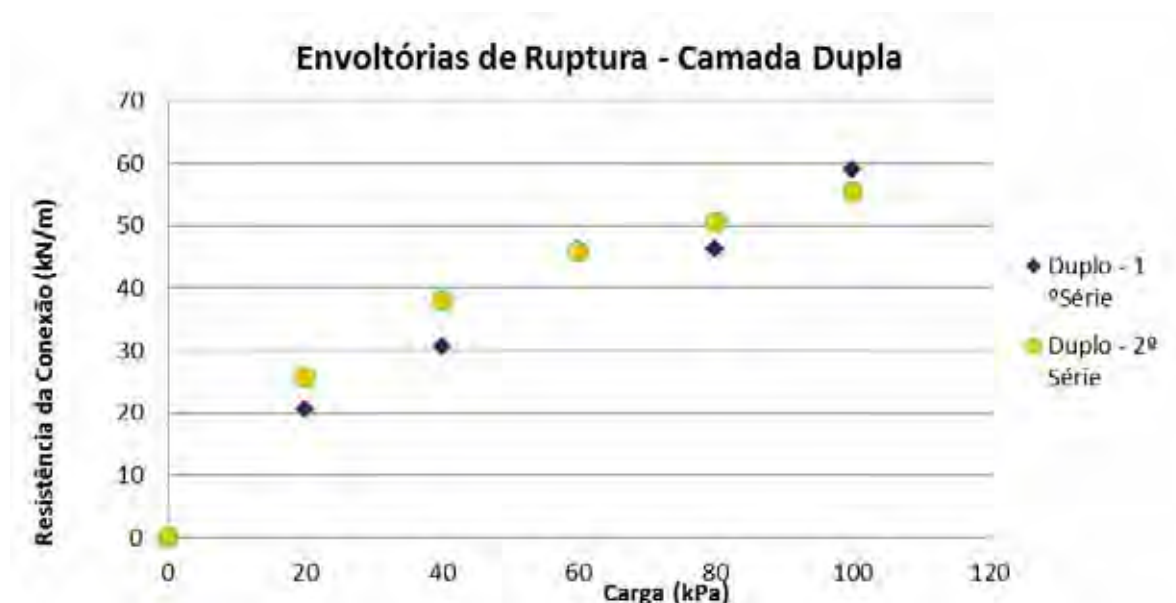


Figura 31 – Envoltória de ruptura para camada dupla.

No decorrer dos ensaios deste estudo, foi observada a dificuldade em se obter dados confiáveis, pois a prensa utilizada neste estudo possui apenas um ponto para exercer a tração na geogrelhas (figura 31), ou seja, permite o movimento de rotação da geogrelha durante o ensaio. Cabe ressaltar, que tal movimento rotacional não é desejável, uma vez que pode se obter valores muito diferentes entre cada potenciômetro. Afora, que tal movimento de rotação, se for muito acentuado pode danificar significativamente a prensa, bem como força os pesquisadores a interromper o ensaio, antes que sejam obtidos os dados necessários de maneira confiável. Fica apenas uma nota para que seja algo a ser observado em possíveis estudos posteriores e se necessário, corrigi-los. A norma norte-americana ASTM – D – 6638 – 2001 recomenda a utilização de dois pontos de tração localizados nas extremidades da parte móvel da prensa (figura 32)..



Figura 31 – Prensa vista superior

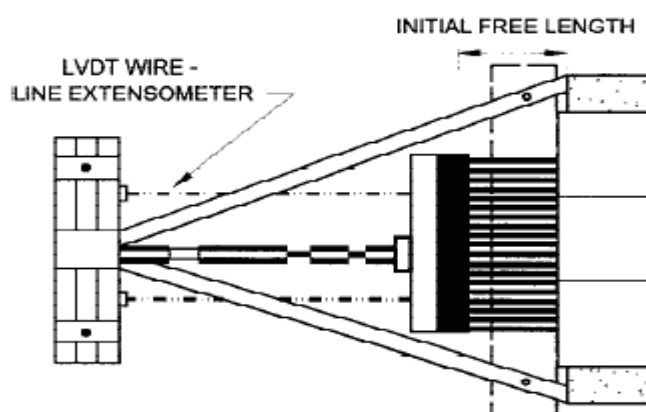


Figura 32 – Prensa utilizada nos ensaios

A seguir serão explicitados os dados obtidos neste estudo. De fato, os dados previamente coletados receberão tratamento matemático para se obter os valores de força pico de conexão e força de serviço do estado de conexão. A norma norte-americana ASTM – D – 6638 – 2001 orienta os procedimentos necessários para que sejam obtidos tais valores. No que se trata de força pico de conexão (F_{cp}), inicialmente se obtém o valor de pico de ligação de tração (F_p), dado este extraído diretamente do gráfico (força x deslocamento); em seguida, determina-se o valor de carga da tração de folga (T_o), para tal, observa-se se o valor de 10% do F_p se este valor for superior a 0,5KN/m, adota-se 0,5KN/m; o valor da largura da geogrelha ensaiada (W_s) também é importante para a se obter a força pico de conexão, deste modo, a equação (1) em questão é:

$$F_{cp} = \frac{(F_p - T_o)}{W_s} \quad (1)$$

Os dados referentes a força de serviço do estado de conexão (T_{sc}), são analisados da seguinte forma: Observa-se a carga da conexão obtida na medida do deslocamento (F_{mc}), dado este extraído diretamente do gráfico (força x deslocamento), exemplificado na figura 33 a seguir; os valores de tração de folga (T_o) e largura da geogrelha (W_s) são os mesmos previamente obtidos na análise da força de pico de conexão. A equação (2) para se obter o T_{sc} é:

$$T_{sc} = \frac{(F_{mc} - T_o)}{W_s} \quad (2)$$

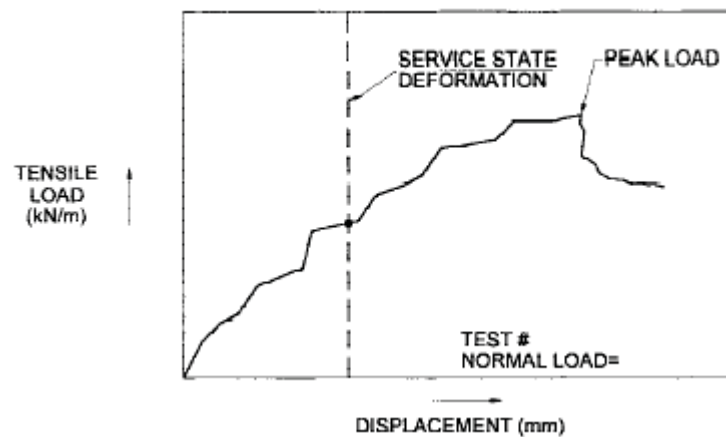


Figura 33 – Gráfico Força x Deslocamento (Fonte: ASTM - D 6638-01)

Os dados de força obtidos durante os ensaios não pertencem ao sistema internacional de unidades (SI), estão em tonelada força (tf) a norma recomenda utilizar e manipular os dados obedecendo o sistema internacional de unidades. Deste modo, foi utilizada a seguinte conversão: 1 N corresponde à 0,102 Kgf, os dados apresentados a seguir já estão devidamente convertidos. A norma D 6638 – 01 recomenda a utilização dos dados obtidos através do gráfico de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm). Contudo, foi decidido retirar os dados do gráfico de Carga (tf) x Tempo (s), uma vez que os dados são obtidos inicialmente a partir de força em relação ao tempo e depois convertido em gráfico de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm). A medida do deslocamento (F_{mc}) considerado foi de 17mm para as análises dos gráficos Carga (tf/m) x Deslocamento (cm). Os gráficos de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm) dos ensaios estão apresentando dados completamente discrepantes, logo não foram considerados

alguns dos ensaios. Os ANEXOS B e D foi uma forma de apresentar os gráficos de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm) e Carga (tf) x Tempo (s) de acordo com o comportamento esperado conforme figuras 28 e 29, estes gráficos foram denominados corrigidos. Após a execução do ensaio, as geogrelhas foram analisadas para a verificação do tipo de ruptura que foi submetida, estabeleceu-se que caso ocorresse na parte em que não havia contato com o bloco como ruptura externa e no caso a ruptura interna seria quando o dano da geogrelha ocorresse no contato com o bloco, as fotos dos geogrelhas estão no ANEXO E. Nas tabelas 10 a 13 estão apresentados os dados referentes aos ensaios de acordo com os resultados obtidos através das equações 1 e 2.

Tabela 10 – Camada simples – posição 21

Carga (kPa)	F_{cp} (kN/m)	T_{sc} (kN/m)	Ruptura
20	19,62	7,86	Interna
40	40,72	-	Interna
60	39,72	22,14	Interna
80	39,72	16,42	Interna
100	49,30	23,57	Interna

Tabela 11 – Camada simples – posição 12

Carga (kPa)	F_{cp} (kN/m)	T_{sc} (kN/m)	Ruptura
20	26,57	13,57	Interna
40	35,77	19,29	Interna
60	41,80	20,71	Interna
80	41,10	-	Interna
100	44,30	27,86	Interna

Tabela 12 – Camada dupla – Posição 21 - 1ª Série

Carga (kPa)	F_{cp} (kN/m)	T_{sc} (kN/m)	Ruptura
20	28,74	-	Interna
40	43,12	22,14	Interna
60	65,30	-	Interna
80	65,38	40,71	Interna
100	83,62	43,57	Interna

Tabela 13 – Camada dupla – Posição 21 - 2ª Série

Carga (kPa)	F_{cp} (kN/m)	T_{sc} (kN/m)	Ruptura
20	36,01	32,14	Interna
40	53,71	35,00	Interna
60	64,69	-	Interna
80	71,49	-	Interna
100	78,56	-	Interna

Logo, foi possível realizar a comparação entre os dados de envoltórias de ruptura de Guimarães (2006), com bloco tipo W de 40x40x20cm (largura, comprimento, altura) e geogrelha PET, e os dados obtidos no ano de 2011, com bloco tipo MW 40x30x20cm (largura, comprimento, altura) e geogrelha PVA (de Figuras 30 e 31).

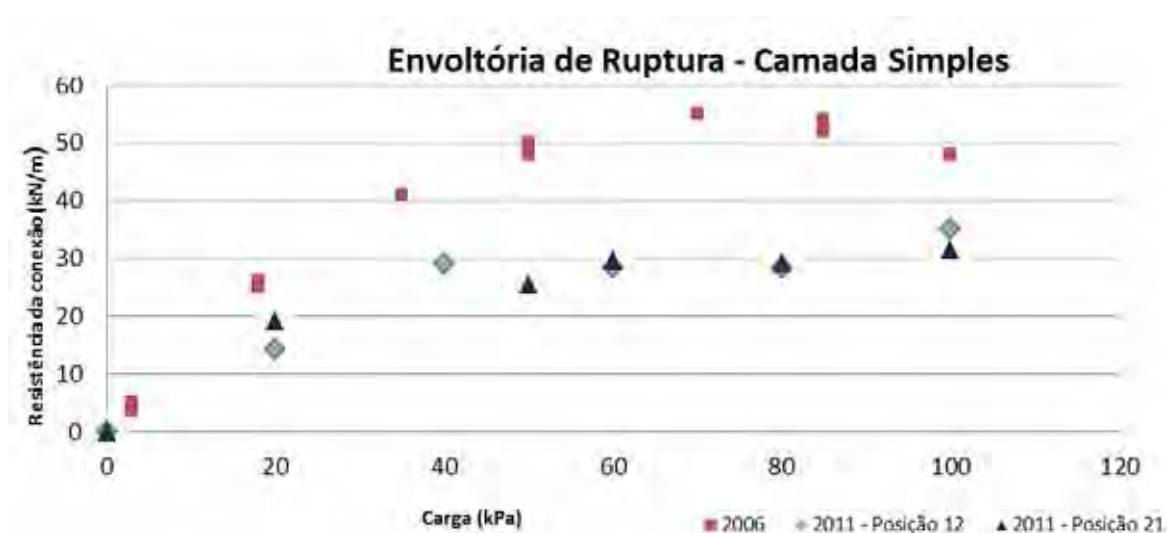


Figura 34 – Gráfico da envoltória de ruptura para camada simples de Guimarães (2006) e os ensaios realizados em 2011.



Figura 35 – À esquerda o bloco W, modelo de 2006, e à direita o bloco MW, modelo de 2011.

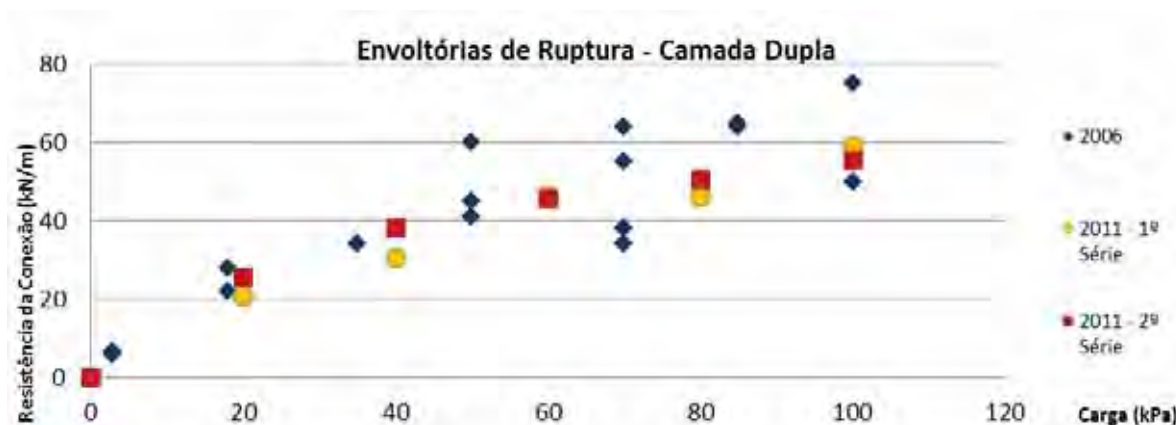


Figura 36 – Gráfico da envoltória de ruptura para camada dupla de Guimarães (2006) e os ensaios realizados em 2011

A partir da análise da figura 39 acima é possível concluir que a mudança na dimensão dos blocos não influenciou na resistência de conexão das geogrelhas de camada dupla.

No total foram realizados 20 ensaios, no entanto, foram considerados apenas 13 devido à forma da representação gráfica obtida ao final. Essa consideração levou em conta o modelo da figura 30 do item 6. A partir dos resultados obtidos foi possível realizar os gráficos de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm) e Carga (tf) x Tempo (s), e assim, a partir dos dados coletados desses gráficos, calcular as forças de pico de conexão (F_{cp}) e as forças de serviço do estado de conexão (T_{sc}), que servem para determinar as propriedades de conexão entre o bloco e a geogrelhas. Nas figuras 37, 38, 39, e 40 é possível verificar a diferença entre a envoltória de ruptura e a de serviço, sendo que está última foram considerados os valores obtidos nas tabelas 10, 11, 12 e 13.

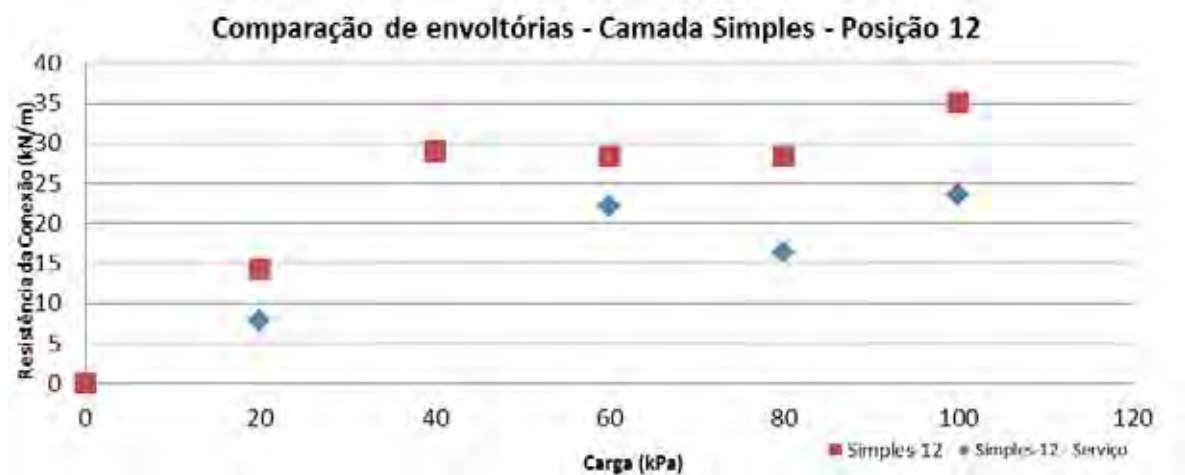


Figura 37 - Comparação entre a envoltória de ruptura e serviço para camada simples e posição 12.



Figura 38 – Comparação entre a envoltória de ruptura e serviço para camada simples e posição 21.

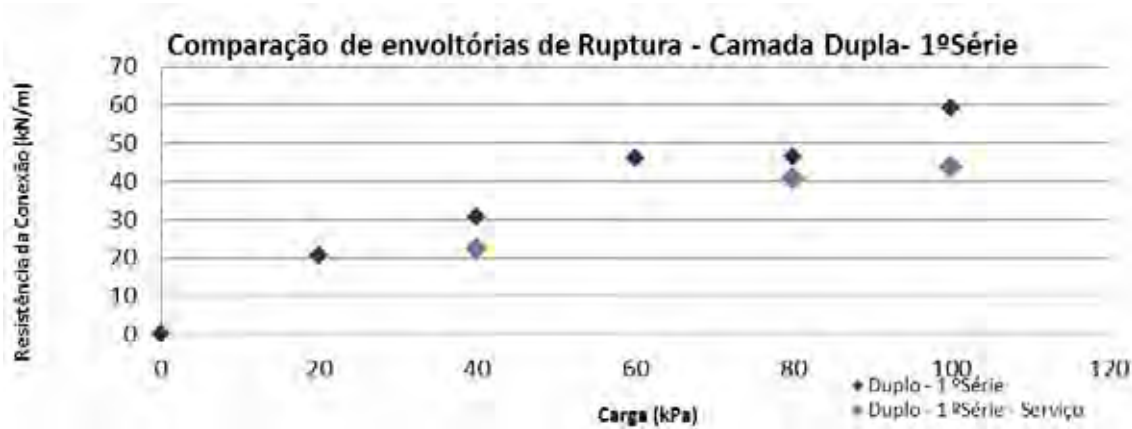


Figura 39 – Comparação entre a envoltória de ruptura e serviço para camada dupla e 1ªSérie.

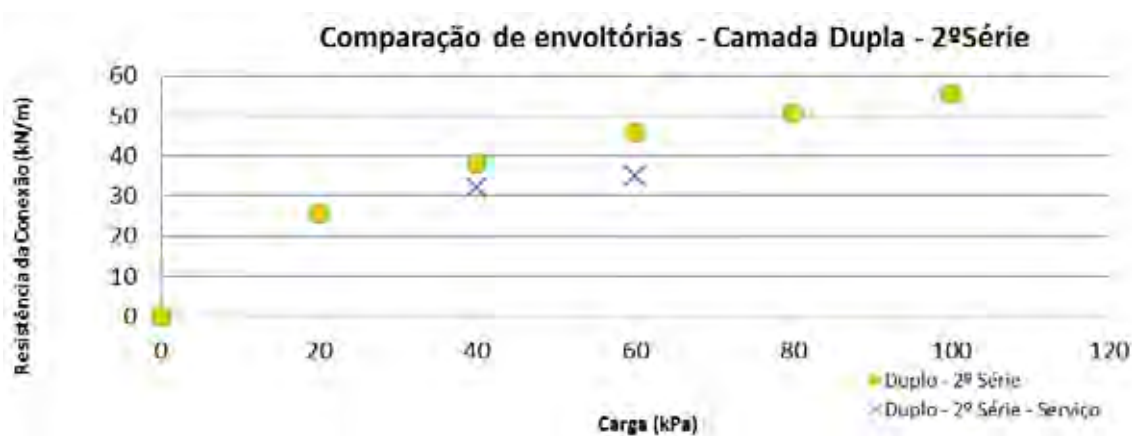


Figura 40 – Comparação entre a envoltória de ruptura e serviço para camada dupla e 2ªSérie.

7. Conclusões

A partir da análise dos dados obtidos com os ensaios de conexão de blocos segmental-geogrelha realizados no departamento de engenharia civil da Unesp-Guaratinguetá pode-se concluir diante da análise dos gráficos apresentados no item 6 referente a análise de resultados que as posições 12 e 21 obtiveram resultados muito próximos, consequentemente, não existe diferença na teoria para o posicionamento dos blocos com a geogrelhas para diferentes tensões confinantes. A diminuição no tamanho do bloco, acarretando em menores áreas de contato blocos e geogrelhas, dos ensaios de Guimarães (2006), em que os blocos tipo W possuíam dimensões nominais de 40x40x20cm (largura, comprimento, altura), para os realizados em 2011, de blocos MW de dimensões nominais de 40x30x20cm (largura, comprimento, altura). Nos ensaios de 2011 foi utilizado um tipo de geogrelha de PVA, enquanto que em 2006 foram utilizadas as geogrelhas de PET. As mudanças acarretaram como consequência perdas significativas na resistência da conexão, principalmente para tensões confinantes (carga) maiores do que 40 kPa impostas sobre o conjunto de blocos segmentais.

Após a execução dos ensaios, foram analisados os tipos de ruptura que ocorreram nas geogrelhas, constatou-se que em todas a forma foi interna, porque o dano da geogrelha foi na parte em que existe o contato com o bloco de concreto, assim o atrito provocado pela interação geogrelha e o conjunto bloco e material de preenchimento foi o responsável pela ruptura da geogrelha.

Os gráficos de envoltórias de serviço estão próximos da envoltória de ruptura, que em teoria representa a máxima carga que o sistema consegue suportar quando sujeito a determinada carga, assim o valor da resistência de serviço está alta e próxima da ruptura. Apesar, de que, para determinadas cargas não foi possível estabelecer um ponto para a resistência de conexão de serviço percebe-se que os pontos obtidos seguem a mesma linearidade dos pontos para a envoltória de ruptura, logo, os pontos que não foram possíveis plotar no gráfico fica a sugestão de que pode-se traçar uma linha de tendência afim de encontrar esses pontos.

Para se estabelecer os valores de resistência da conexão de serviço foram utilizados os gráficos de Carga (tf/m) x Tempo (s). Não foram realizados através da análise do gráfico de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm), conforme comentado no item análise de resultados. Uma

vez que, alguns gráficos de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm) apresentaram comportamentos discrepantes em comparação aos gráficos de Carga (tf/m) x Tempo (s) para os mesmos ensaios. O que não deveria ocorrer, pois no decorrer do ensaio de arrancamento, os dados são obtidos inicialmente em gráfico de Carga (tf/m) x Tempo (s) e convertido para gráfico de Carga (tf/m) x Deslocamento (cm). Um possível erro de programação pode ter gerado tais discrepâncias. Contudo, não foi investigado a fundo tal incompatibilidade de gráficos neste estudo. Fica apontado este item como uma possível investigação para estudos posteriores. Outro fato a ser apontado, seria a dificuldade em se realizar os ensaios e obter dados confiáveis.

Devido ao equipamento de ensaio possuir apenas um ponto de tração, localizado no centro da barra, ao invés, de dois pontos, como sugere a norma norte-americana ASTM – D – 6638 – 2001. Um único ponto de tração possibilita a movimentação de um lado da geogrelha mais do que outro, gerando um movimento de rotação. O que prejudicou na coleta de dados. Foram tomados os devidos cuidados para que não ocorresse tal rotação. Ao instalar a geogrelha na estrutura do equipamento preocupou-se em deixá-la esticada e os dentes dos blocos posicionados de forma que o encaixe entre as camadas de bloco e a geogrelhas fosse de forma homogênea. Esses dois procedimentos visavam diminuir possíveis interferências da rotação do aparelho durante a execução do ensaio. No entanto, não foram suficientes para evitar o movimento de rotação. Deste modo, sugere-se corrigir este problema, aplicando dois pontos de tração, um em cada extremidade da barra móvel onde está fixada a geogrelha.

8. Referências bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS **ASTM D6638/01** Standard testing methods for **Determining Connection Strength Between Geosynthetic Reinforcement and Segmental Concrete Units (Modular Concrete Blocks)**, *American Standard Testing Materials*, USA. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12553** Geossintéticos: Terminologia, 2007.

BARRANCO et al. **Influência da Granulometria do Material de Preenchimento no Comportamento Mecânico de Conexão de Sistema Blocos Segmentais-Geogrelha XIV COMBRAMSEG**, Búzios, 2008.

BATHURST, R. J. **Classificação dos Geossintéticos**, Trad. Marianna J. A. Mendes, International Geosynthetic Society, 2004.

BAUER, G. E., SHANG, Q., **Pullout Resistance of Large Geogrid Specimens in Site Specific Soils**. Geotechnical Engineering V.24 n.1. 1993.

BUENO, B. S., VILAR, O. M., **Manual Brasileiro de Geossintéticos**, Capítulo 3. Editora Edgar Blucher.2004.

CARVALHO, P. A. S., WOLLW, C. M. e PEDROSA, J. A. B. A., **Aterro Reforçado com Geotêxtil – Uma Opção Alternativa para a Engenharia Geotécnica**, 8º COBRAMSEF, Porto Alegre, vol. 4. 1986.

FERREIRA, L. H. T., **Modelos analíticos e numéricos para a simulação de ensaios de arrancamento de geotêxteis**, Dissertação de Mestrado, UERJ, Rio de Janeiro. 2009.

IFAI Publications Specifier's Guide, - GFR – Volume 22, December, pp. 145-158. 2004.

KAKUDA, F.M., **Estudo de Ensaio de Arrancamento de Geogrelha com Utilização de Equipamento Reduzido**, *Dissertação de Mestrado*, USP – São Carlos. 2005.

MPZ, Aplicações Técnicas. Disponível em: < <http://www.mpz.com.br/murompz.html>> Acesso em 12 de março de 2011. 2007.

OCHIAI, H., OTANI, J., HAYASHIC, S., HIRAI, T., **The Pull-Out Resistance of Geogrids in Reforced Soil**. Geotextiles and Geomembranes (14): 19-42. 1996.

PAULSON, J. N. **Summary and evaluation of construction related damage to geotextiles in reinforcing applications**. International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products. Rotterdam: A. A. Balkema, 1990. v. 2, p. 615-619.

SAYÃO, A. S. F. J., SIEIRA, A. C. C. F., **Influência do dano na resposta de geogrelhas submetidas ao arrancamento**. Rev. Esc. Minas vol.61 no.4 Ouro Preto Oct./Dec. 2008

SUGIMOTO, M., ALAGIYAWANNA, A. M. N., ASCE, A. M., **Pullout behavior of geogrid by test and numerical analysis**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, april, pp. 361 – 371. 2003.

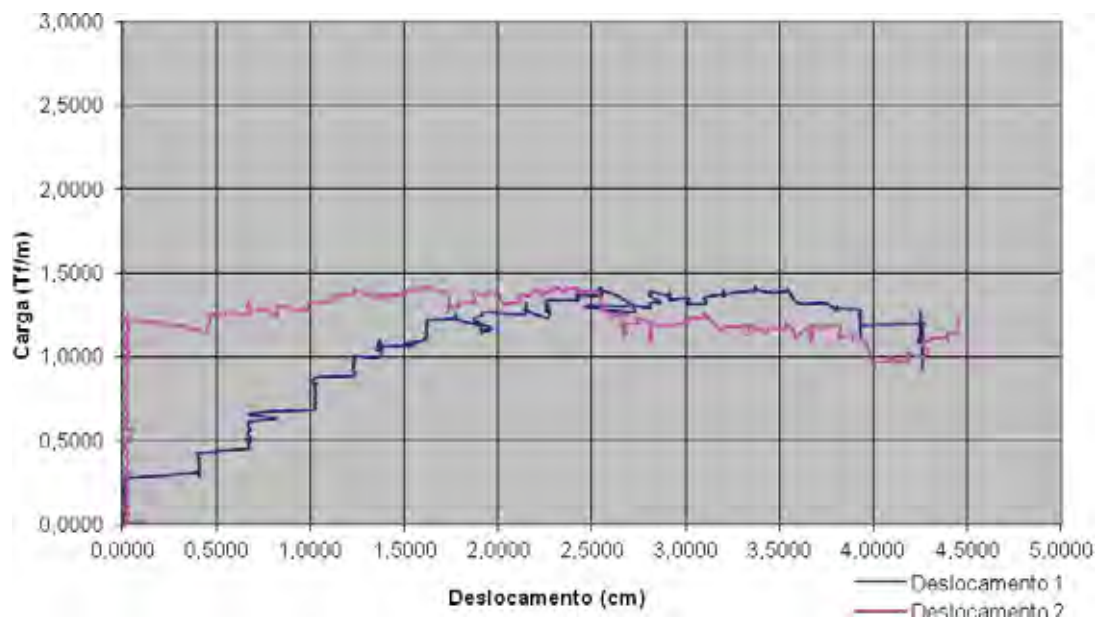
TEIXEIRA, S. H. C., **Estudo da interação solo – geogrelha em testes de arrancamento e a sua aplicação na análise e dimensionamento de maciços reforçados**, Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 218p. 2003.

VERTEMATTI, J. C., **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. Capítulo 1. Editora Edgar Blucher. 2004.

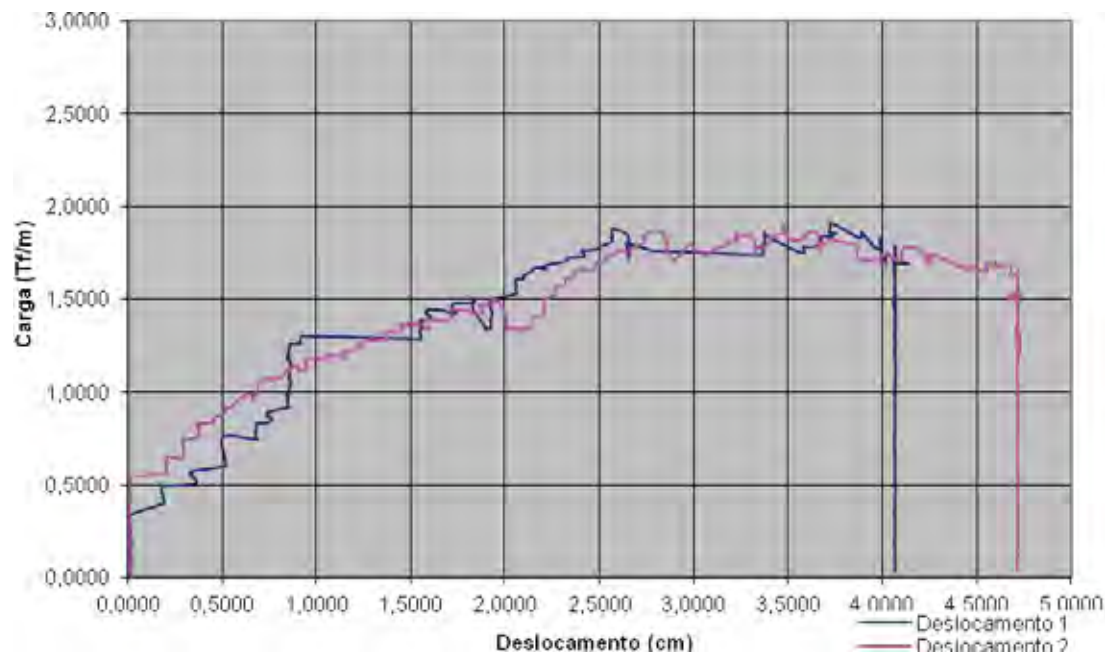
VIDAL, D. M., FABRIN, T. W., MONTEZ, F. T., **O Conceito de Fatores de Redução Aplicados às Propriedades dos Geossintéticos**. 1º Simpósio sul-americano de geossintéticos, 1999, Rio de Janeiro. Geossintéticos '99. São Paulo : Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1999. v. 1. p. 189-197

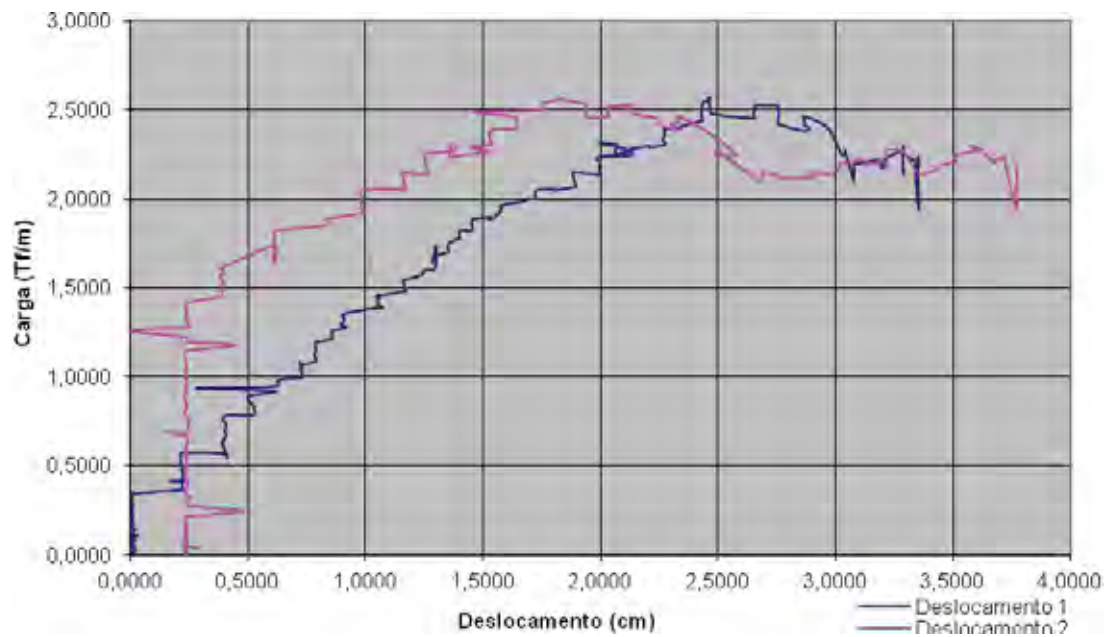
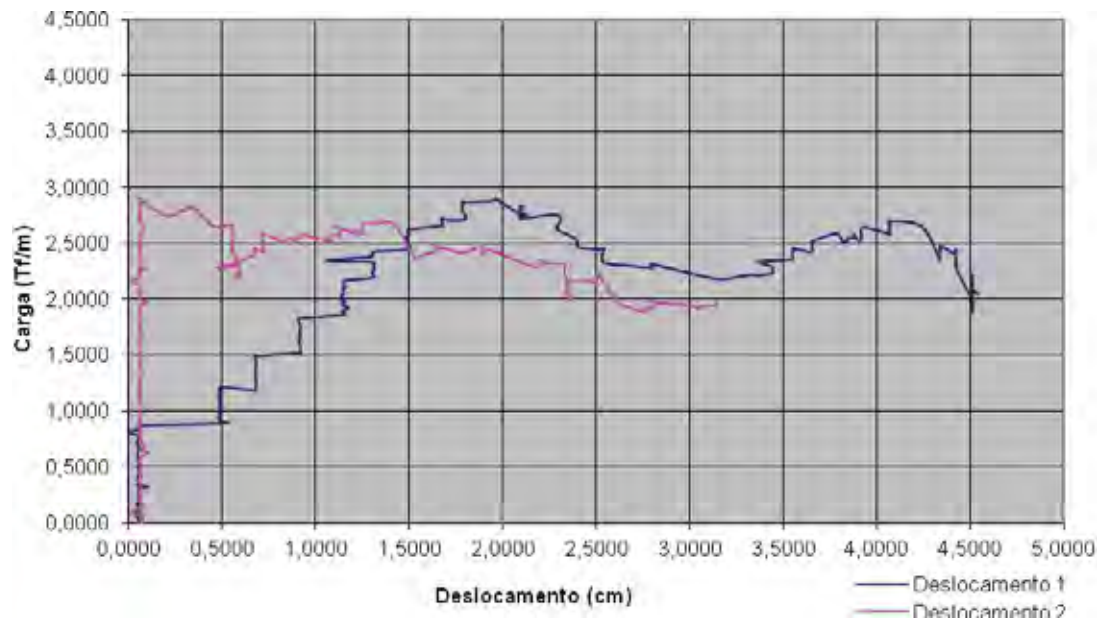
ANEXO A – GRÁFICOS DE CARGA x DESLOCAMENTO

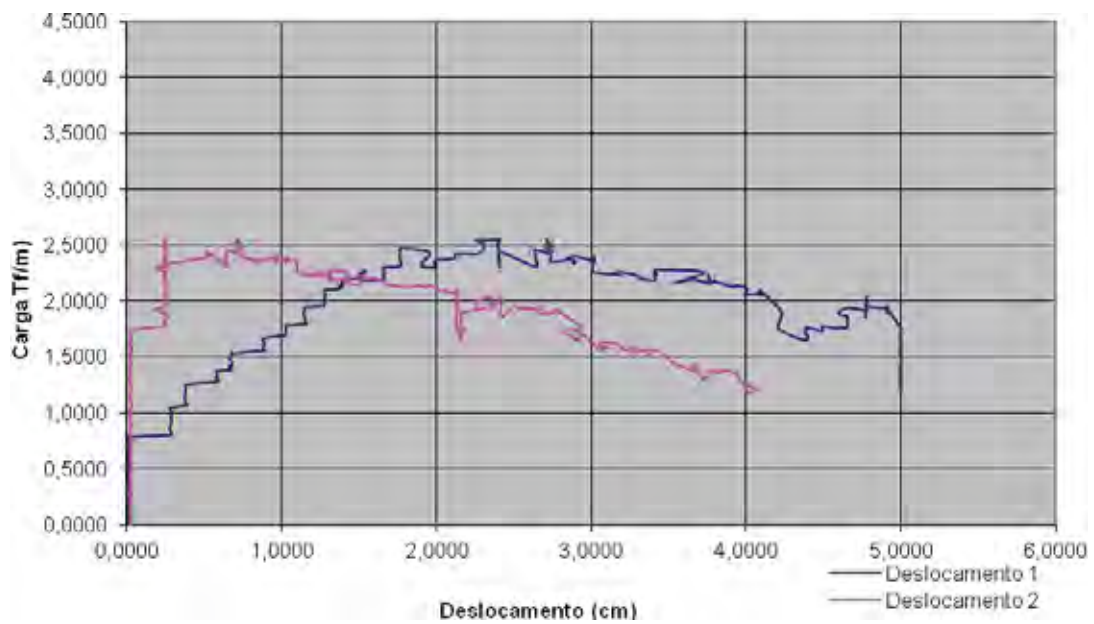
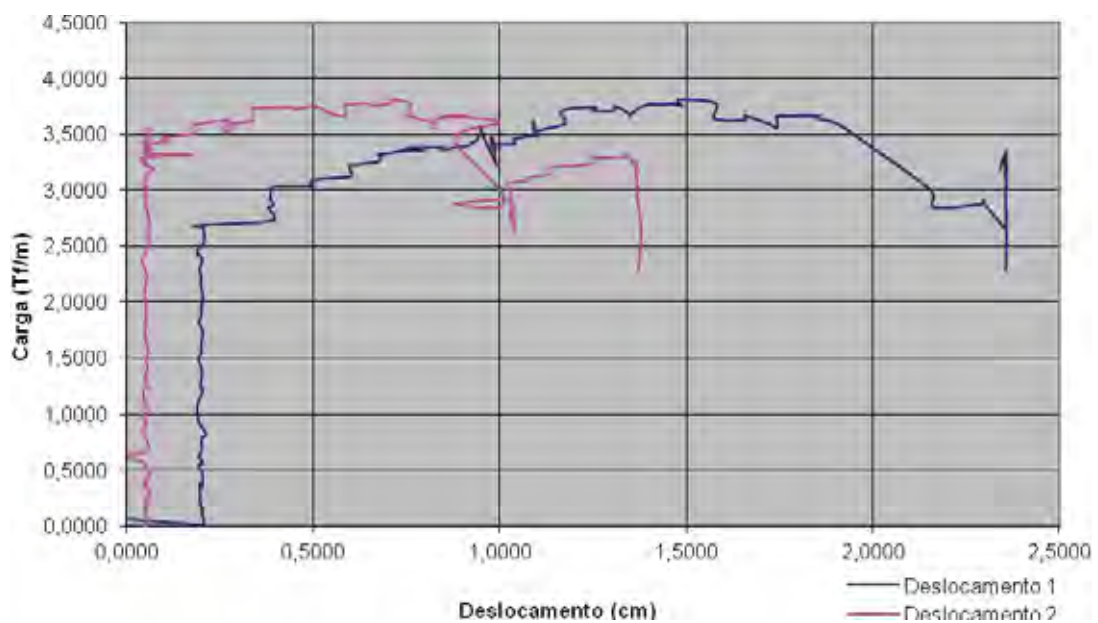
Camada Simples – Posição 12 – 20kPa

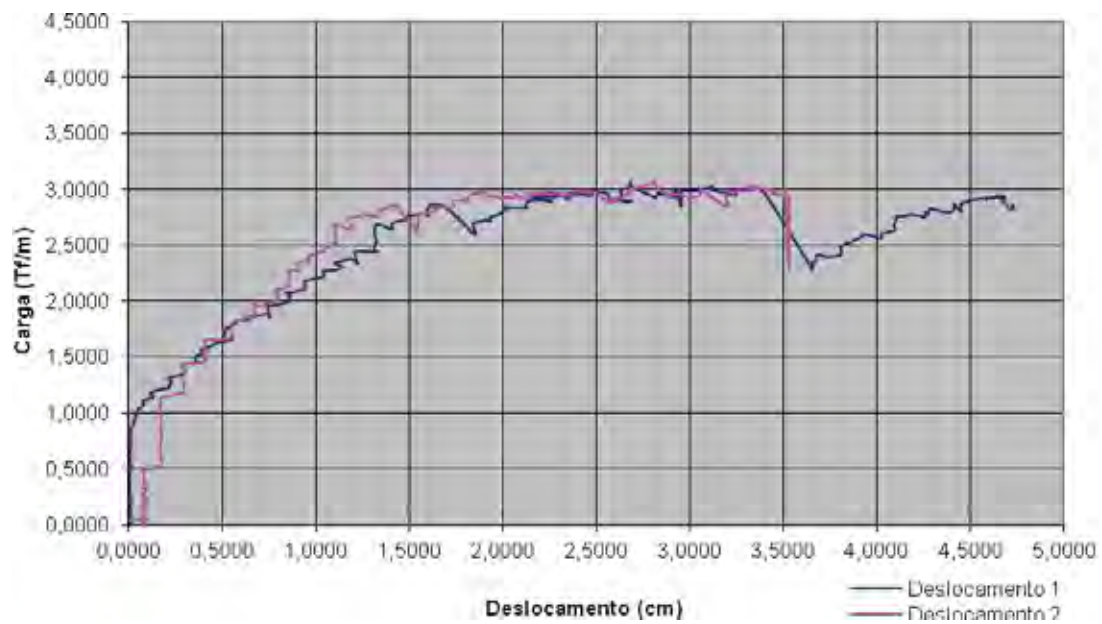
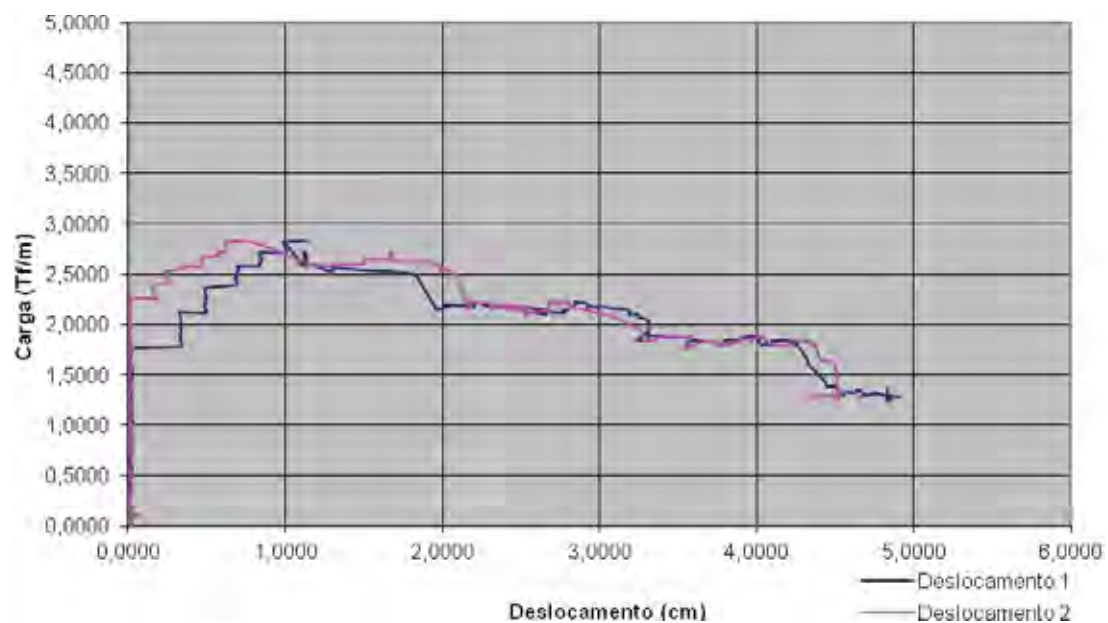


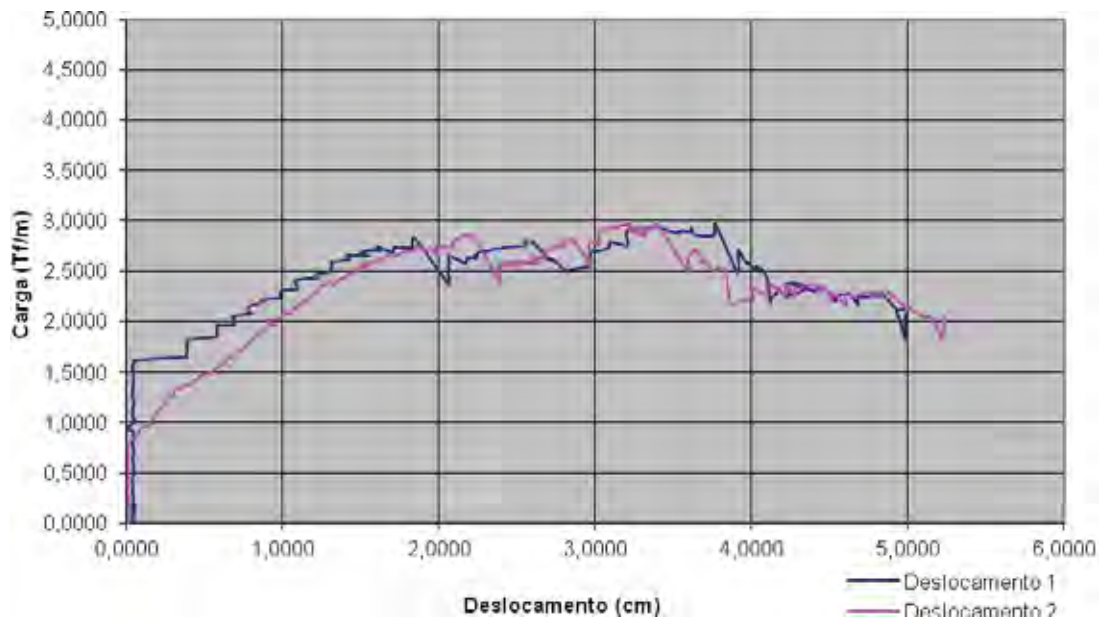
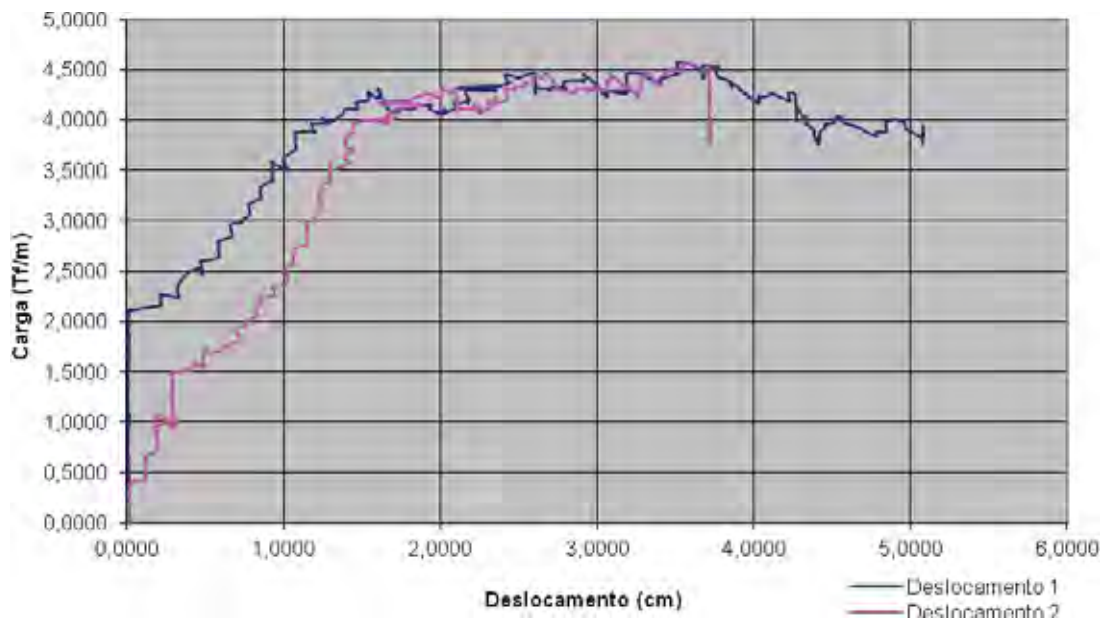
Camada Simples – Posição 21 – 20kPa

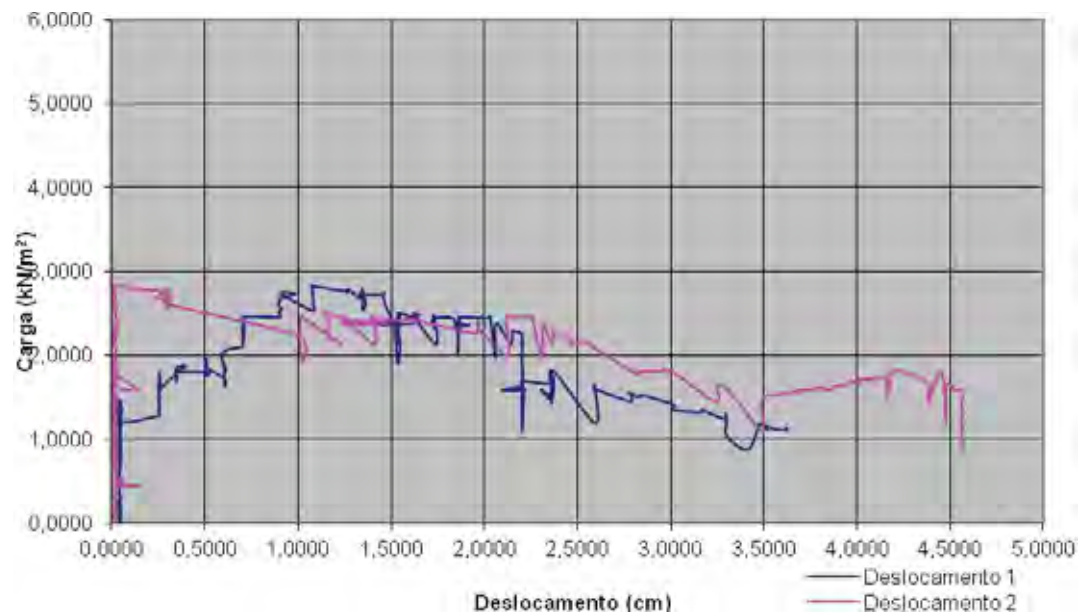
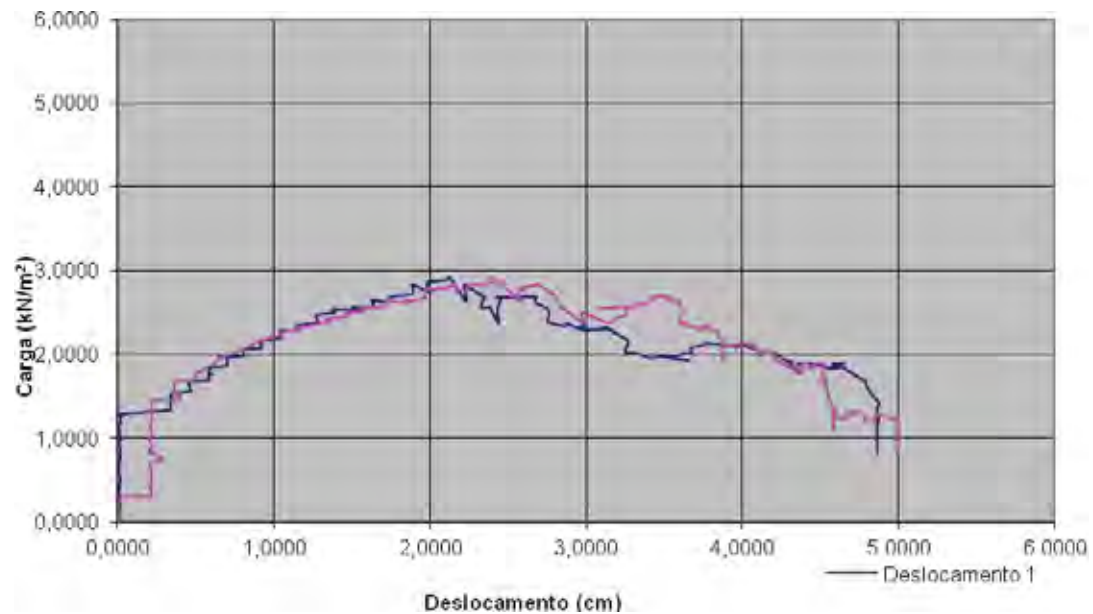


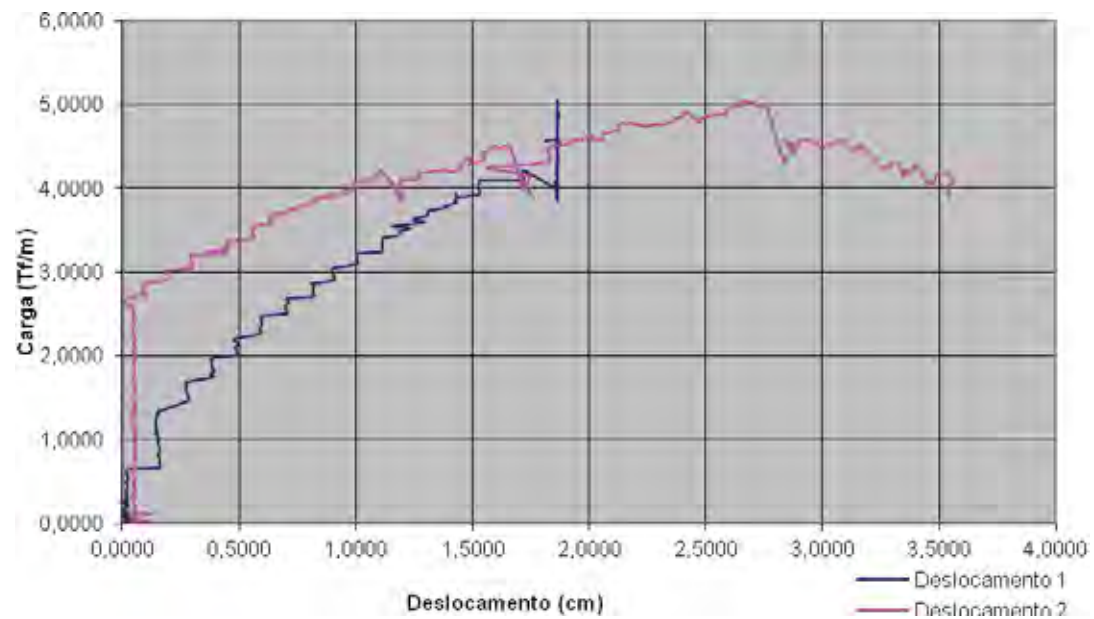
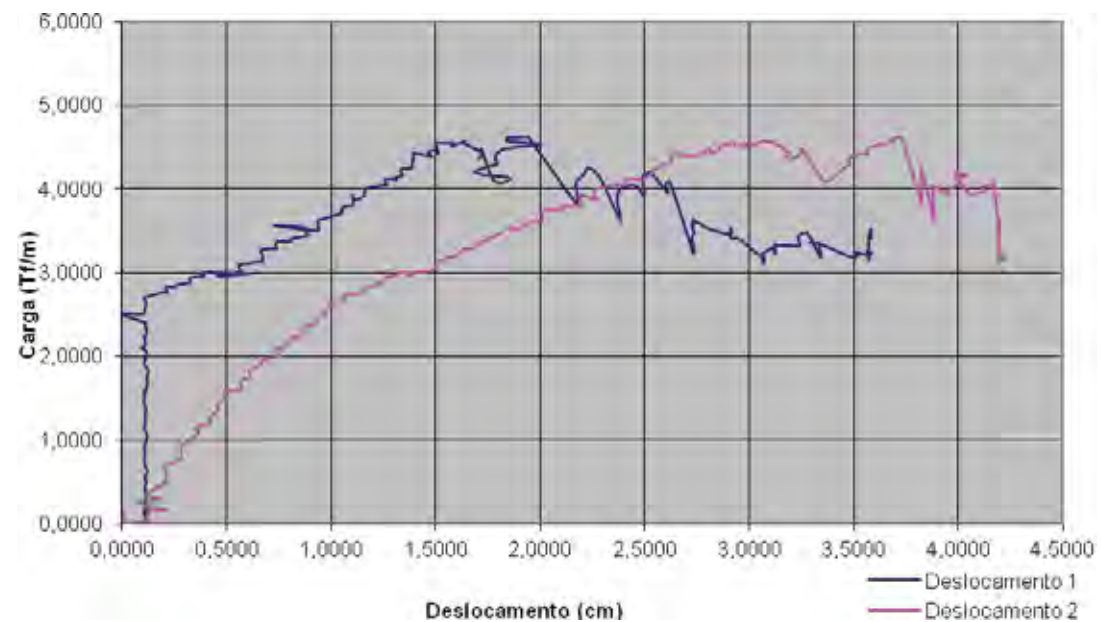
Camada Dupla – Posição 21 – 2º Série – 20kPa**Camada Simples – Posição 12 – 40kPa**

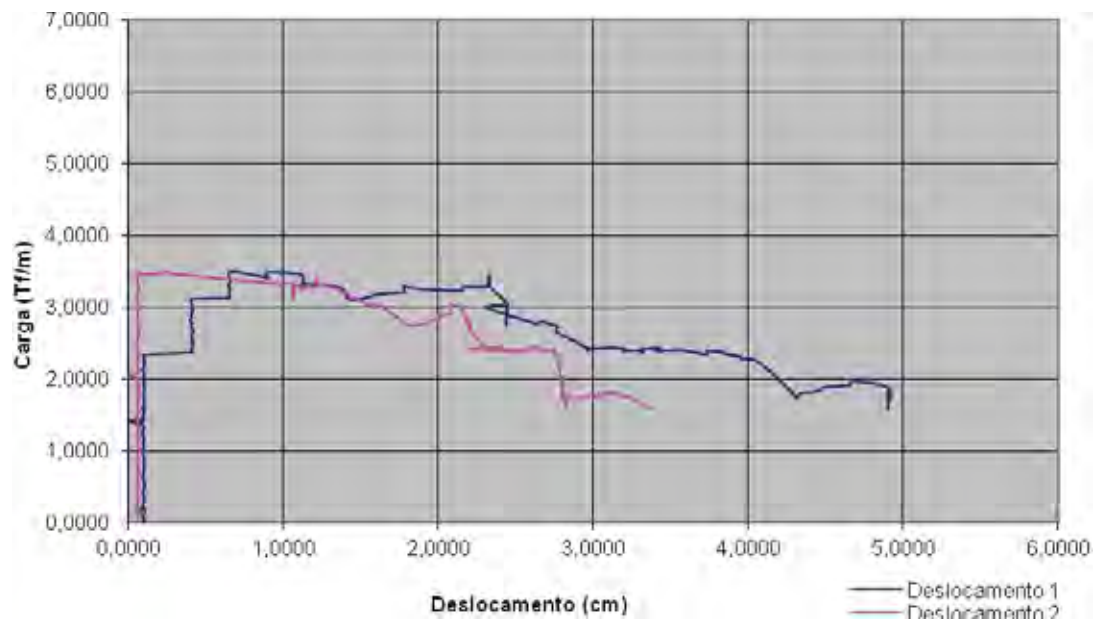
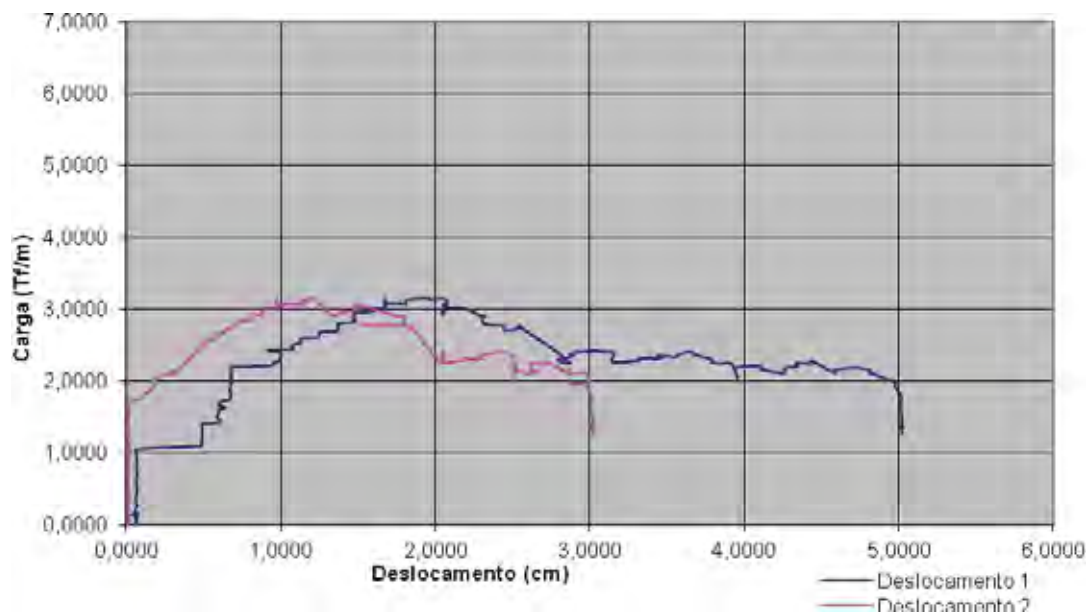
Camada Simples – Posição 21 - 40kPa**Camada Dupla – Posição 21 – 1ª Série - 40kPa**

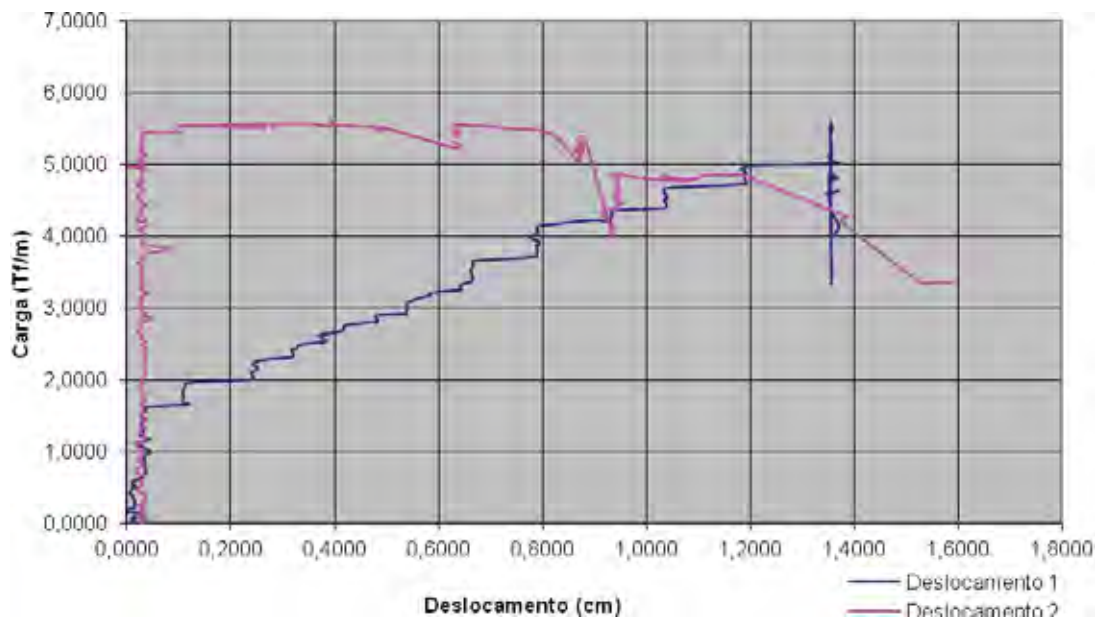
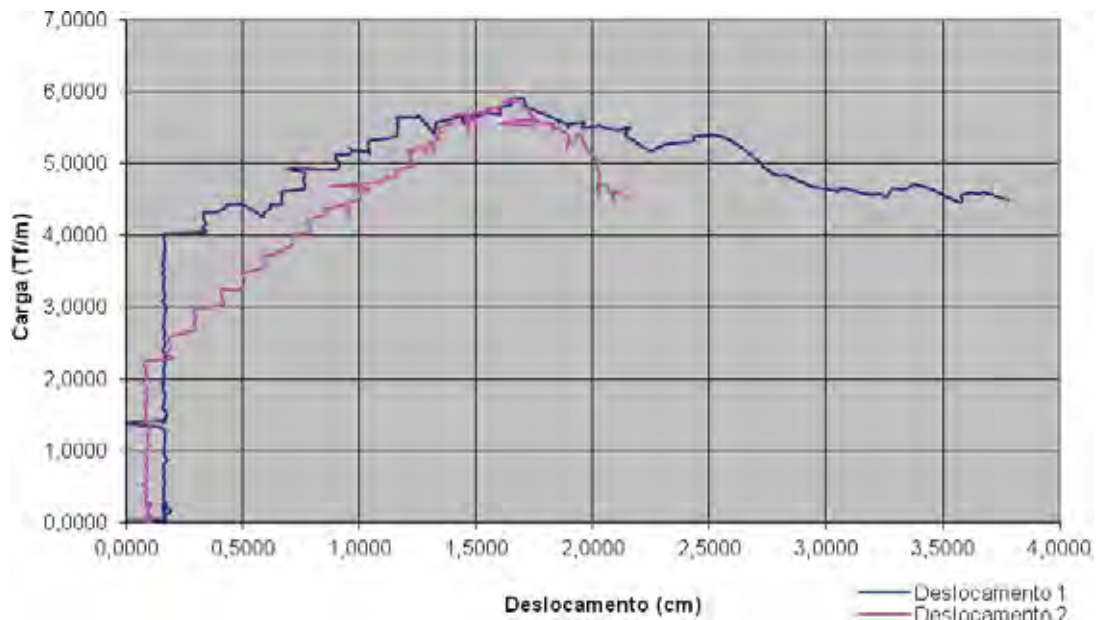
Camada Dupla – Posição 21 – 2ª Série - 40kPa**Camada Simples – Posição 12 – 60kPa**

Camada Simples – Posição 21 - 60kPa**Camada Dupla – Posição 21 – 2ª Série - 60kPa**

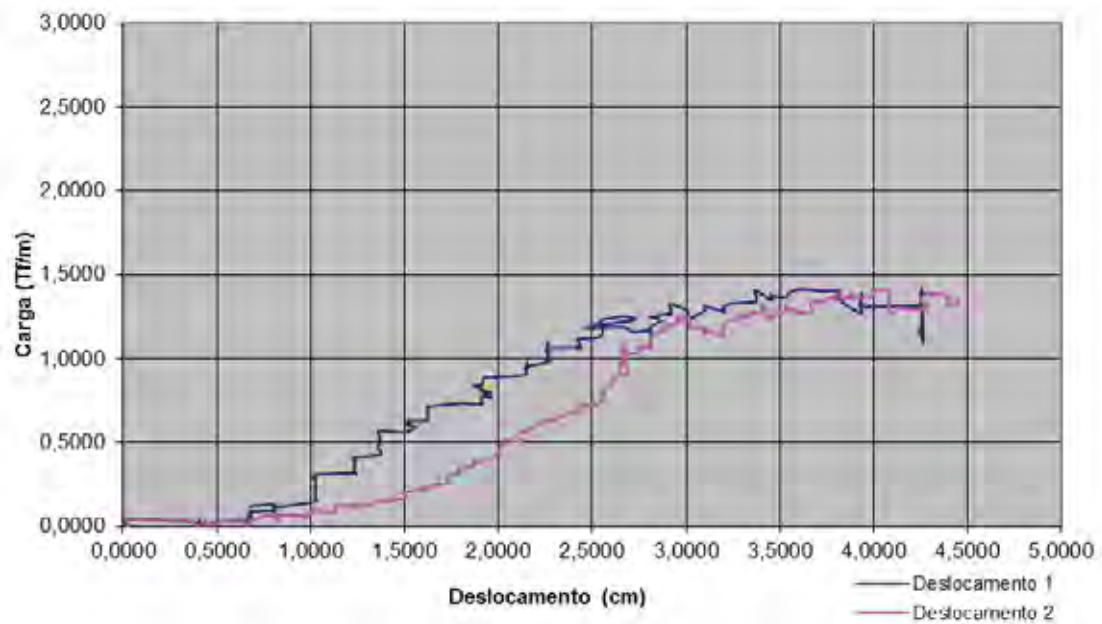
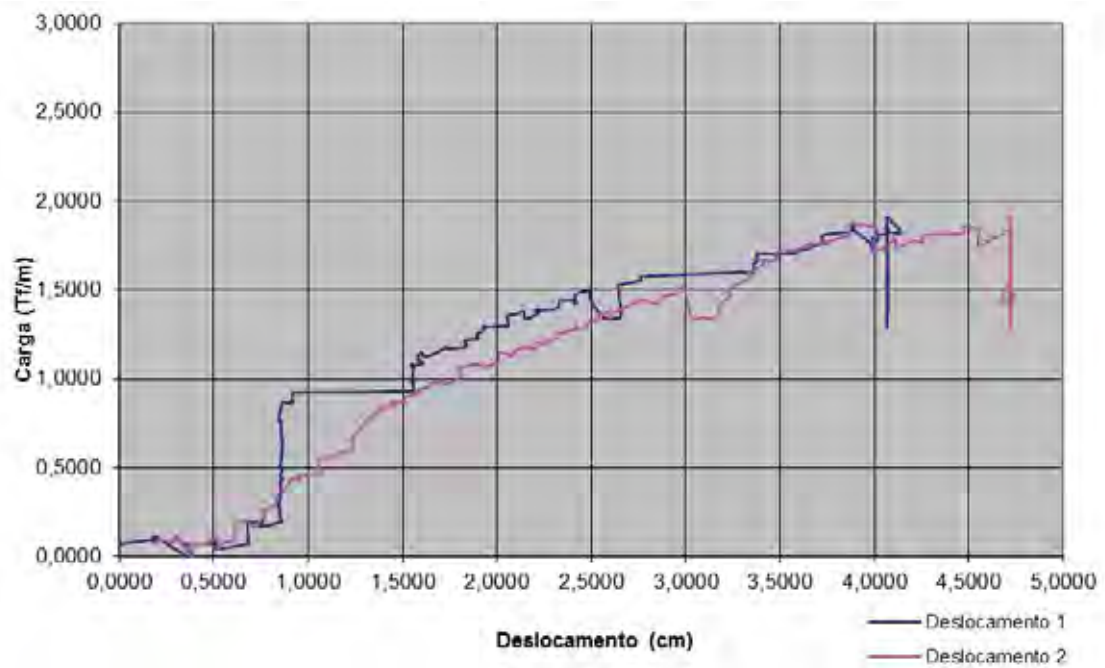
Camada Simples – Posição 12 – 80kPa**Camada Simples – Posição 21 – 80kPa**

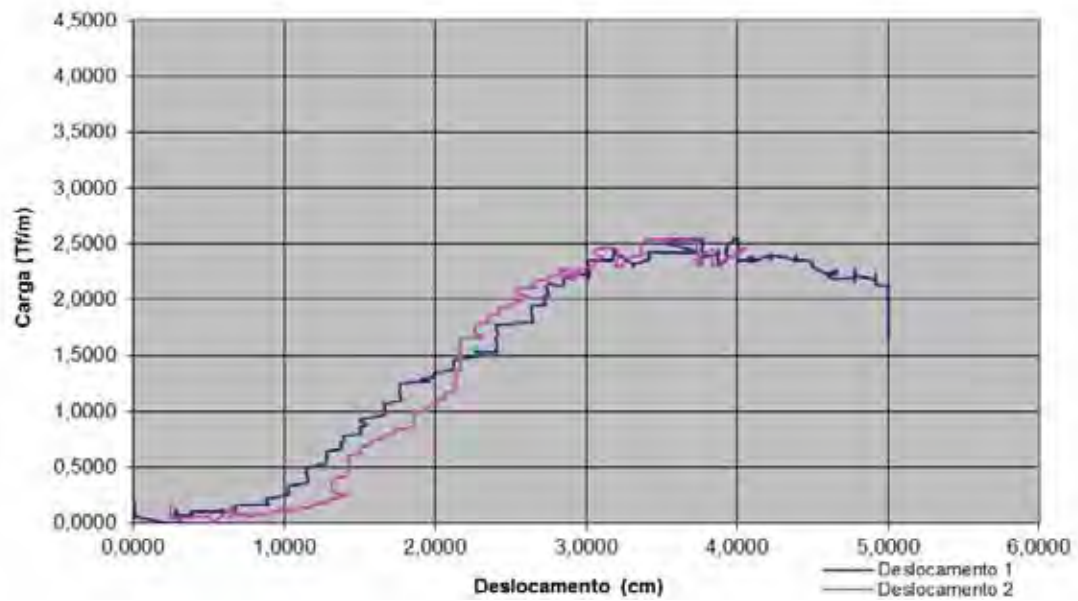
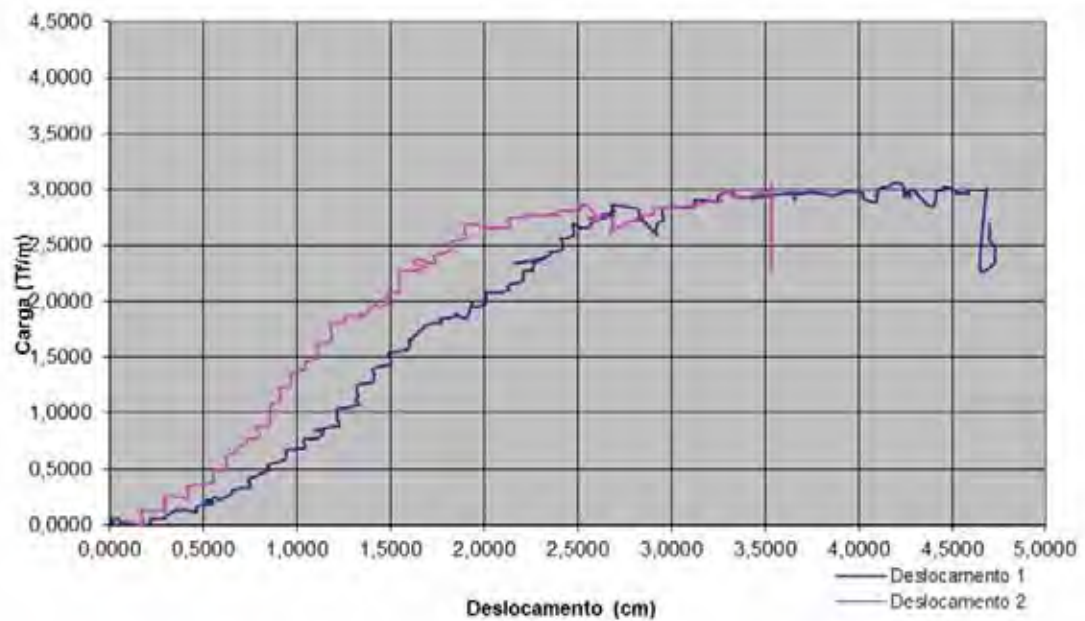
Camada Dupla – Posição 21 – 1ª Série – 80kPa**Camada Dupla – Posição 21 – 2ª Série – 80kPa**

Camada Simples – Posição 12 – 100kPa**Camada Simples – Posição 21 – 100kPa**

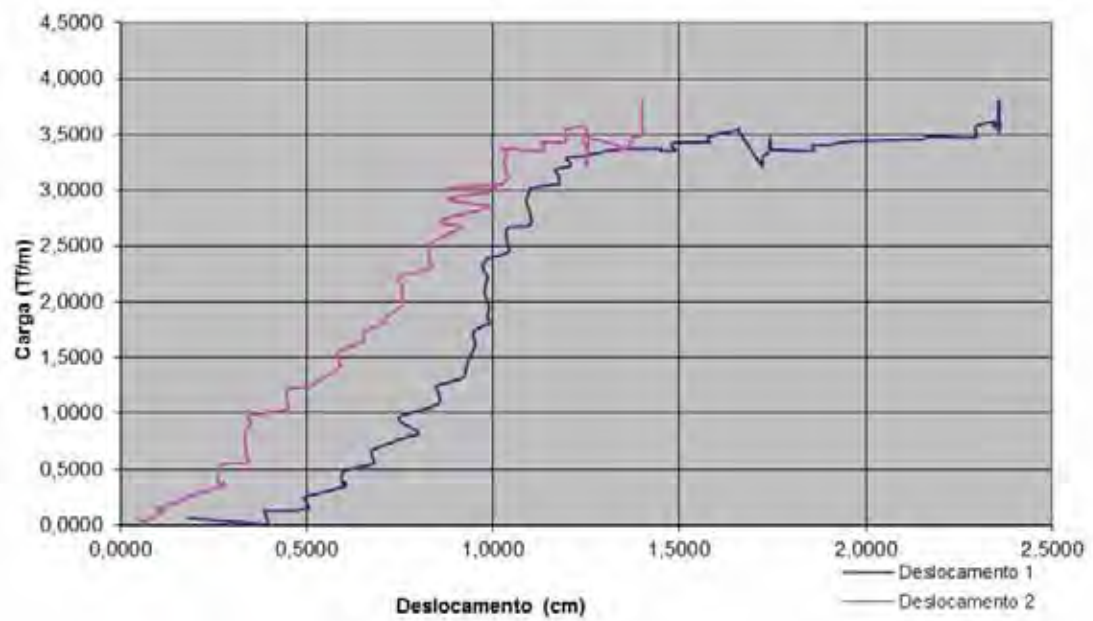
Camada Dupla – Posição 21 – 1ª Série – 100kPa**Camada Dupla – Posição 21 – 2ª Série – 100kPa**

ANEXO B – GRÁFICOS DE CARGA x DESLOCAMENTO - CORRIGIDOS

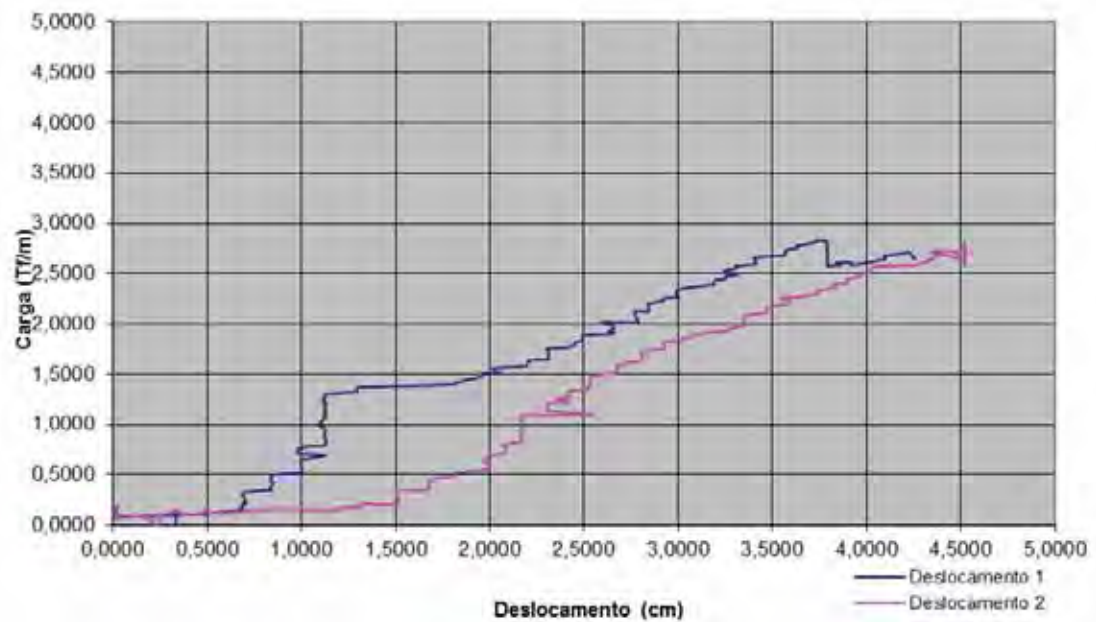
Camada Simples – Posição 12 – 20kPa- Corrigido**Camada Simples – Posição 21 – 20kPa- Corrigido**

Camada Simples – Posição 21 – 40kPa – 40kPa-**Camada Dupla – Posição 21 – 40kPa- Corrigido**

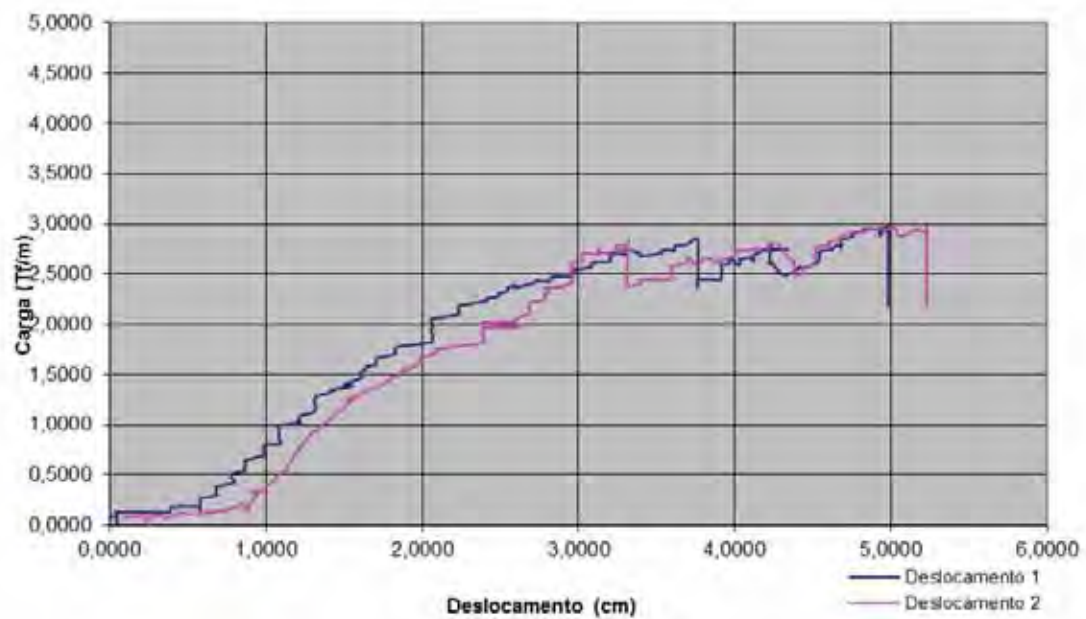
Camada Dupla – Posição 21 – 40kPa- Corrigido



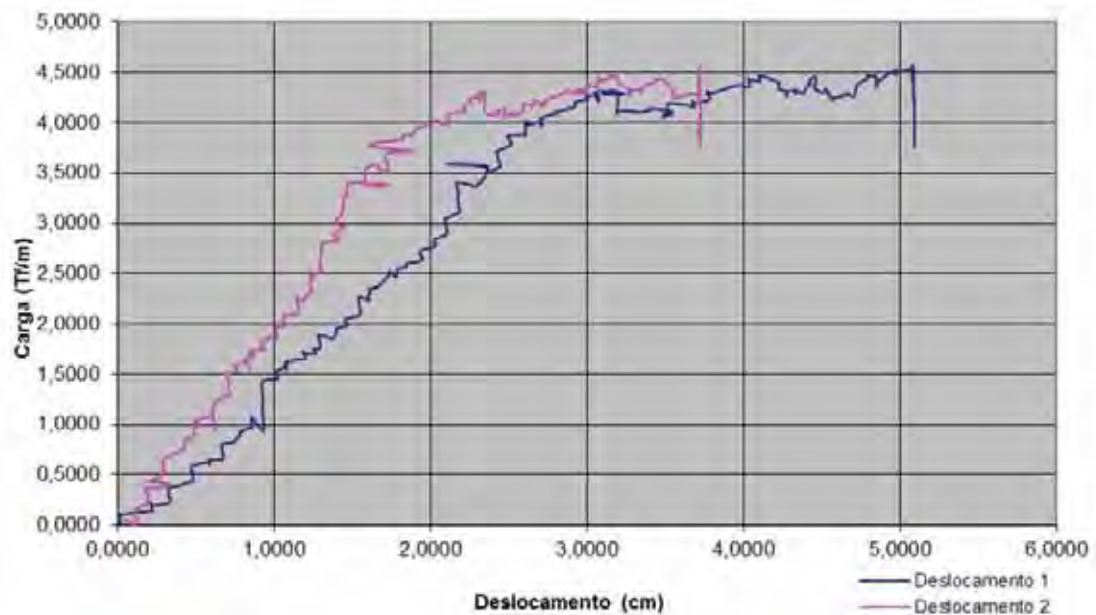
Camada Simples – Posição 12 – 60kPa- Corrigido

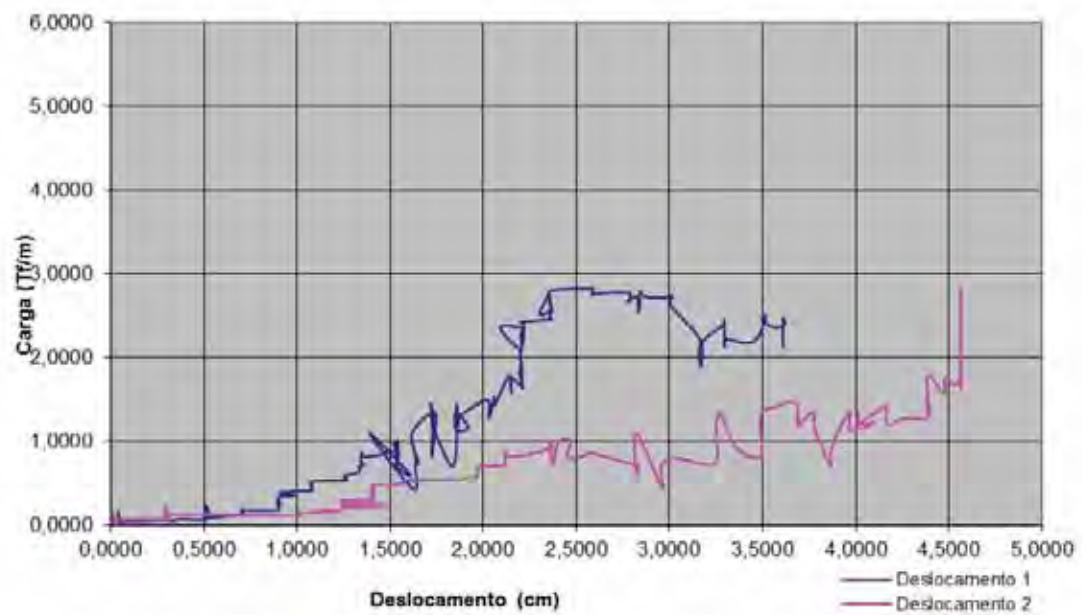
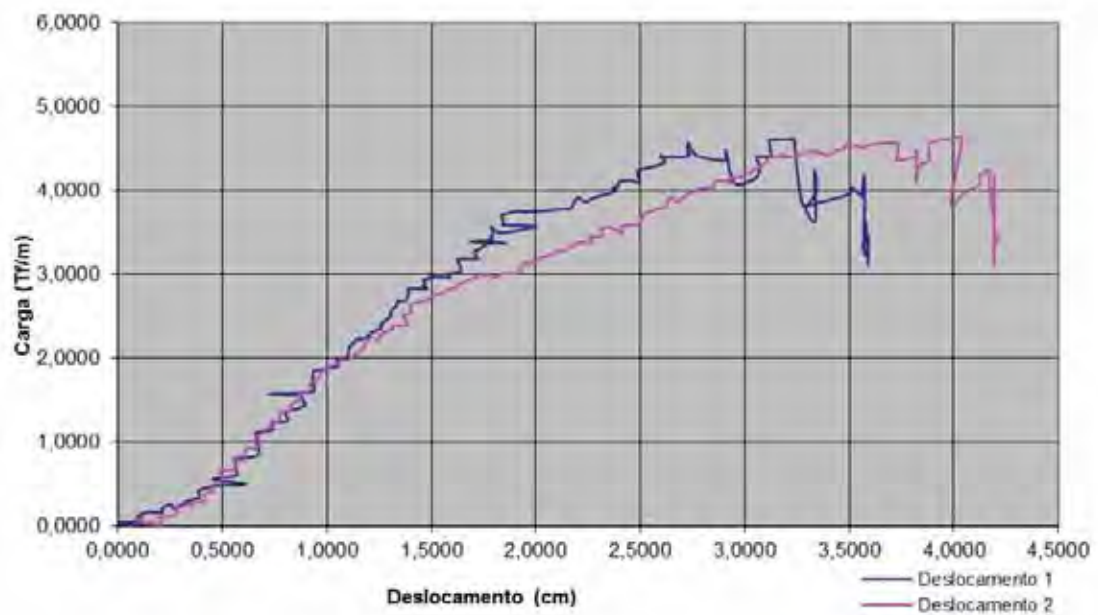


Camada Simples – Posição 21 – 60kPa- Corrigido

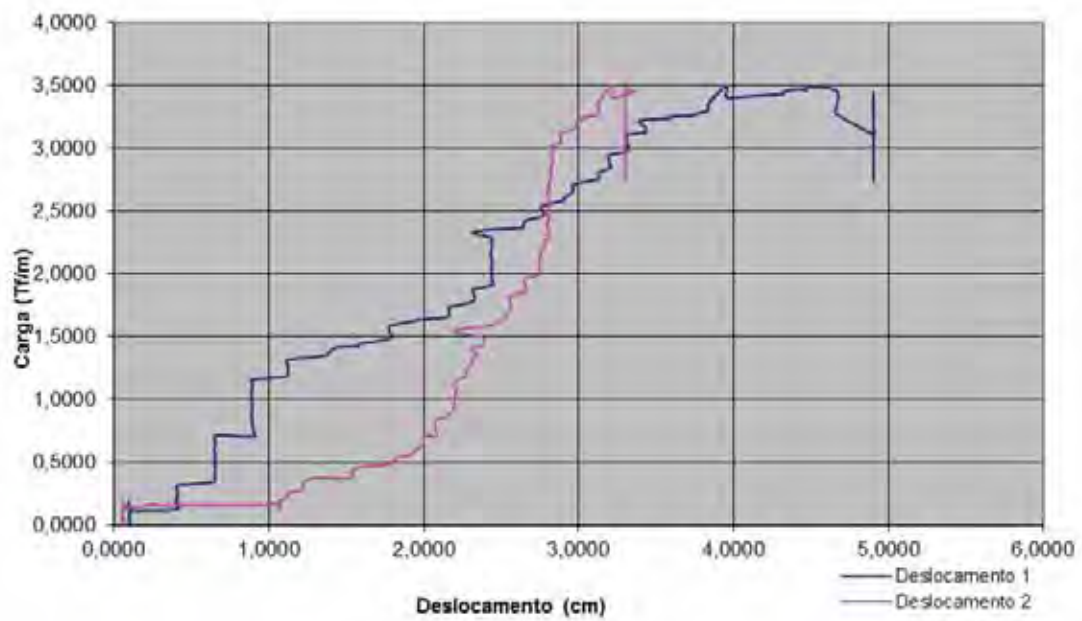


Camada Dupla – Posição 21 – 2ª Série – 60kPa- Corrigido

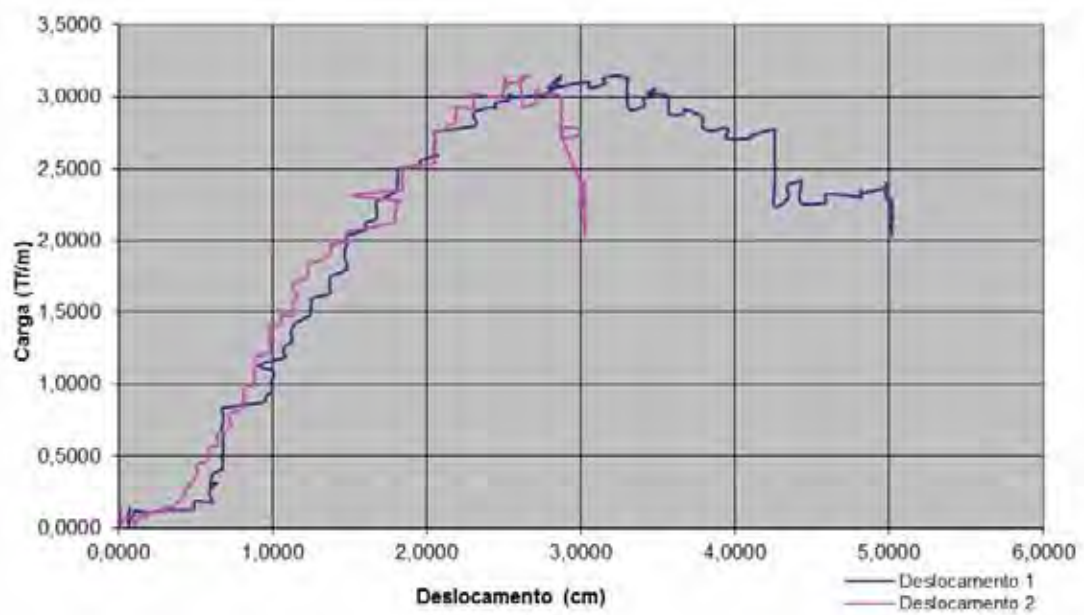


Camada Simples – Posição 12 – 80kPa- Corrigido**Camada Dupla – Posição 21 – 1ª Série – 80kPa- Corrigido**

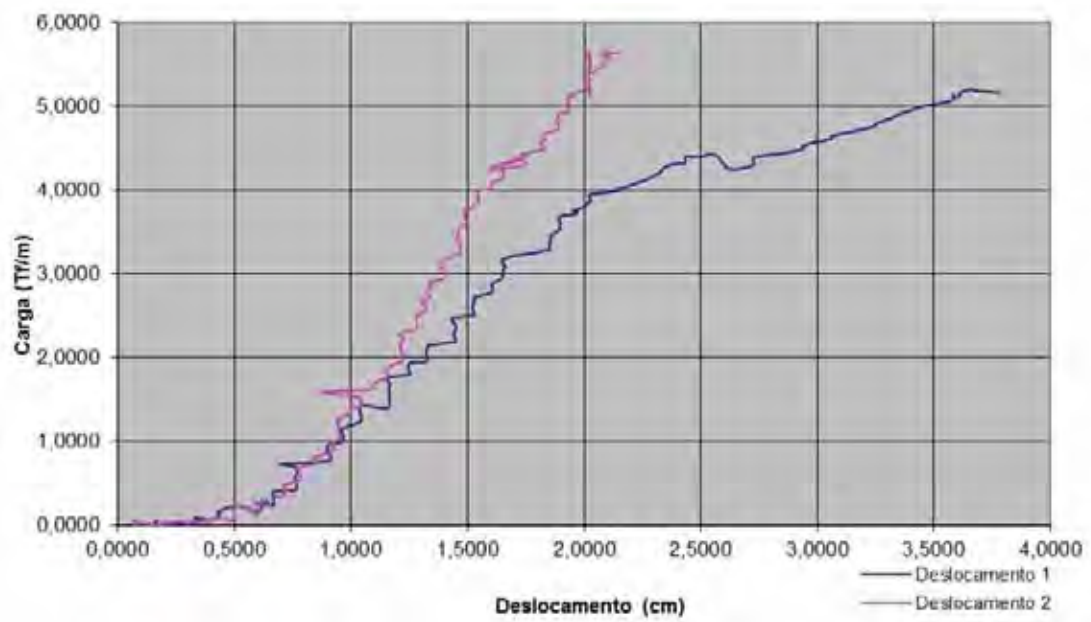
Camada Simples – Posição 12 – 100kPa- Corrigido



Camada Simples – Posição 21 – 80kPa- Corrigido

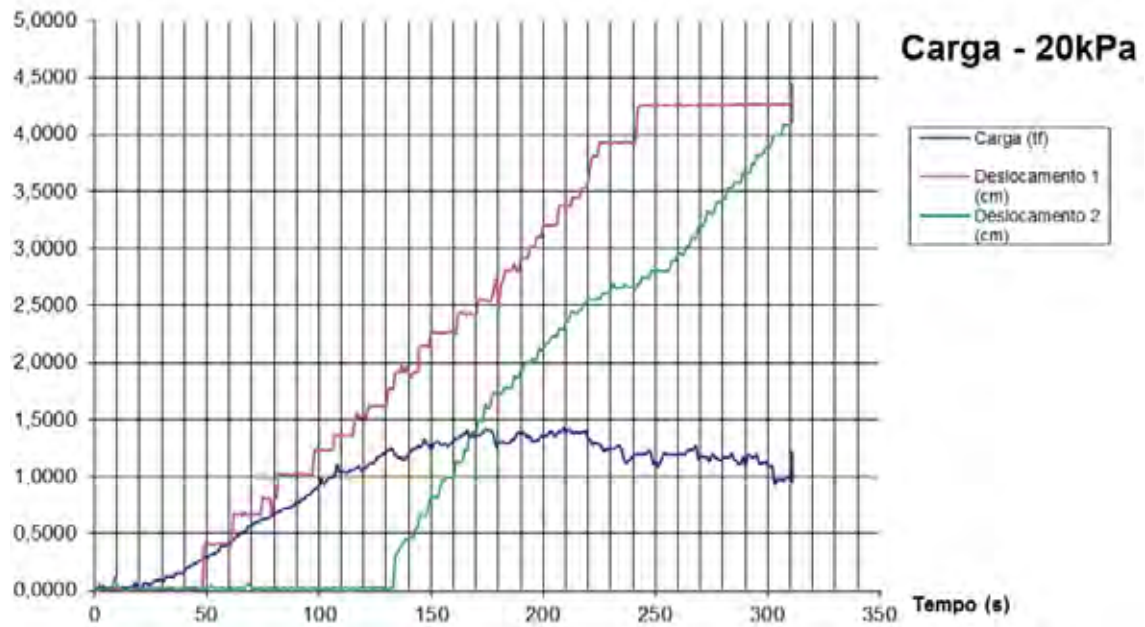


Camada Dupla – Posição 21 – 1ª Série – 100kPa- Corrigido

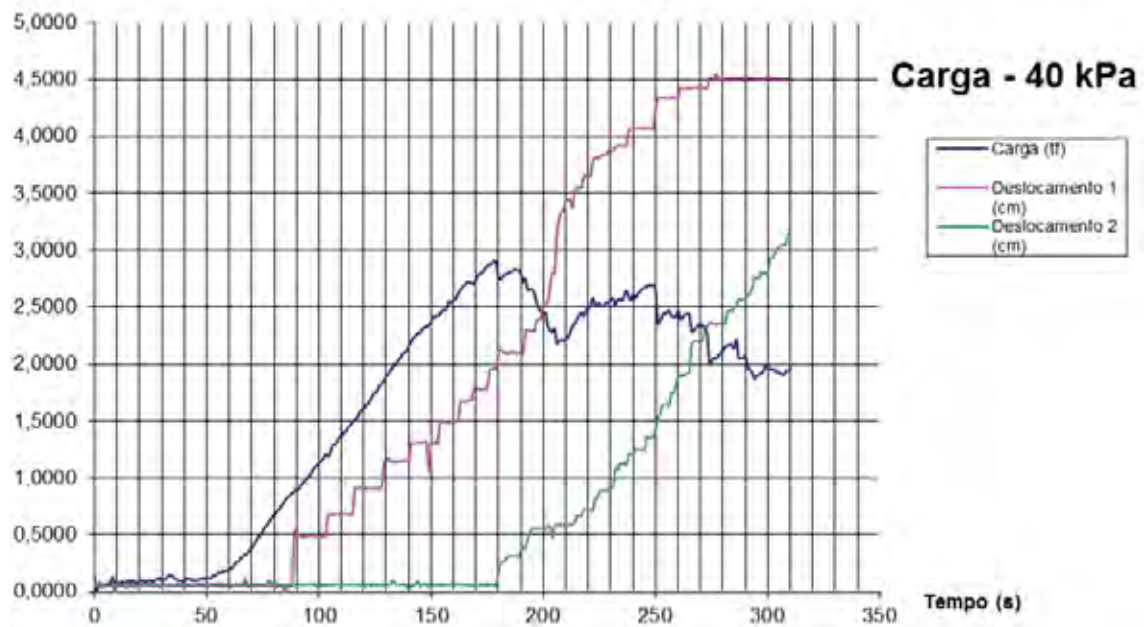


ANEXO C – GRÁFICOS DE CARGA x TEMPO

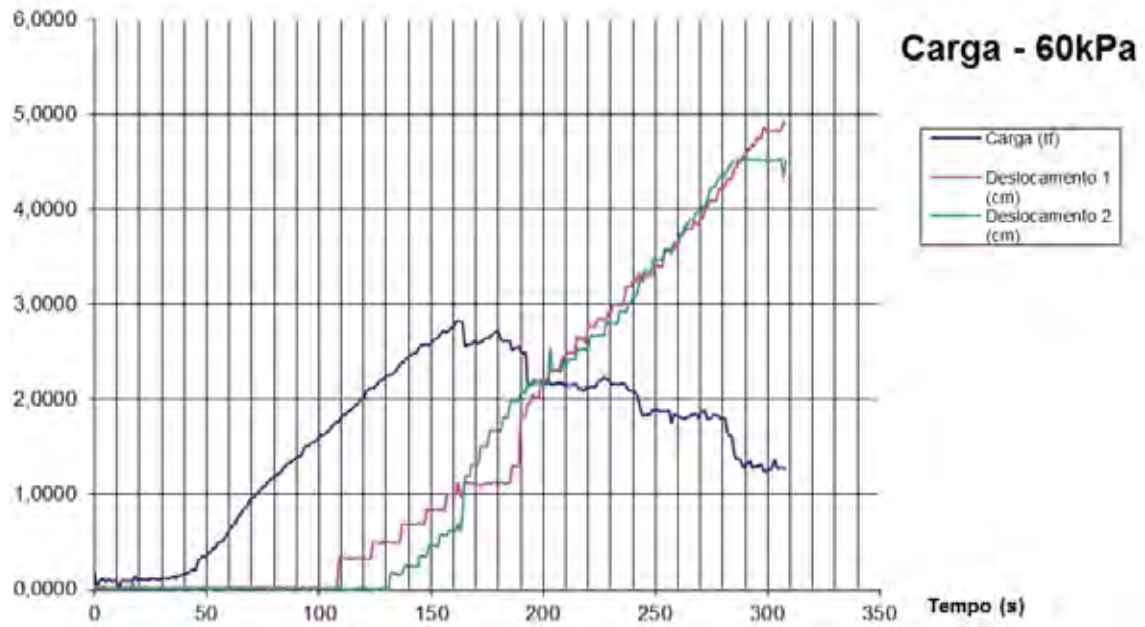
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12



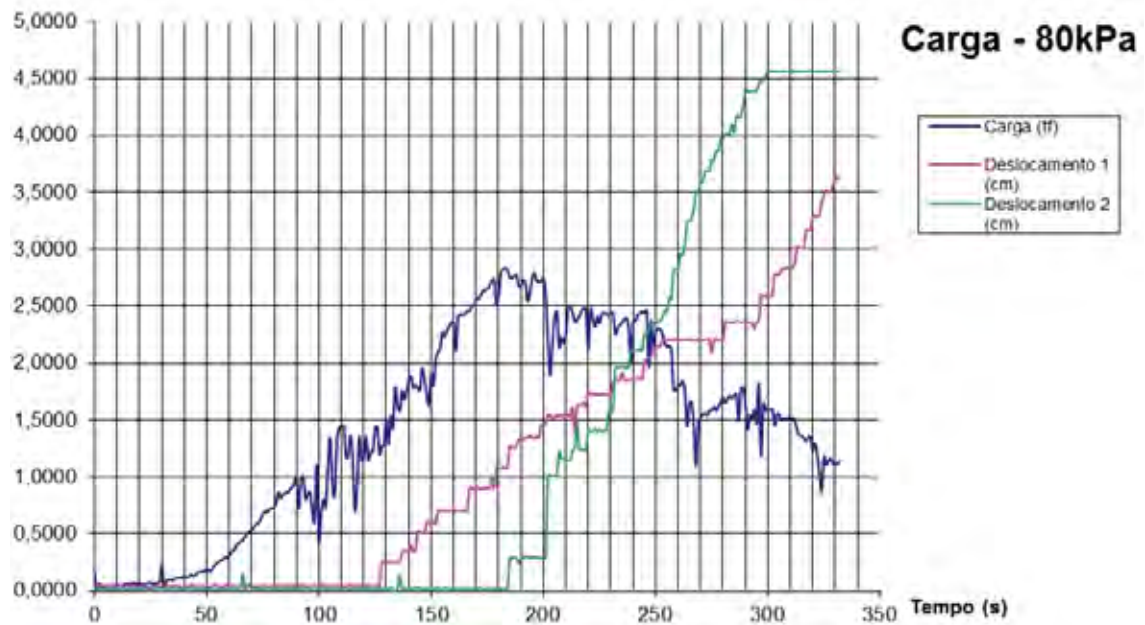
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12

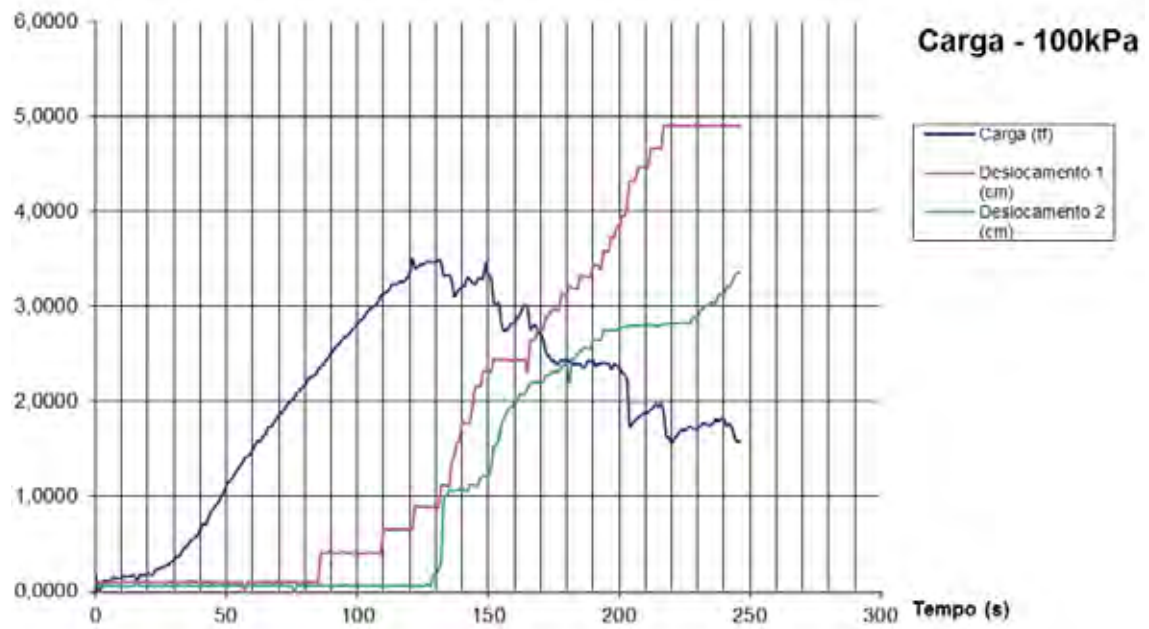


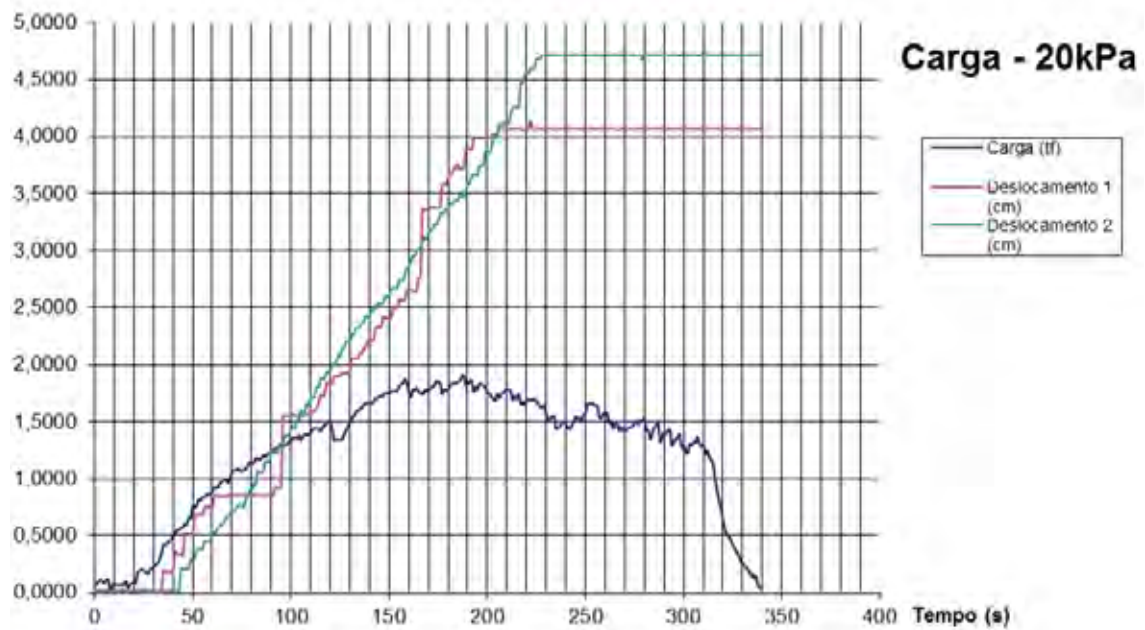
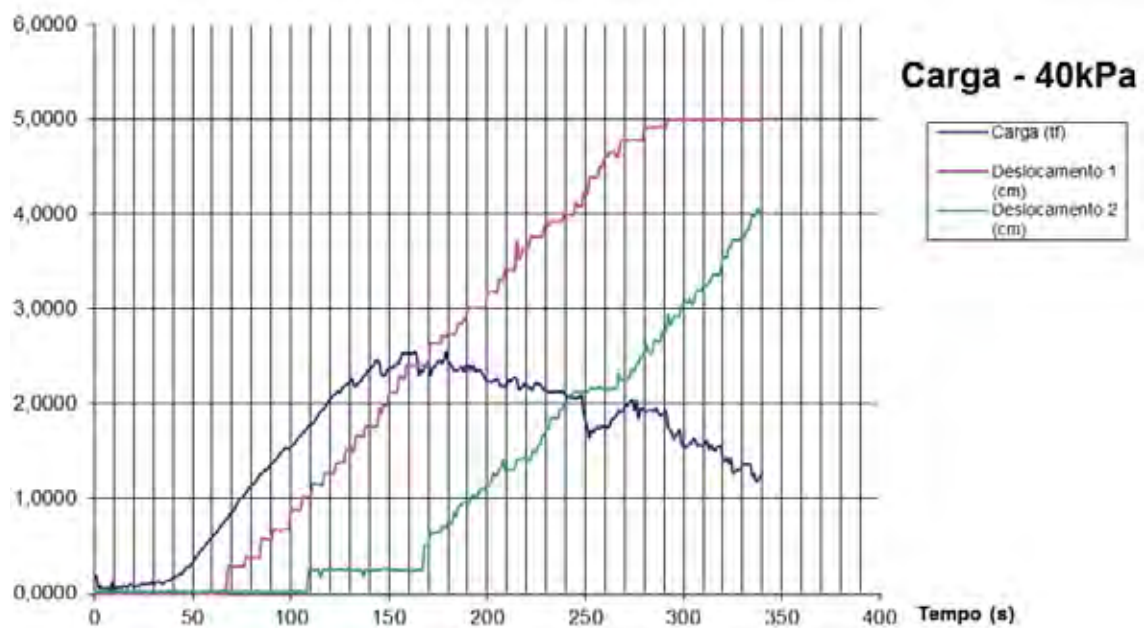
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12



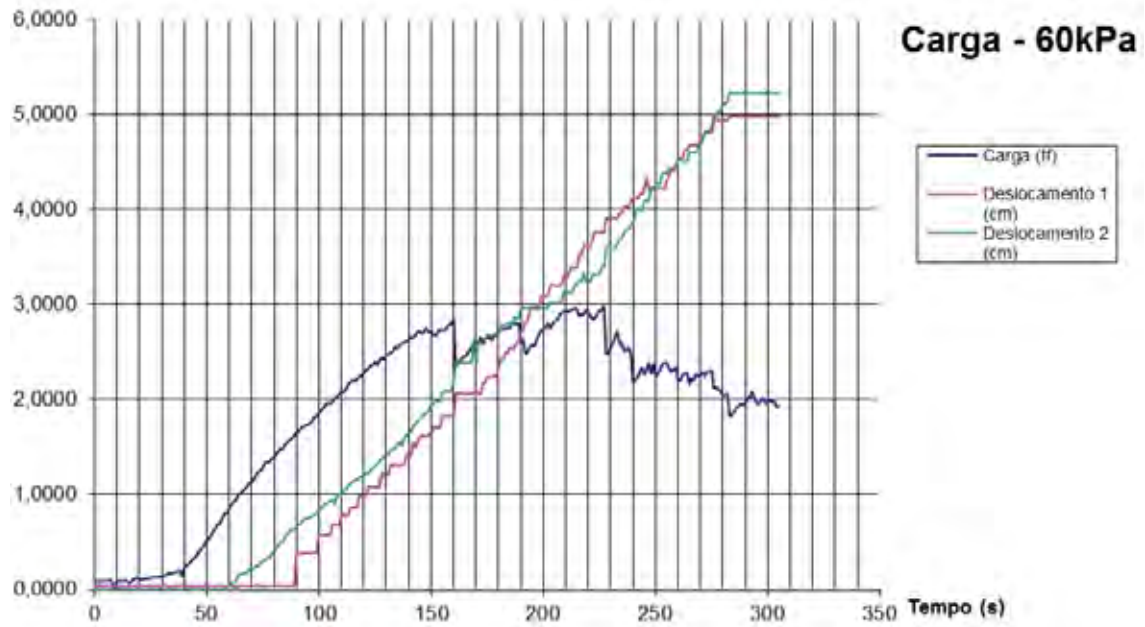
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12



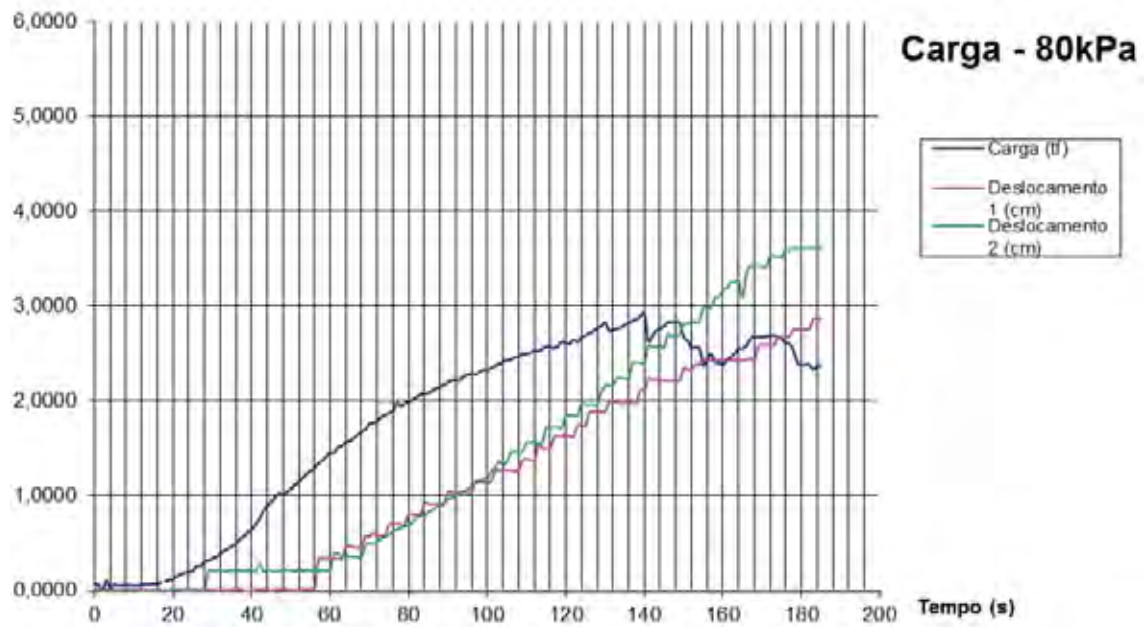
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12

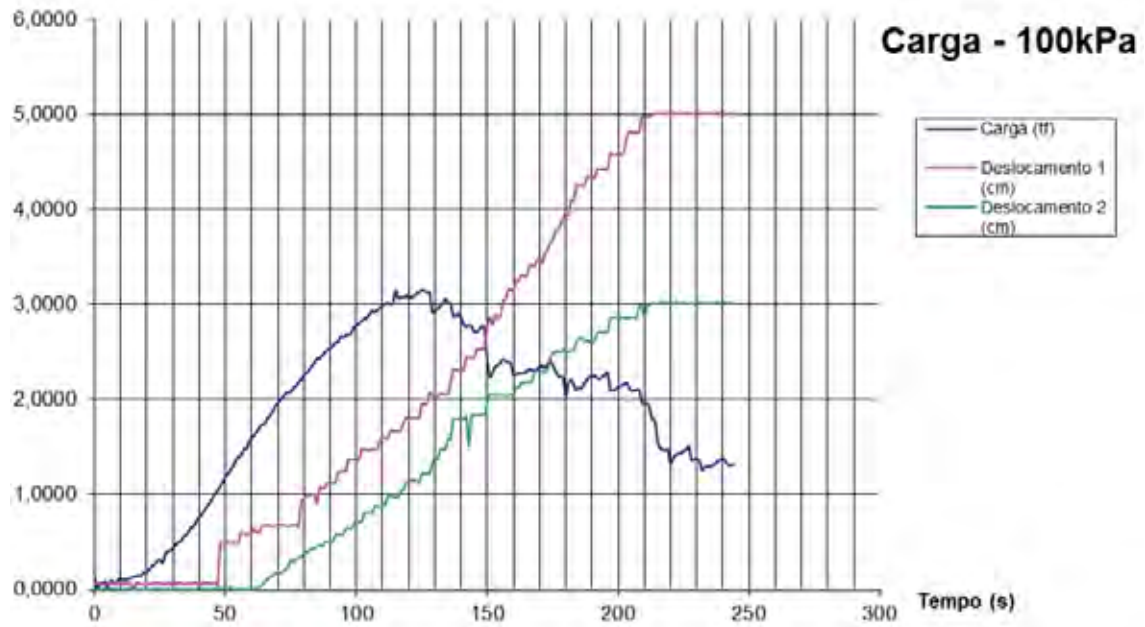
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 21**Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 21**

Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 21



Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 21

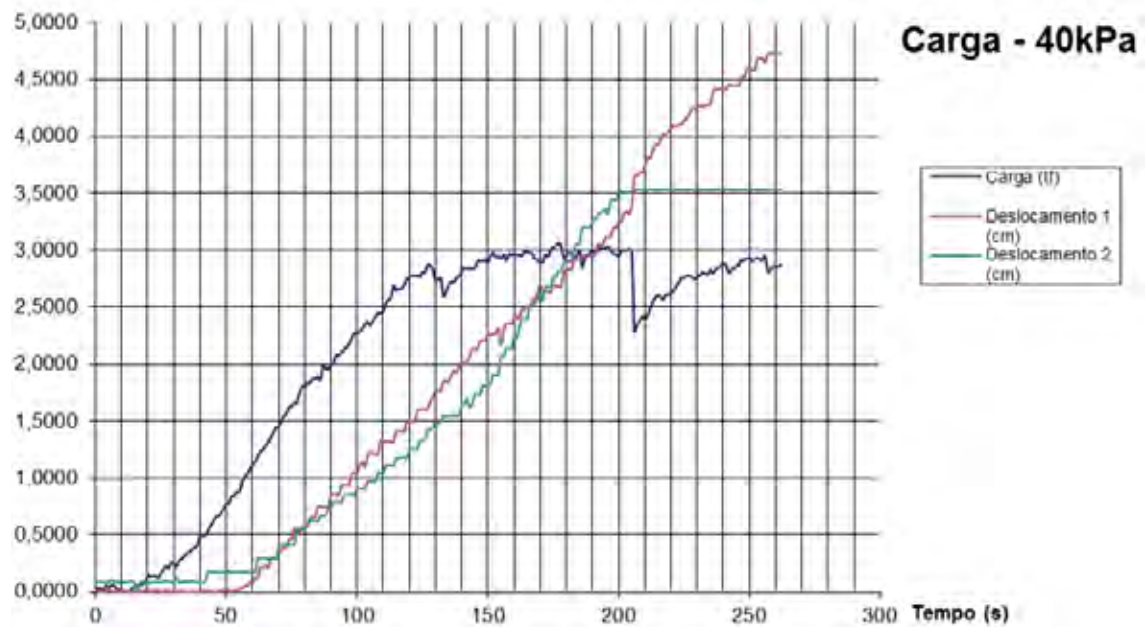


Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 21

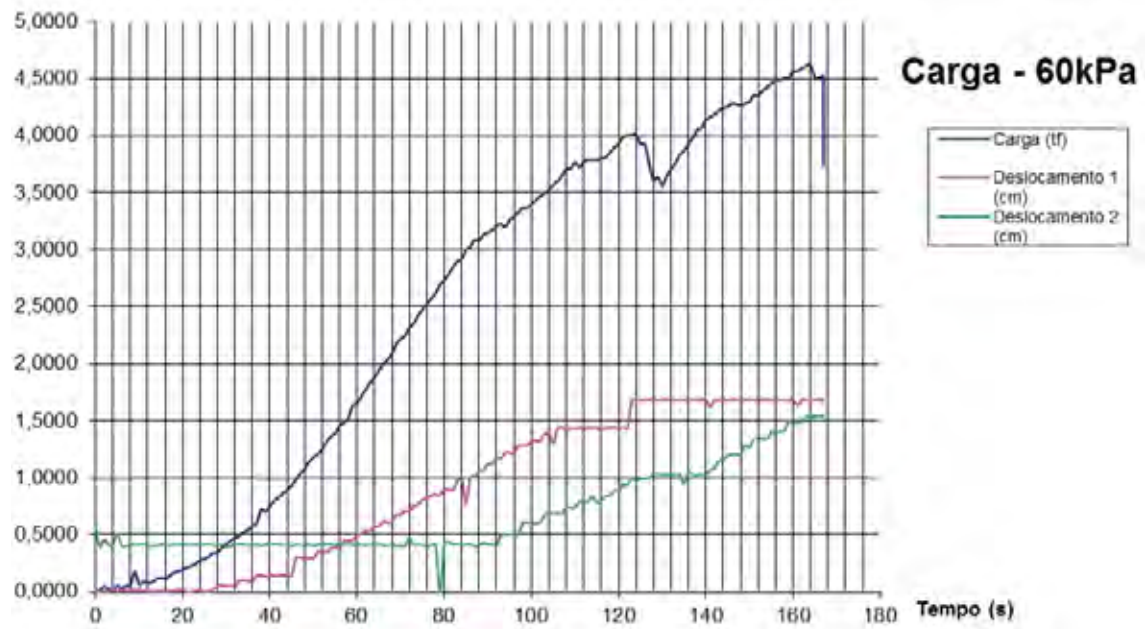
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série



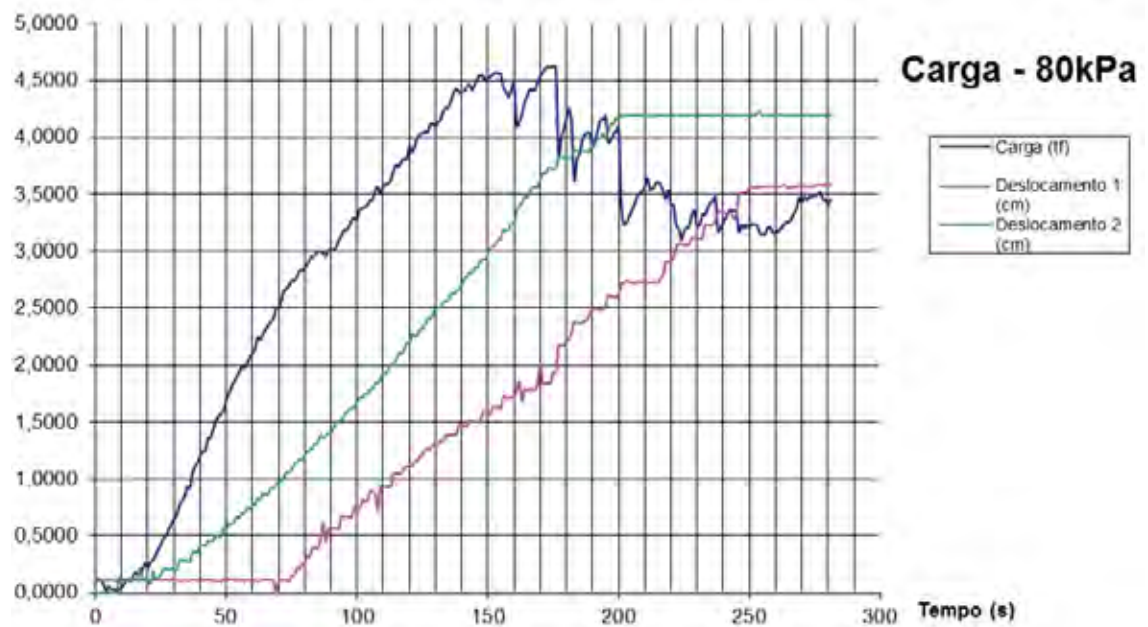
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série

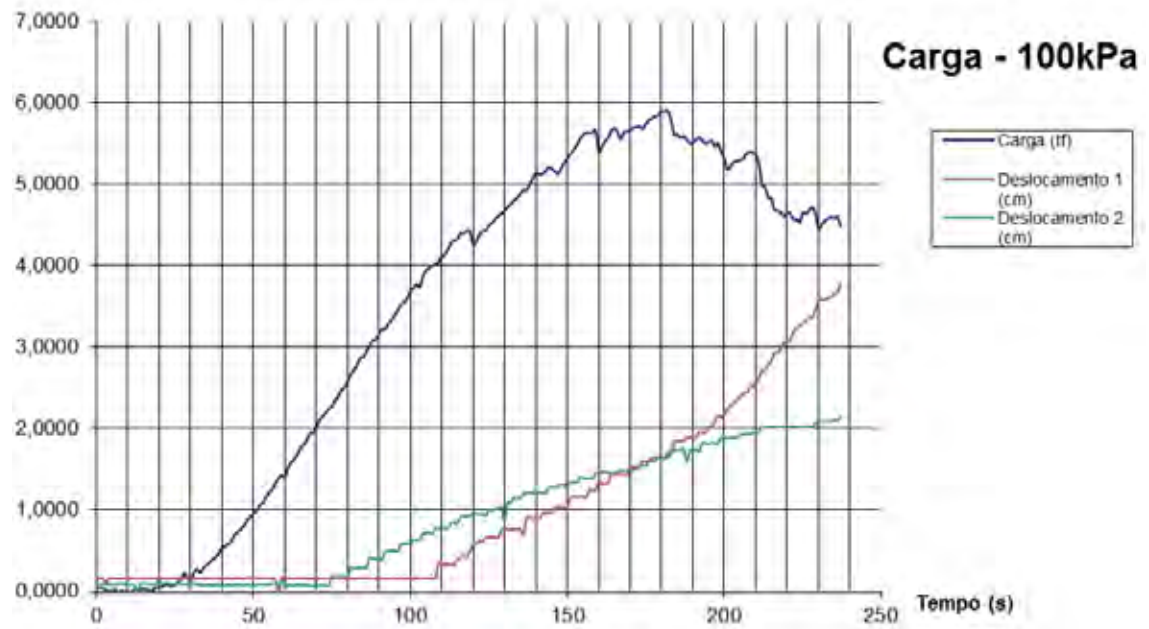


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série

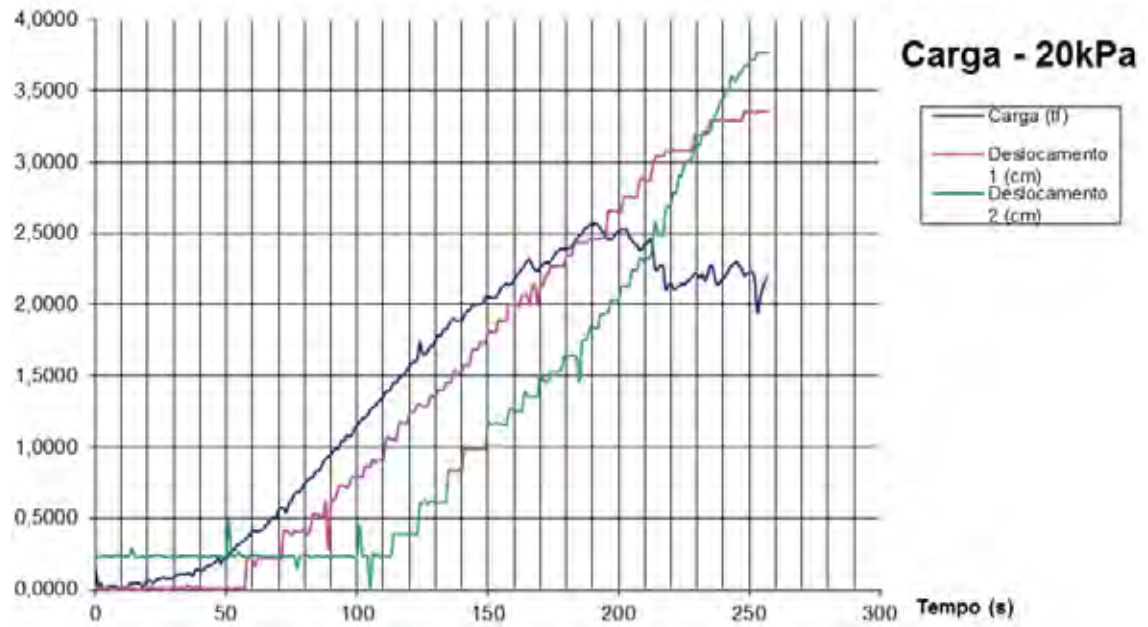


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série

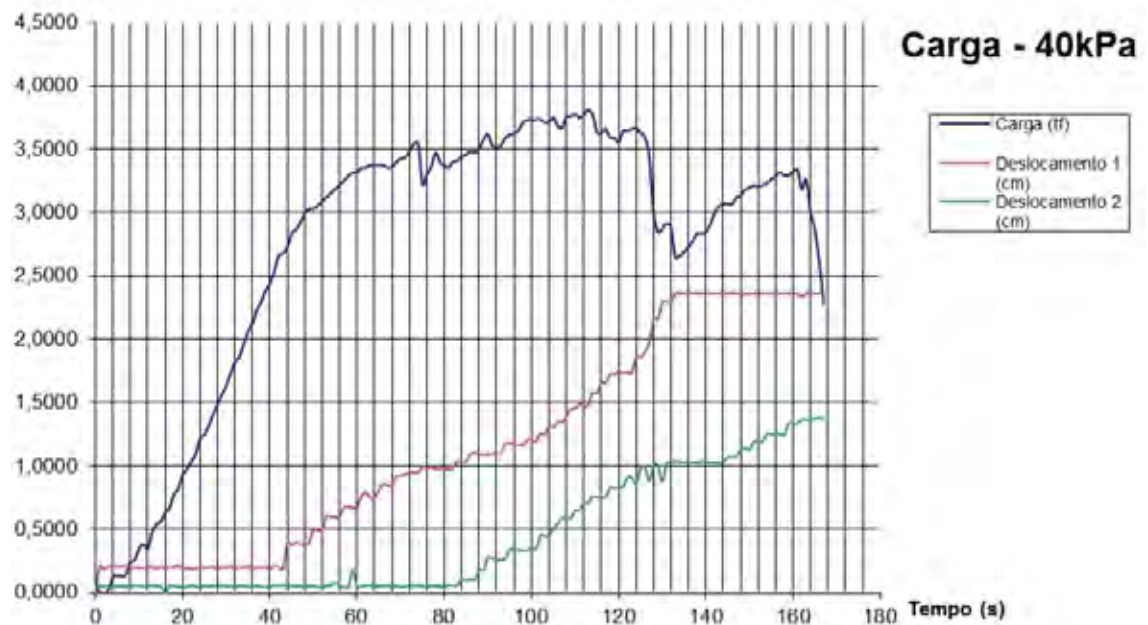


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série

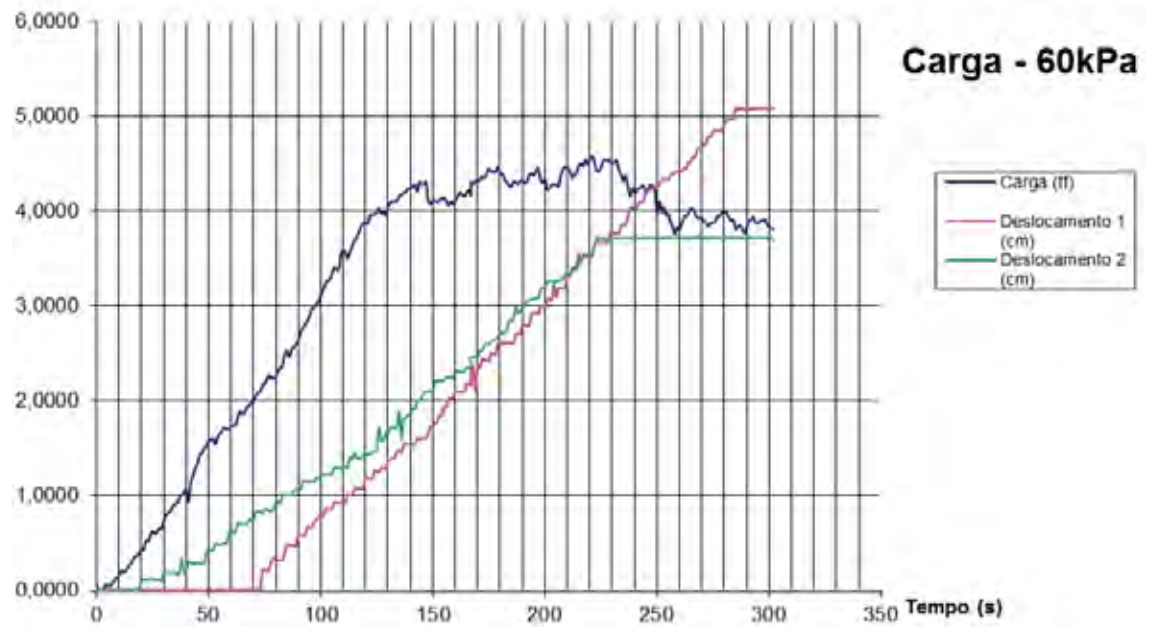
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série



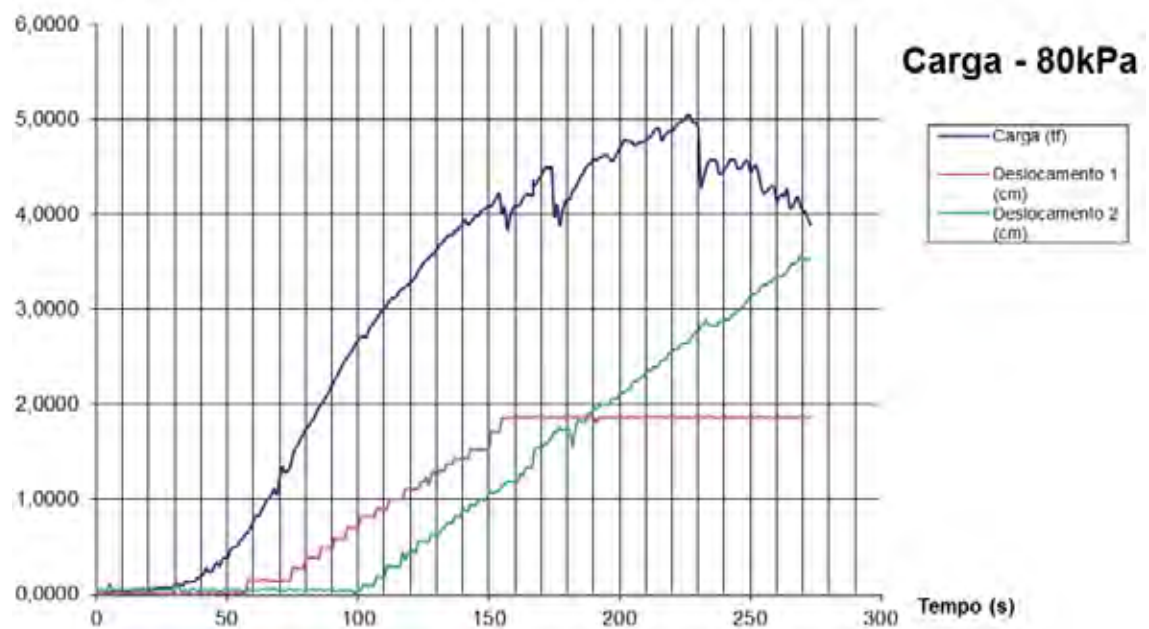
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série

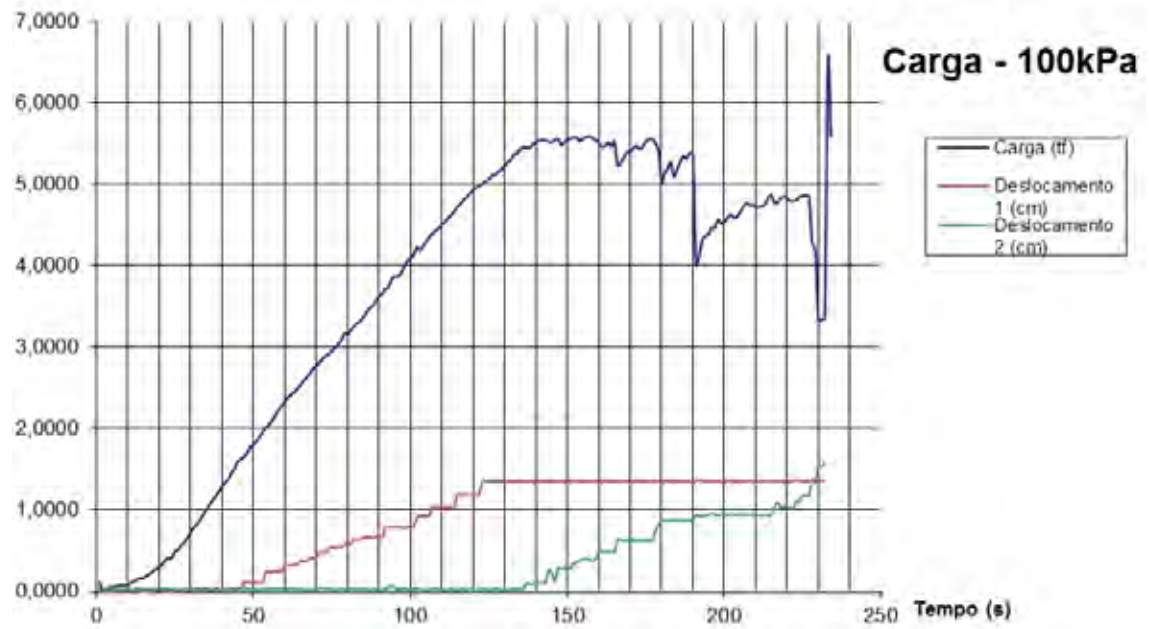


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série



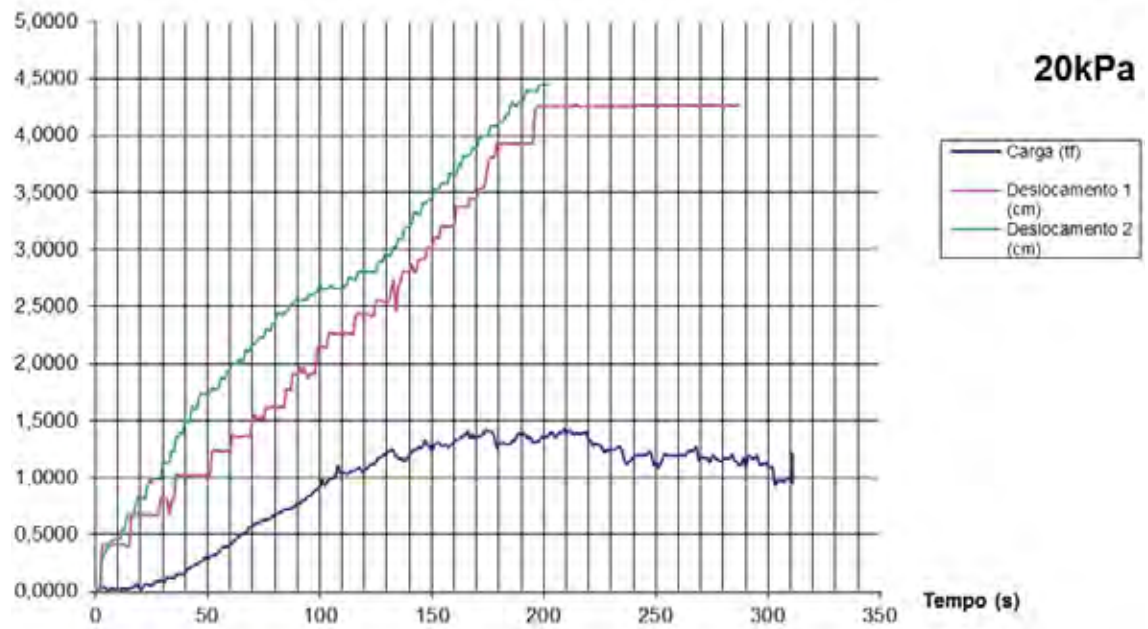
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série



Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série

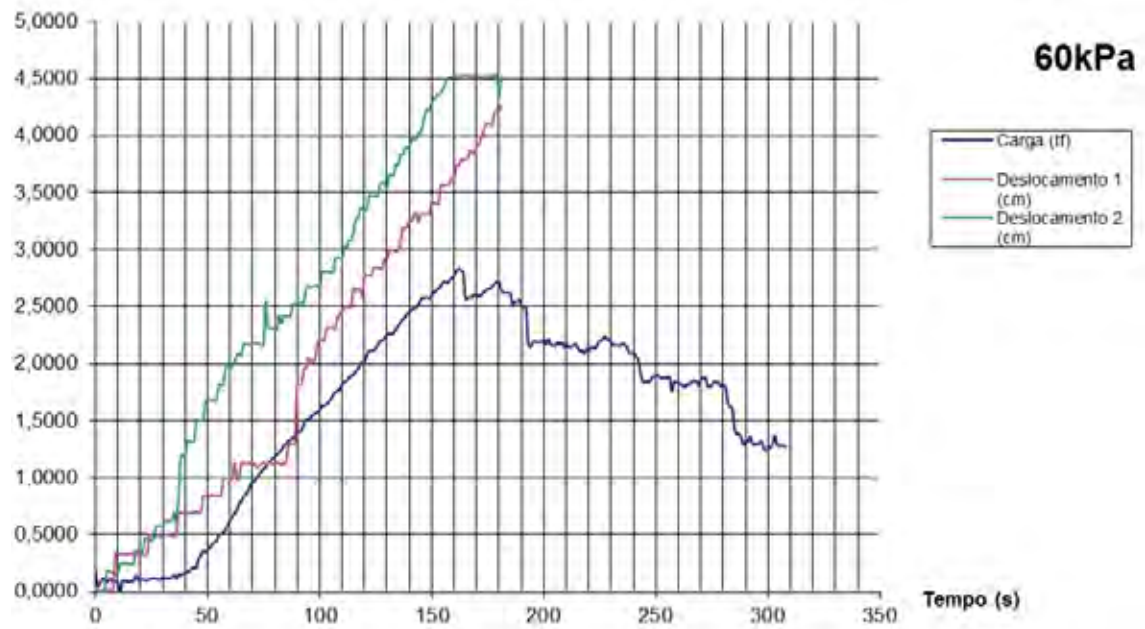
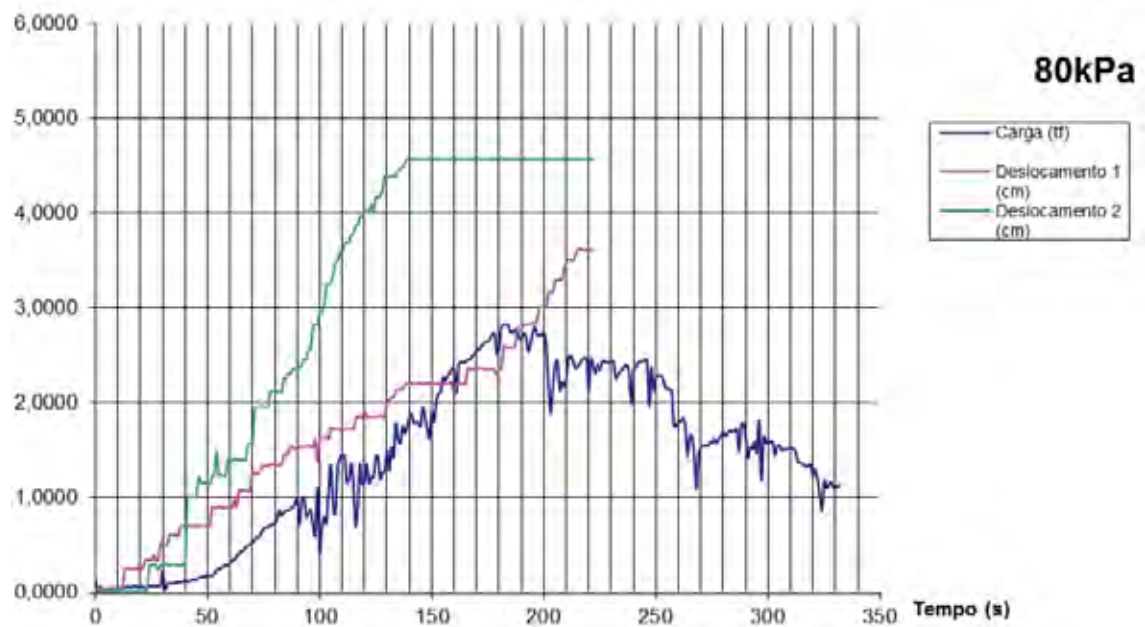
ANEXO D - GRÁFICOS DE CARGA x TEMPO - CORRIGIDO

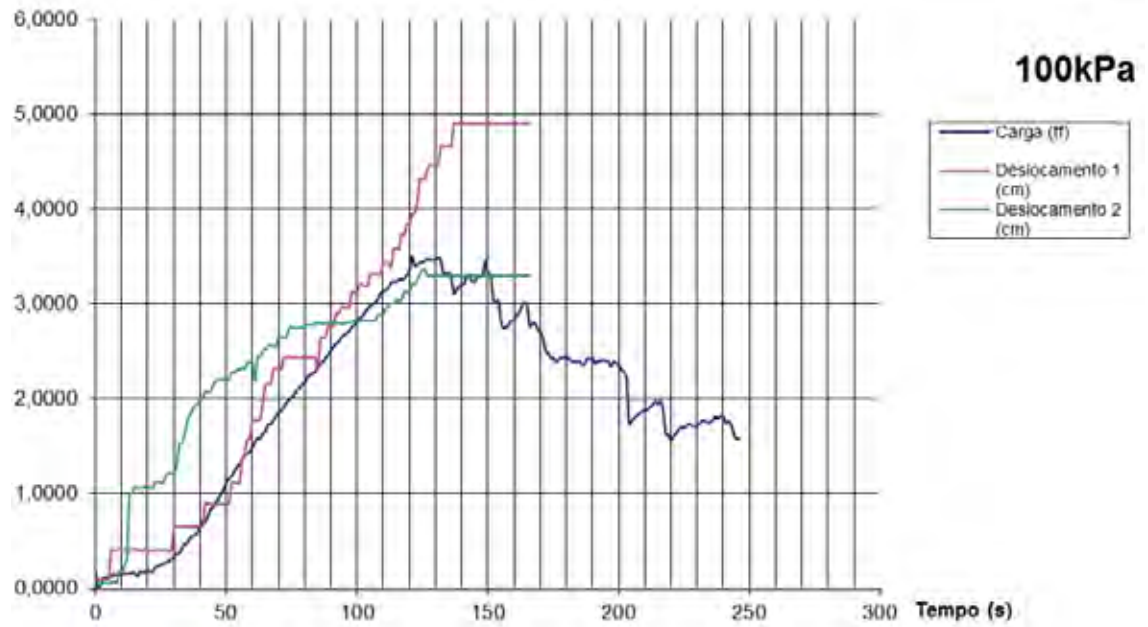
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido



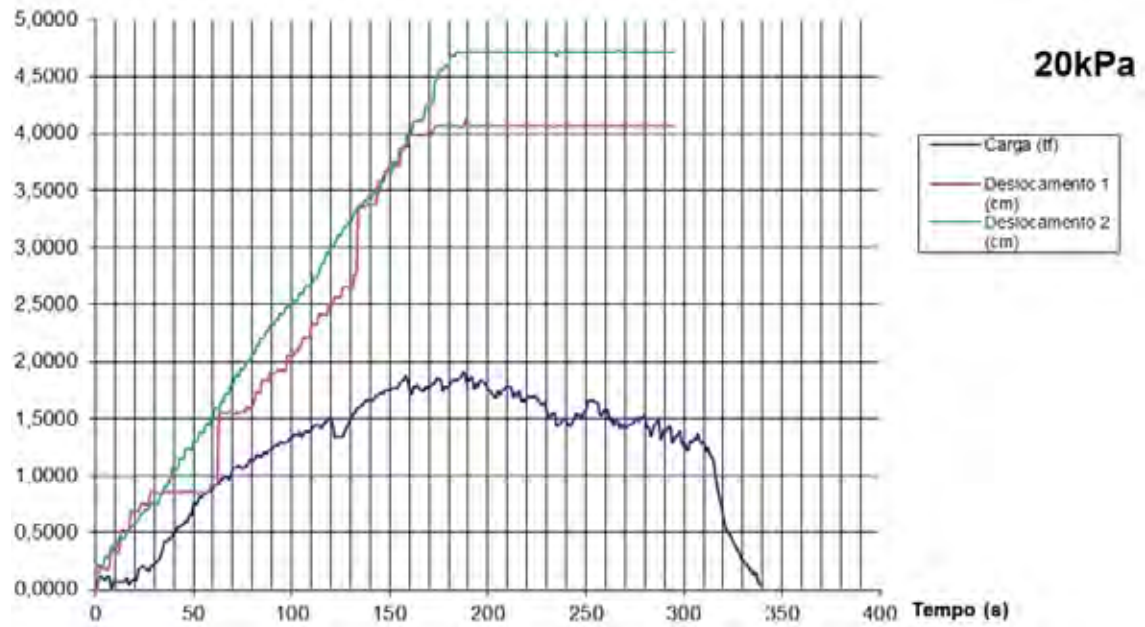
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido



Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido**Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido**

Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido

Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido



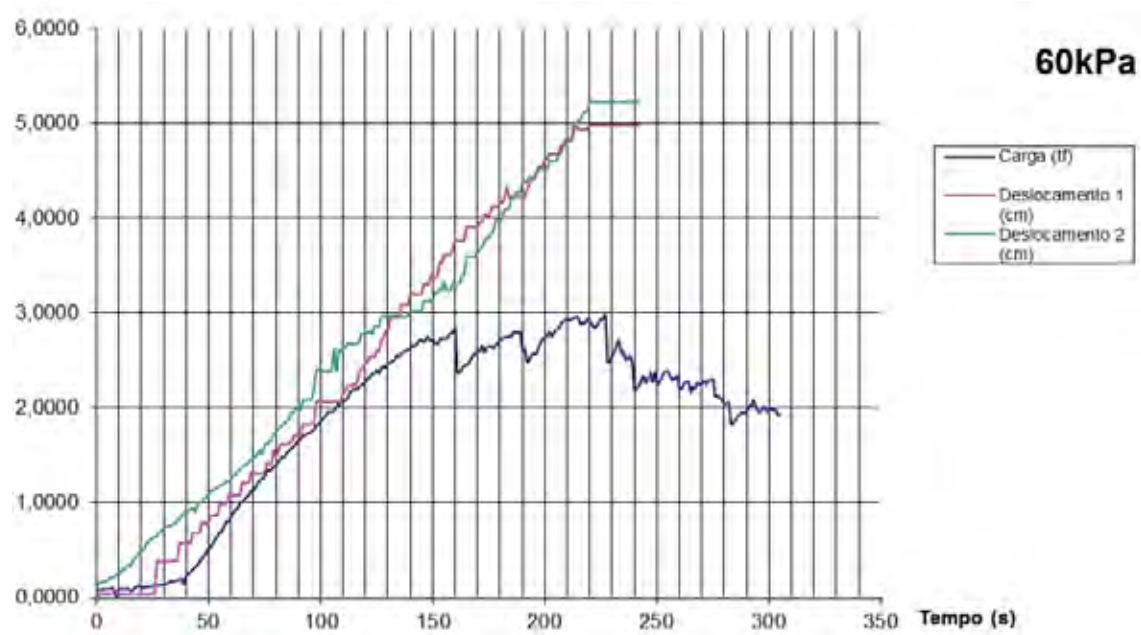
Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido

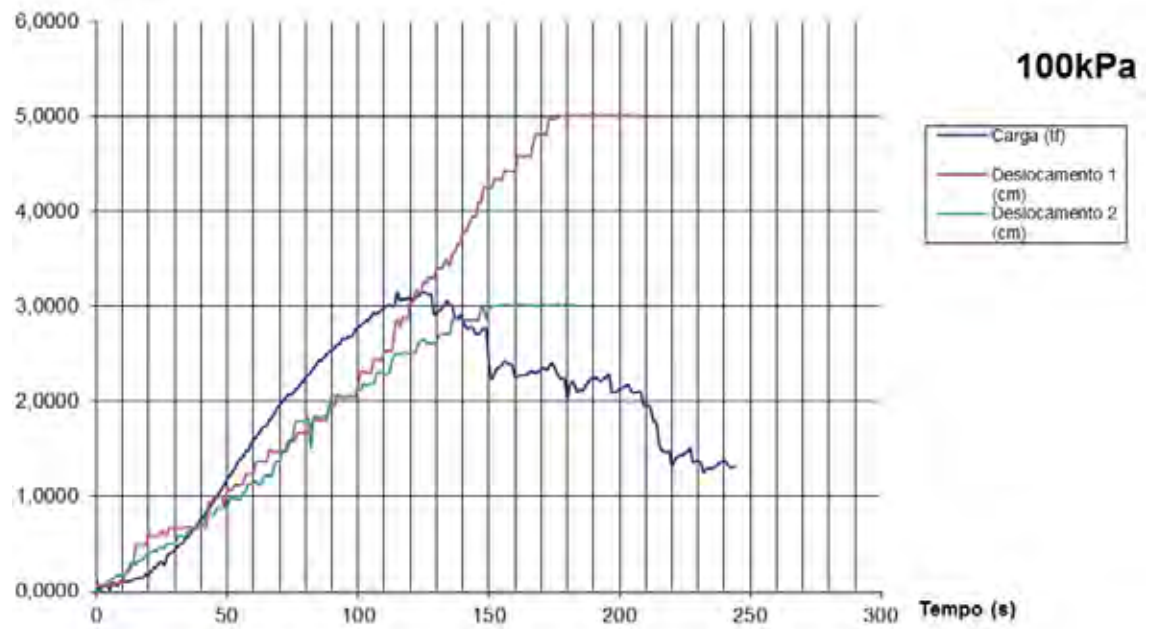


Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido



Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido

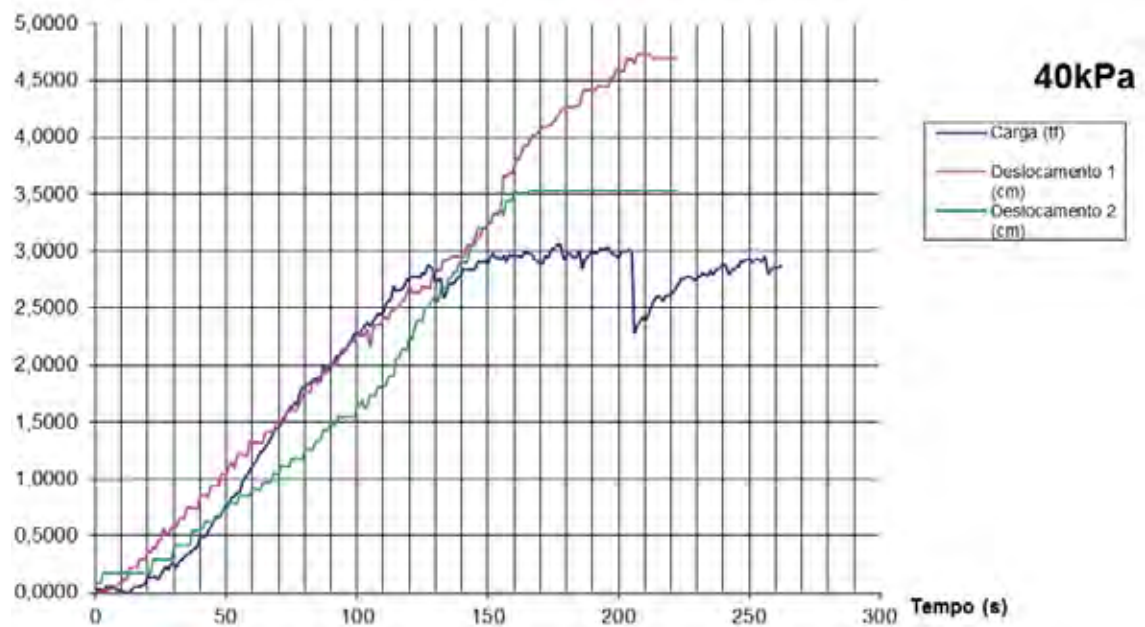


Fortrac GT110 – Camada Simples – Posição 12 Corrigido

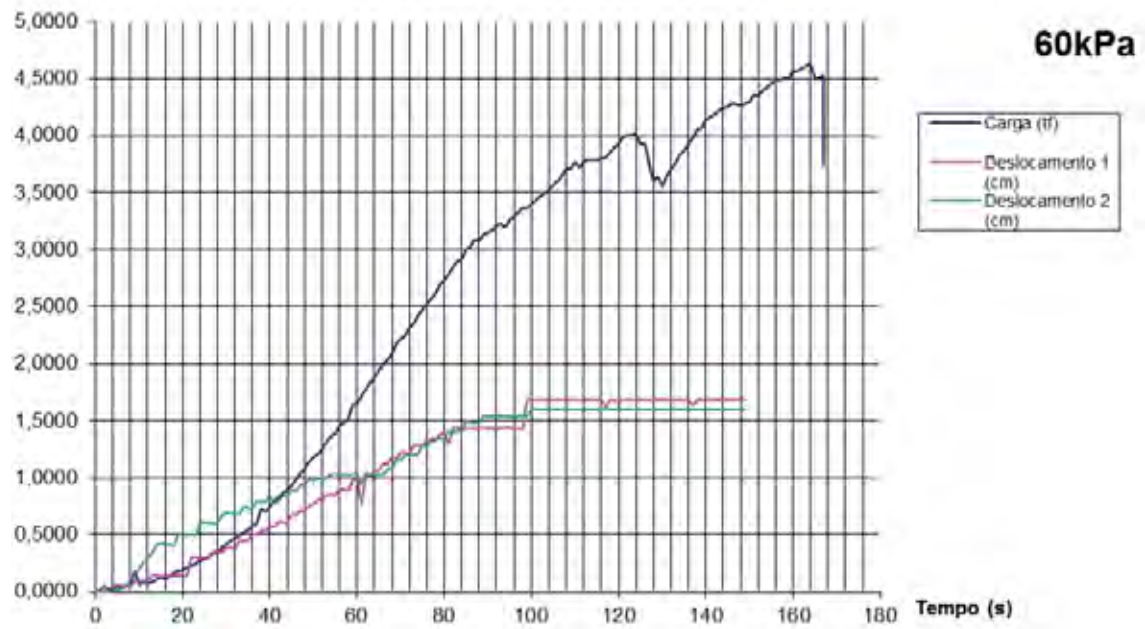
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série Corrigido



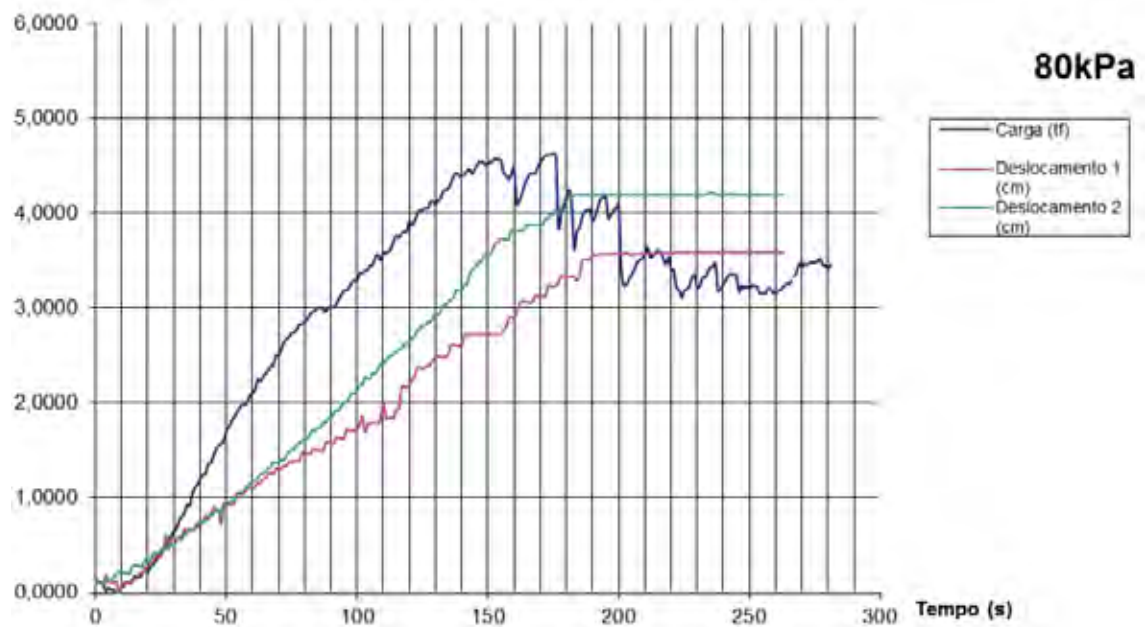
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série Corrigido

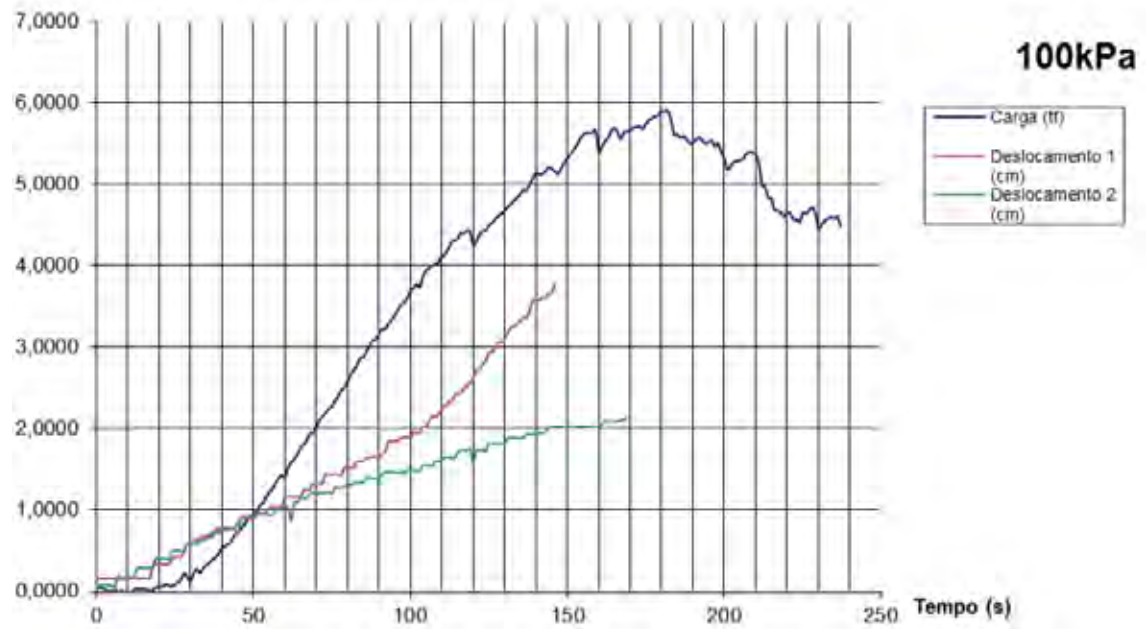


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série Corrigido

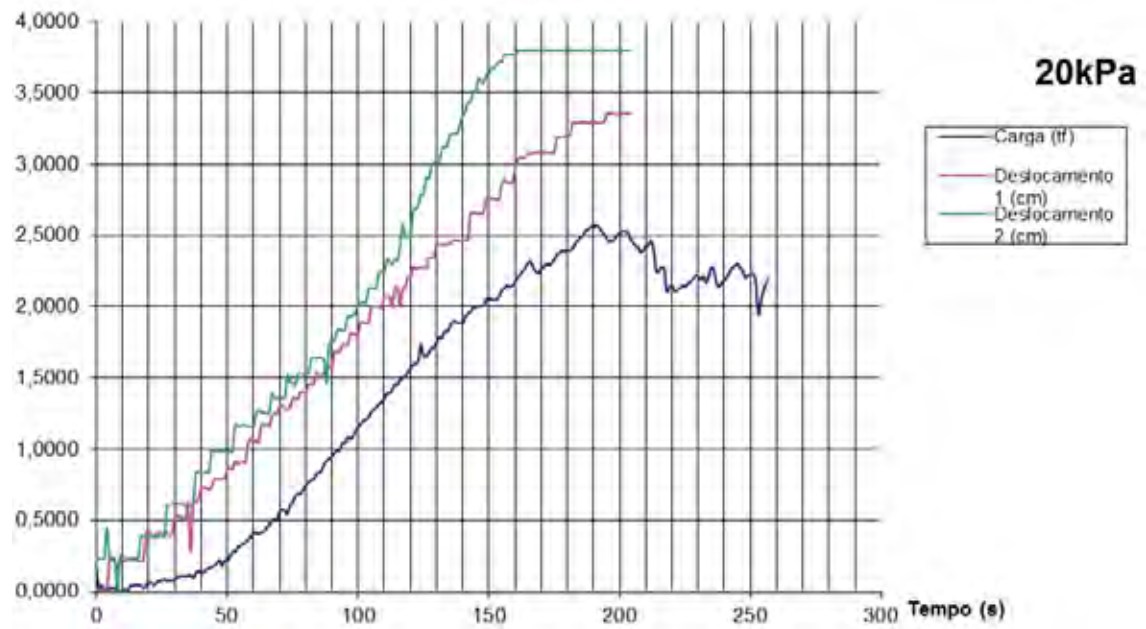


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série Corrigido

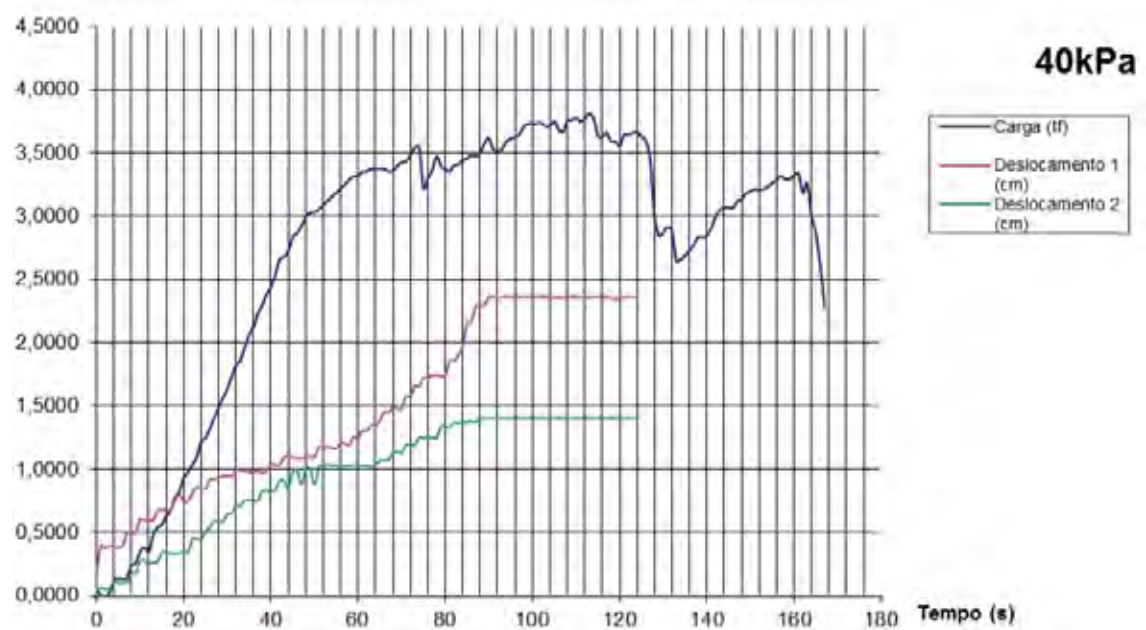


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 1º Série Corrigido

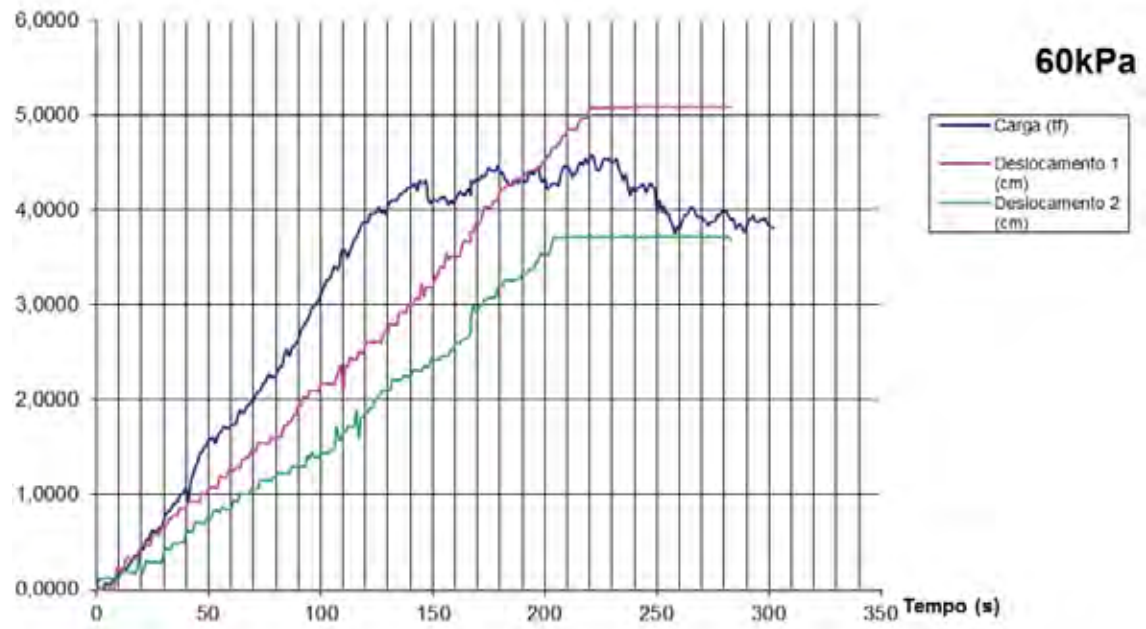
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série Corrigido



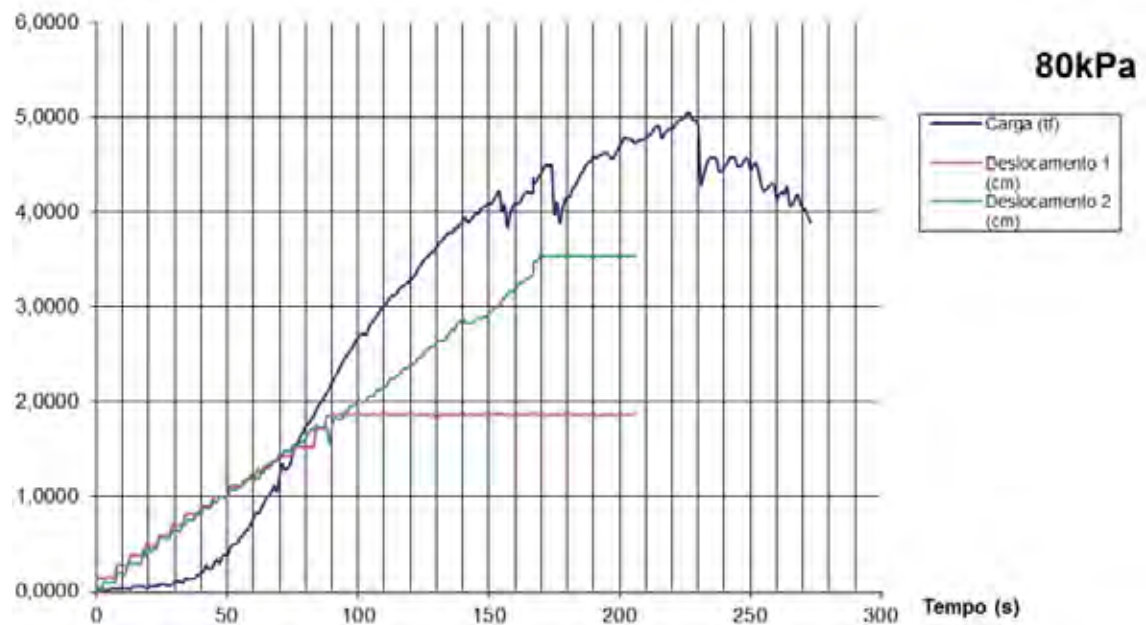
Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série Corrigido

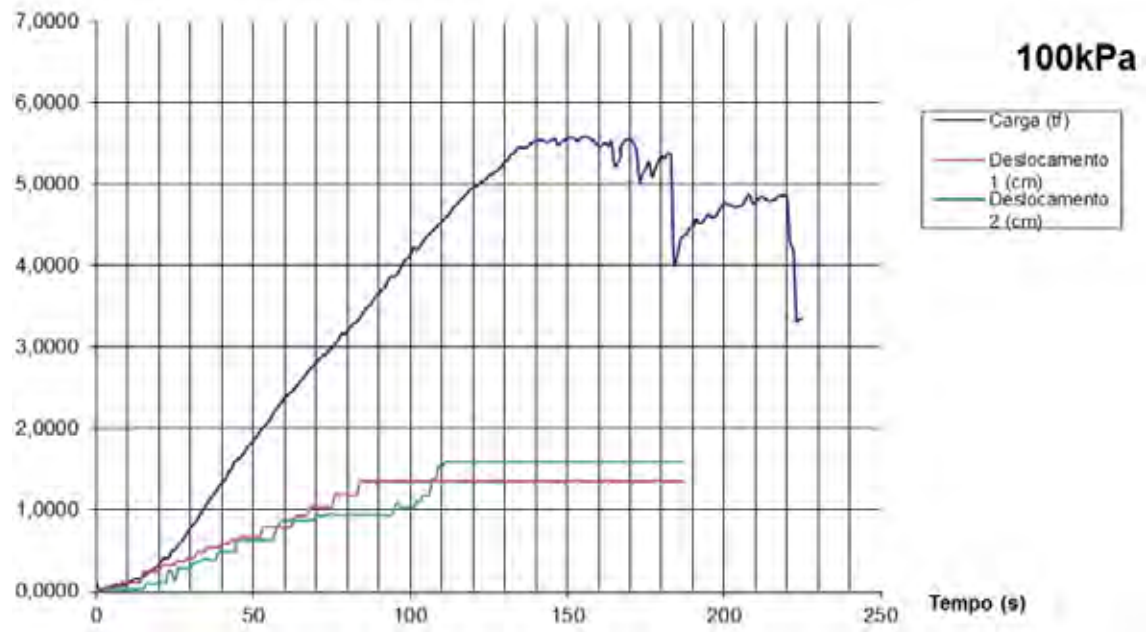


Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série Corrigido



Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série Corrigido



Fortrac GT110 – Camada Dupla – 2º Série Corrigido

ANEXO E – GRÁFICOS DE CARGA x TEMPO



Camada Simples – 20 kPa - Posição 12 – Ruptura interna



Camada Simples – 40 kPa - Posição 12 – Ruptura interna



Camada Simples – 60 kPa - Posição 12 – Ruptura interna



Camada Simples – 80 kPa - Posição 12 – Ruptura interna



Camada Simples – 100 kPa - Posição 12 – Ruptura interna



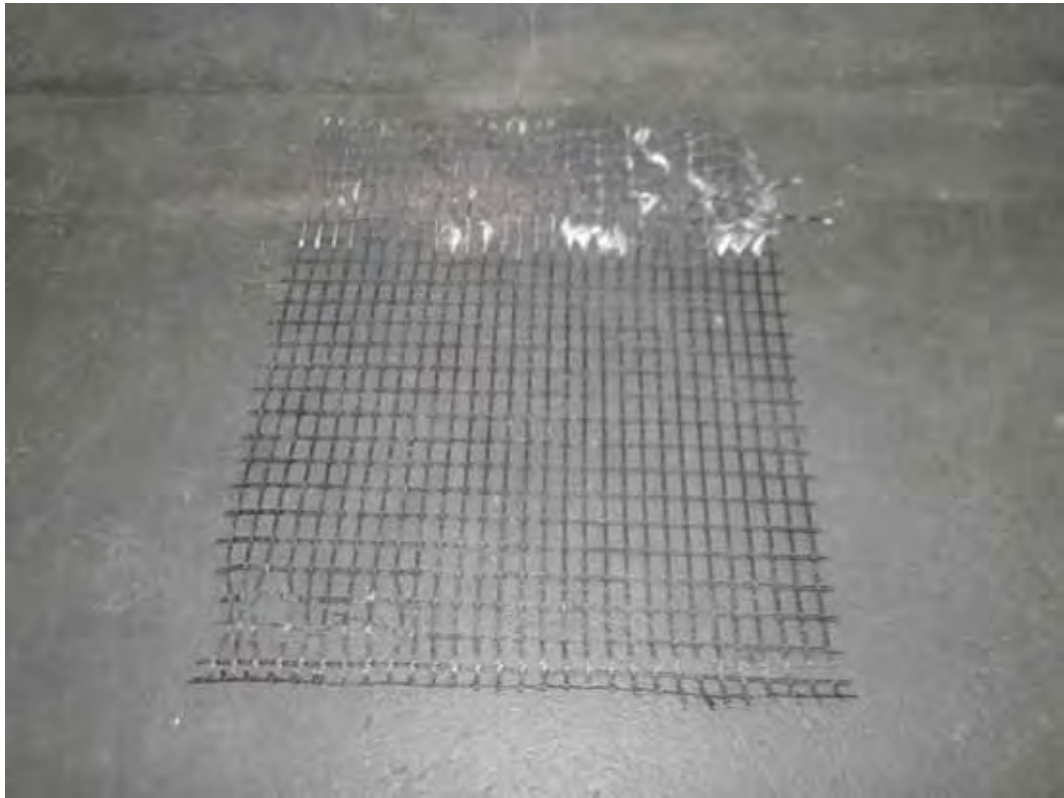
Camada Simples – 20 kPa - Posição 21 – Ruptura interna



Camada Simples – 40 kPa - Posição 21 – Ruptura interna



Camada Simples – 60 kPa - Posição 21 – Ruptura interna



Camada Simples – 80 kPa - Posição 21 – Ruptura interna



Camada Simples – 100 kPa - Posição 21 – Ruptura interna



Camada Dupla – 20 kPa – 1ª Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 40 kPa – 1ª Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 60 kPa – 1ª Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 80 kPa – 1ª Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 100 kPa – 1º Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 20 kPa – 2º Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 40 kPa – 2ª Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 60 kPa – 2ª Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 80 kPa – 2ª Série – Ruptura interna



Camada Dupla – 100 kPa – 2ª Série – Ruptura interna