

FERNANDO MORETTO PINTO

**ENSAIOS LABORATORIAIS PARA A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE
CONEXÃO ENTRE GEOGRELHAS DE PVA E BLOCOS SEGMENTAIS**

Guaratinguetá

2015

FERNANDO MORETTO PINTO

**ENSAIOS LABORATORIAIS PARA A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE
CONEXÃO ENTRE GEOGRELHAS DE PVA E BLOCOS SEGMENTAIS**

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

Guaratinguetá

2015

P659e Pinto, Fernando Moretto
Ensaio laboratorial para a determinação da resistência de conexão entre geogrelhas de PVA e blocos segmentais / Fernando Moretto Pinto. – Guaratinguetá : [s.n], 2014. 323 f.
Referências: f. 102-104

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014
Orientador: Prof. Dr. George de Paula Bernardes

1. Grelhas (Engenharia de estrutura) 2. Resistência de materiais I. Título

CDU 624.012.45

FERNANDO MORETTO PINTO

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. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA

Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



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



Prof. Dr. PAULO VALLADARES SOARES
UNESP-FEG



Eng. NÉLIO JOSÉ BASTOS
UNESP-FEG

Fevereiro
2015

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais Edson e Lilian e a minha irmã Elisi por todo amor e apoio à mim dedicados todos esses anos.

Agradeço ao Prof. Dr. George de Paula Bernardes pela orientação, apoio e confiança.

Agradeço a empresa HUESKER Synthetic GmbH por me permitir fazer parte desta pesquisa e por me conceder uma bolsa de estágio.

Quero agradecer também ao meu amigo e parceiro de pesquisa Felipe Caldeira pela contribuição prestada a este trabalho.

Quero deixar aqui um registro do meu profundo respeito e admiração pelos meus amigos e futuros engenheiros civis Rafael Fontebasso, Maurício Massaroppi, João Victor Mussi, Felipe Correa, Luis Gustavo Costa de Castro os quais pude, mesmo que em breves cinco anos, dividir minha formação profissional.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

(Charles Chaplin)

PINTO, F. M. **Ensaio laboratoriais para a determinação da resistência de conexão entre geogrelhas de PVA e blocos segmentais**. 2015. 323 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

Durante o projeto de muros de contenção em solo reforçado com geogrelhas e sistema de faceamento por blocos segmentais é imprescindível determinar a resistência de conexão máxima entre o bloco e a geogrelha. Sendo assim, o principal objetivo do presente trabalho foi analisar a resistência de conexão baseando na norma americana ASTM D-6638-01 entre o bloco segmental modelo MW da empresa Muros Terrae® com as geogrelhas modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 da empresa HUESKER Synthetic GmbH utilizando brita 1 como material de preenchimento. Como resultado, foram obtidas as envoltórias de resistência para os quatro modelos de geogrelha bem como descrito a forma como romperam. Outra análise realizada foi o ganho médio percentual de resistência de conexão quando se é aplicado a geogrelha em camada dupla ao invés de camada simples. Os ganhos médios percentuais na resistência de conexão para as geogrelhas modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 foram, respectivamente, 63,20%, 63,47%, 62,23% e 51,34%. Por fim, foi feita uma análise comparativa entre os resultados do presente trabalho com os obtidos por Guimarães (2006), Urashima et. al (2008) e Almeida e Toma (2011) para se avaliar quais combinações ofereceram maior resistência de conexão.

PALAVRAS-CHAVE: Geogrelhas, Blocos Segmentais, Resistência de Conexão, Muros de Contenção em Solo Reforçado.

PINTO, F. M. **Laboratory tests for determining the connection strength between PVA geogrids and segmental blocks.** 2015. 323 f. Graduate Work (Graduation in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

During the retaining wall project in soil reinforced with geogrids and face milling system for segmental blocks is essential to determine the maximum connection resistance between the block and the geogrid. Thus, the aim of this study was to analyze the connection resistance based on ASTM D- 6638-01 between the segmental block model MW of Muros Terrae® company with the geogrids model Fortrac® M 35 / 20x20, Fortrac® M 55 / 30x20, Fortrac® M 80 / 30x20 and Fortrac® M 110 / 30x20 of HUESKER Synthetic GmbH using gravel 1 as a filling material. As a result, the resistance curves were obtained for the four models of geogrids and was described how it fracture. An additional investigation was the average gain connection resistance percentage when it is applied to geogrid a second layer instead of a single layer. The average percentage gains in the connection resistance to the geogrids model Fortrac® M 35 / 20x20, Fortrac® M 55 / 30x20, Fortrac® M 80 / 30x20 and Fortrac® M 110 / 30x20 were, respectively, 63.20 %, 63, 47%, 62.23 % and 51.34 %. Finally, we made a comparative analysis of the results of this study with those obtained by Guimarães (2006), Urashima et. al (2008) and Almeida and Toma (2011) to evaluate which combinations offered higher connection resistance.

KEYWORDS: Geogrids, Segmental Blocks, Connection Resistance, Retaining Walls and Reinforced Soil.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVOS | 13 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 3.1 | GEOSSINTÉTICOS | 14 |
| 3.1.1 | Definições dos geossintéticos..... | 14 |
| 3.1.2 | Principais aplicações dos geossintéticos..... | 17 |
| 3.2 | GEOGRELHAS | 17 |
| 3.2.1 | Classificação das geogrelhas | 18 |
| 3.2.2 | Principais polímeros empregados na confecção das geogrelhas | 19 |
| 3.2.3 | Mecanismos de interação das geogrelhas com o solo. | 20 |
| 3.3 | DIMENSIONAMENTO..... | 22 |
| 3.3.1 | Estabilidade Externa | 23 |
| 3.3.2 | Estabilidade Interna | 24 |
| 3.3.3 | Estabilidade Local | 25 |
| 3.4 | MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DOS REFORÇOS GEOSSINTÉTICOS BASEADO NO EQUILÍBRIO LIMITE | 26 |
| 3.4.1 | Método de Steward, Willianson e Mohny (1997) | 27 |
| 3.5 | EFICIÊNCIA DA RESISTÊNCIA DE CONEXÃO ENTRE A GEOGRELHA E O SISTEMA DE FACEAMENTO POR BLOCO SEGMENTAL..... | 28 |
| 3.6 | ASTM D-6638-01: STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING CONNECTION STRENGTH BETWEEN GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT AND SEGMENTAL CONCRETE UNITS (MODULAR CONCRETE BLOCKS)..... | 30 |
| 3.7 | FATORES DE REDUÇÃO DO ÍNDICE DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO MÁXIMA FORNECIDA PELO FABRICANTE. | 32 |
| 3.8 | ESFORÇOS NA CONEXÃO BLOCO SEGMENTAL-REFORÇO GEOSSINTÉTICO RELACIONADO A ASPECTOS CONSTRUTIVOS..... | 33 |
| 4 | ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE CONEXÃO | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1 EQUIPAMENTO | 35 |
| 4.1.1 Prensa mecânica horizontal..... | 35 |
| 4.1.2 Sistema para gerar tensões confinantes..... | 37 |
| 4.1.3 Sistema de leitura, aquisição e armazenamento de dados. | 39 |
| 4.1.4 Pórtico..... | 41 |
| 4.2 MATERIAIS | 42 |
| 4.3 PROCEDIMENTO | 43 |
| 4.3.1 Montagem..... | 43 |
| 4.3.2 Coleta de Dados | 47 |
| 4.4 ENSAIOS REALIZADOS | 49 |
| 5 RESULTADOS | 52 |
| 5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 52 |
| 5.2 RESULTADOS PARA OS ENSAIOS DE CONEXÃO..... | 53 |
| 5.2.1 Geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20x20 | 54 |
| 5.2.1.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20 | 57 |
| 5.2.2 Geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30x20 | 58 |
| 5.2.2.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20 | 61 |
| 5.2.3 Geogrelha modelo FORTRAC® M 80/30x20 | 62 |
| 5.2.3.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20 | 65 |
| 5.2.4 Geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30x20 | 66 |
| 5.2.3.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20 | 69 |
| 6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR GUIMARÃES (2006), URASHIMA, CHAGAS E RUIZ (2008) E ALMEIDA E TOMA (2011). | 70 |
| 6.1 ANÁLISES COMPARATIVAS ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR GUIMARÃES (2006)..... | 70 |
| 6.1.1 Considerações iniciais..... | 70 |
| 6.1.2 Primeira análise comparativa..... | 72 |

| | |
|---|------------|
| 6.1.3 Segunda análise comparativa | 73 |
| 6.1.4 Terceira análise comparativa | 75 |
| 6.1.5 Quarta análise comparativa | 77 |
| 6.1.6 Quinta análise comparativa..... | 79 |
| 6.1.7 Sexta análise comparativa | 81 |
| 6.2 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR URASHIMA, CHAGAS E RUIZ (2008)..... | 82 |
| 6.2.1 Considerações iniciais..... | 82 |
| 6.2.2 Primeira análise comparativa..... | 84 |
| 6.2.3 Segunda análise comparativa | 86 |
| 6.2.4 Terceira análise comparativa | 88 |
| 6.3 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR ALMEIDA E TOMA (2011)..... | 90 |
| 6.3.1 Considerações iniciais..... | 90 |
| 6.3.2 Primeira análise comparativa..... | 91 |
| 6.3.3 Segunda análise comparativa | 93 |
| 6.3.4 Terceira análise comparativa | 94 |
| 6.3.5 Quarta análise comparativa | 96 |
| 7 TABELA DOS RESULTADOS FINAIS..... | 99 |
| 8 CONCLUSÃO..... | 100 |
| REFERÊNCIAS | 102 |
| ANEXO A - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20-20 com camada simples e dupla | 105 |
| ANEXO B - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30-20 com camada simples e dupla | 124 |
| ANEXO C - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 80/30-20 com camada simples e dupla | 143 |

| | |
|---|------------|
| ANEXO D - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 110/30-20 com camada simples e dupla | 162 |
| ANEXO E - Resultados gráficos de carga por tempo para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 35/20-20 com camada simples e dupla | 178 |
| ANEXO F - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 55/30-20 com camada simples e dupla | 197 |
| ANEXO G - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 80/30-20 com camada simples..... | 216 |
| ANEXO H - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 110/30-20 com camada simples e dupla | 235 |
| ANEXO I - Resultado fotograficos para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 35/20-20 com camada simples e dupla | 251 |
| ANEXO J - Resultados fotograficos para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 55/30-20 com camada simples e dupla | 270 |
| ANEXO K - Resultados fotograficos para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 80/30-20 com camada simples e dupla | 289 |
| ANEXO L - Resultados fotograficos para a geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30-20 com camada simples e dupla | 308 |

1 INTRODUÇÃO

Estruturas de contenção são essências em diversos projetos e obras de engenharia, como rodovias, ferrovias, barragens e etc. Segundo Becker e Ehrlich (2009), por muitos anos, sistemas de contenção tradicionais como concreto ciclópico ou armado, atirantados ou não, eram as únicas opções. Entretanto, com o aumento da altura das estruturas de contenção, esses métodos se tornaram inviáveis pelo alto custo.

Para solucionar tal problema, criaram-se estruturas onde o solo a ser contido é associado a elementos fibrosos resistentes à tração. Porém, essa tecnologia não é nova e existem evidências históricas do emprego de fibras para o reforço do solo anterior ao surgimento do concreto. Um exemplo clássico dessa associação são os Zigurates de Ur, situados no atual Iraque. Zigurates eram templos construídos com camadas de solo reforçados com galhos e juncos que podiam atingir mais 50 metros de altura.

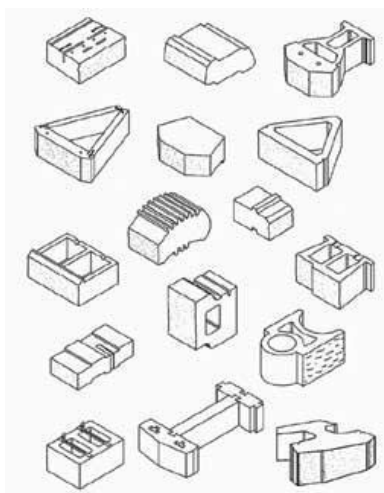
O uso racional da técnica de solo reforçado, de acordo com Benjamin (2006), começou no início de 1970 quando o arquiteto francês Hery Vidal (1966) desenvolveu e patenteou a técnica denominada “Terre Armée”. Porém, como esta técnica é de uso relativamente recente, paira-se dúvidas quanto a durabilidade dos materiais empregos.

Entretanto, com o acelerado desenvolvimento da indústria petroquímica nas décadas, surgiram uma nova gama de materiais poliméricos conhecidos por geossintéticos. Estes foram responsáveis, segundo Benjamin (2006), por sanar problemas relativos a durabilidade além de acrescentar funções extras aos geossintéticos como o de elementos drenantes em taludes de solo reforçado.

No Brasil, desde os anos 70, os geossintéticos eram empregados principalmente em sistemas de drenagem. Entretanto, só no início dos anos 80 foi executada a primeira obra de grande porte utilizando a técnica de solo reforçado no km 35 da rodovia SP-123 que une as cidades de Taubaté e Campos do Jordão.

Com o desenvolvimento das geogrelhas e dos blocos modulares (figura 1) em meados dos anos de 1980, a técnica de solo reforçado com geossintético se tornou ainda mais atrativa por permitir executar com facilidade, taludes verticais estáveis capazes de apresentar grande tolerância a recalques de fundação e com bom aspecto arquitetônico.

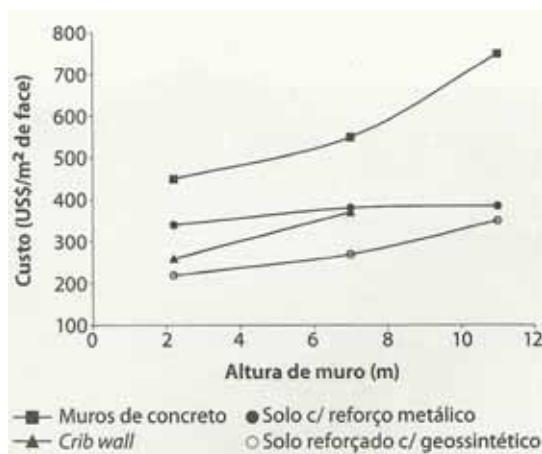
Figura 1 - Exemplos de blocos segmentais disponíveis para comercialização



Fonte: (NCMA, 1997).

Contudo, o que tem chamado mais a atenção dos projetistas e construtores são as vantagens econômicas (figura 2) das estruturas de contenção em solo reforçado com geossintético. Segundo Benjamin (2006), estruturas em solo reforçado costumam custar de 30 a 50 % menos que as soluções convencionais.

Figura 2 - Custos de construção, por área de face, em função da altura do muro, para várias soluções de contenção.



Fonte: (ELIAS¹; CRISTOPHER; BERG, 2001 apud BECKER; EHRLICH, 2009).

¹ ELIAS, V.; CHRISTOPHER, B. R.; BERG, R. R. Mechanically stabilized Earth walls and reinforced soil slopes – design and construction guidelines. Geotechnical Engineering, Washington, n. FHWA-NHI-00-043, p.394, 2001 apud BECKER, L.; EHRLICH, M. (2009). Muros e Taludes de Solo Reforçados: projetos e execução. Oficina de Textos (Coleção Huesker: Engenharia com Geossintéticos). São Paulo.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é determinar, baseado na norma americana ASTM D-6638-01, a resistência de conexão entre o bloco segmental modelo MW da empresa Muros Terrae® e as geogrelhas modelos Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 da empresa HUESKER Synthetic GmbH utilizando brita 1 como material de preenchimento. Além disso, será determinado o ganho médio percentual da resistência de conexão quando se é aplicado a geogrelha em camada dupla ao invés de camada simples.

Por fim, será realizado um estudo comparativo entre os resultados do presente trabalho com os obtidos por Guimarães (2006), Urashima, Chagas e Ruiz (2008) e Almeida e Toma (2011) para se determinar quais conjuntos ofereceram maior resistência de conexão.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GEOSSINTÉTICOS

De acordo com a NBR 12553/2003 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), geossintéticos são: “produtos poliméricos (sintéticos ou naturais), industrializados, desenvolvidos para a utilização em obras geotécnicas, desempenhando uma ou mais funções, dentre as quais se destacam: reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial”.

Segundo as especificações da NBR 12553/2003 os geossintéticos são classificados da seguinte forma: Geobarra (GB), Geocélula (GL), Geocomposto (GC), Geocomposto argiloso para barreira impermeabilizante (GCL), Geocomposto para drenagem (GCD), Geocomposto para reforço (GCR), Geoespaçador (GS), Geoexpandido (GE), Geoforma (GF), Geogrelha (GG), Geomanta (GA), Geomembrana (GM), Georrede (GN), Geotêxtil (GT), Geotêxtil não-tecido (GTN), Geotêxtil não-tecido Agulhado (GTNA), Geotêxtil não-tecido Termoligado (GTNT), Geotêxtil não-tecido Resinado (GTNR), Geotêxtil Tecido (GTW), Geotêxtil Tricotado (GTK), Geotira (GI), Geotubo (GP). No item 3.1.2, será apresentada uma breve definição para cada tipo.

3.1.1 Definições dos geossintéticos

As definições dos tipos de geossintéticos, segundo Vertematti (2004), são:

- a) Geobarra (GB): Produto em forma de barra com função predominante de reforço.
- b) Geocélula (GL): Produto com estrutura tridimensional aberta, constituída de células interligadas, que confinam mecanicamente os materiais nela inseridos, com função predominante de reforço e controle de erosão.
- c) Geocomposto (GC): Produto industrializado formado pela superposição ou associação de um ou mais geossintéticos entre si ou com outros produtos, geralmente concebido para desempenhar uma função específica.

- d) Geocomposto argiloso para barreira impermeabilizante (GCL): Estrutura formada pela associação de geossintéticos a um material argiloso de baixa condutividade, desenvolvida para a função de barreira impermeabilizante.
- e) Geocomposto para drenagem (GCD): Produto desenvolvido para drenagem, composto geralmente de um Geotêxtil atuando como elemento de filtro e de uma georrede ou um geoespaçador atuando como elemento drenante.
- f) Geocomposto para reforço (GCR): Estrutura formada pela associação de geossintéticos não similares, desenvolvida para reforço.
- g) Geoespaçador (GS): Produto com estrutura tridimensional constituída de forma a apresentar grande volume de vazios, usando predominantemente como meio drenante.
- h) Geoexpandido (GE): Produto fabricado a partir de um polímero expandido formando uma estrutura tridimensional leve, com finalidade principal de aliviar o peso de uma estrutura geotécnica.
- i) Geoforma (GF): Estrutura realizada a partir de geossintéticos, com a finalidade de conter materiais de modo permanente ou provisório.
- j) Geomanta (GA): Produto com estrutura tridimensional permeável, usado no controle de erosão superficial do solo, também conhecido como biomanta no caso de ser biodegradável.
- k) Geomembrana (GM): Produto bidimensional, de baixíssima permeabilidade, composto predominantemente por asfaltos, elastômeros ou plastômeros, utilizado para controle de fluxo e separação, nas condições de solicitação.
- l) Georrede (GN): Produto com estrutura em forma de grelha, com função predominante de drenagem.

- m) Geotêxtil (GT): Produto têxtil bidimensional permeável, composto de fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos, laminetes ou fios, formando estruturas tecidas, não-tecidas ou tricotadas, cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhem várias funções numa obra geotécnica.
- n) Geotêxtil não-tecido (GTN): Produto composto por fibras cortadas ou filamentos contínuos, distribuídos aleatoriamente, as quais são interligados por processos mecânicos, térmicos ou químicos.
- o) Geotêxtil não-tecido Agulhado (GTNA): Fibras interligadas mecanicamente por processo de agulhamento.
- p) Geotêxtil não-tecido Termoligado (GTNT): Fibras interligadas por fusão parcial obtida por aquecimento
- q) Geotêxtil não-tecido Resinado (GTNR): Fibras interligadas por meio de produtos químicos.
- r) Geotêxtil Tecido (GTW): Produto oriundo do entrelaçamento de fios, monofilamentos ou laminetes (fitas), seguindo direções preferenciais denominada trama (sentido transversal) e urdume (sentido longitudinal).
- s) Geotêxtil Tricotado (GTK): Produto oriundo do entrelaçamento de fios por tricotamento.
- t) Geotira (GI): Produto em forma de tira com função predominante de reforço.
- u) Geotubo (GP): Produto de forma tubular com função drenante.

3.1.2 Principais aplicações dos geossintéticos

Fica demonstrado pela Tabela 1, segundo Vertematti (2004), as principais aplicações para os diferentes tipos de geossintéticos.

Tabela 1 - Principais aplicações dos geossintéticos.

| Geossintéticos | Função | | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------|---------|--------|
| | Separação | Proteção | Filtração | Drenagem | Erosão | Reforço | Imper. |
| Geotêxtil | X | X | X | X | X | X | X (*) |
| Geogrelha | X | - | - | - | - | X | - |
| Geomembrana | X | - | - | - | - | - | X |
| Georrede | - | X | - | X | - | - | - |
| Geocomposto Argiloso | - | - | - | - | - | - | X |
| Geocélula | - | X | - | - | X | X | - |
| Geotubo | - | - | - | X | - | - | - |
| Geofibras | - | - | - | - | - | X | - |

* Quando aplicado com material asfáltico.

Fonte: (VERTEMATTI, 2004).

3.2 GEOGRELHAS

As geogrelhas (figura 3) são geossintéticos de estrutura plana vazada em forma de grelha de trama retangular ou quadrada cujas aberturas possibilitam uma excelente interação com o solo circundante. São constituídas de tiras poliméricas naturais ou sintéticas de elevada resistência à tração em uma ou duas direções.

Figura 3 - Exemplo de Geogrelha de PVA



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

O principal motivo para a inclusão de geogrelhas em maciços de solo é o melhoramento mecânico que estas propiciam ao composto visto que o solo quando compactado apresenta uma boa resistência ao cisalhamento e a compressão, entretanto, uma baixa ou nula resistência a tração. Sendo assim, as geogrelhas suprem essa deficiência permitindo a construção de muros com face vertical e taludes mais íngremes e ainda reduzem o volume do solo necessário para o aterro. “Este fato, associado à possibilidade de se utilizar solos disponíveis no local da obra, pode reduzir de forma significativa o custo da solução envolvendo solo reforçado, quando esta é comparada com as convencionais” (VERTEMATTI, 2004).

Algumas das principais aplicações das geogrelhas são:

- Reforço de fundações;
- Reforço em muros e taludes;
- Recuperação de estradas ferroviárias e rodoviárias;
- Controle de erosão quando associadas à gabiões;
- Recomposição de taludes colapsados;
- Reforço de aterros;
- Reforço da base de aterros construídos sobre solos moles;
- Construção de taludes com inclinações mais acentuadas.

“Poucas desvantagens limitam o uso desse material, como por exemplo, a necessidade de se utilizar algum sistema contra erosão em conjunto com a geogrelha em muros com face envelopada.” (BENJAMIM, 2006).

3.2.1 Classificação das geogrelhas

Como existe uma forte tendência mundial para a padronização dos geossintéticos, as geogrelhas são divididas, segundo recomendações feitas pela International Geosynthetic Society (IGS) e a Norma Brasileira (NBR) 12553, nas seguintes categorias:

Geogrelha Extrudada (GGE): “produzida pelo estiramento uniaxial ou biaxial de uma estrutura extrudada integralmente” (TEXEIRA, 2003).

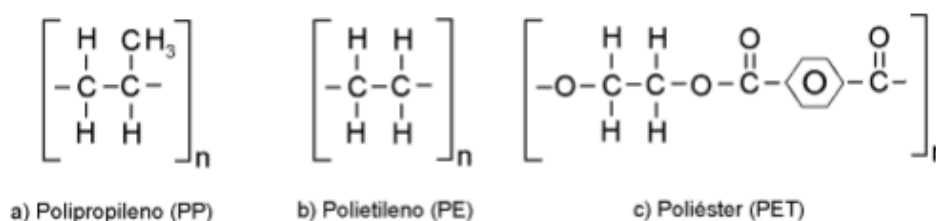
Geogrelha Soldada (GGB): “produzida através da união, usualmente em ângulos retos, de dois ou mais conjuntos de fios ou outros elementos” (TEXEIRA, 2003).

Geogrelha Tecida (GGW): “produzida pela tecelagem, geralmente em ângulos retos, de dois ou mais conjuntos de fibras, fios, filamentos ou outros elementos.” (TEXEIRA, 2003).

3.2.2 Principais polímeros empregados na confecção das geogrelhas

Segundo Ehrlich e Becker (2009) os principais polímeros utilizados na fabricação das geogrelhas são o polietileno de alta densidade (PEAD), o poliéster (PET) e o álcool de polivinila (PVA). Estes polímeros possuem baixa deformabilidade e alta resistência a tração. A figura 4 apresenta os monômeros dos principais polímeros empregados na fabricação das geogrelhas.

Figura 4 - Monômeros dos principais polímeros empregados na fabricação das Geogrelhas.



Fonte: (TEXEIRA, 2003).

Cada tipo de polímero utilizado na confecção das geogrelhas afeta as diferentes características de comportamento, principalmente as de longo prazo. Algumas das características influenciadas que se destacam em relação às outras são “a resistência à degradação química, por ação dos raios ultravioletas, resistência à temperatura, à hidrólise, bem como os comportamentos mecânicos” (TEIXEIRA, 2003). Sendo assim, a tabela 2 apresenta um resumo da resistência em longo prazo dos principais polímeros empregados na confecção das geogrelhas a agentes físicos e químicos.

Tabela 2 - Propriedades de degradação física e química para os principais polímeros utilizados na fabricação das Geogrelhas

| Propriedades | Tipo de Polímero | | |
|------------------------------|------------------|----------|----------|
| | PET | PP | PEAD |
| Foto-degradação | A | A* a C** | A* a C** |
| Termo-oxidação | A | C | C |
| Hidrólise | C | B | B |
| Degradação Biológica | A | A | A |
| Degradação química a álcalis | C | B a A | A |
| Degradação química a ácidos | B | A | A |
| Fluência | A | B | B |

* Com tratamento **Sem tratamento

Legenda: Resistência elevada (A), média (B), baixa (C).

Fonte: (JOHN², 1987, DEN HOEDT, 1988 apud TEIXEIRA 2003).

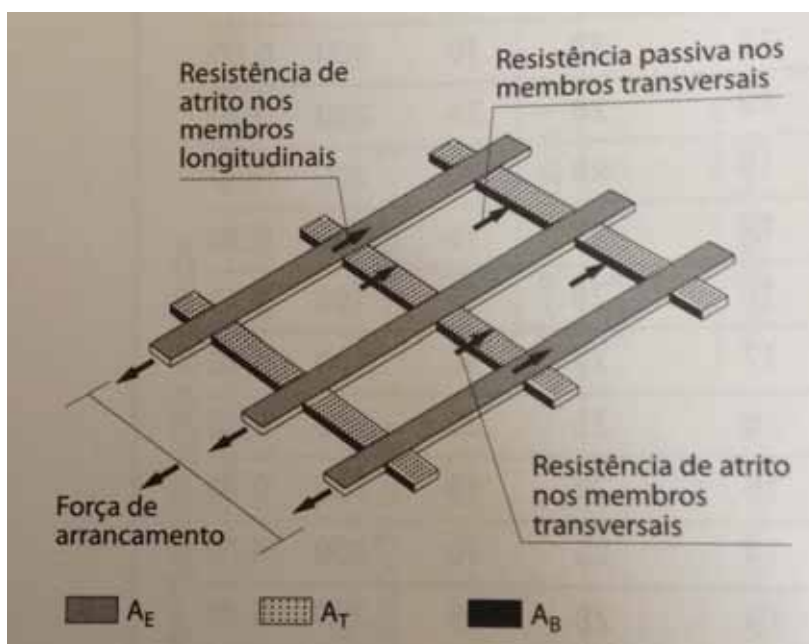
De acordo com o catálogo da HUESKER Synthetic GmbH as geogrelhas modelo Fortrac® M utilizam o álcool de polivinila (PVA) como matéria prima em sua confecção. Por este motivo, as geogrelhas modelo Fortrac® M possuem elevada rigidez a tração, baixa fluência e são indicadas para atuar em ambientes quimicamente agressivos com o pH variando de 2 a 13.

3.2.3 Mecanismos de interação das geogrelhas com o solo.

Segundo Kakuda (2005), a interação das geogrelhas com o solo circundante (figura 5) ocorre basicamente devido ao atrito e a adesão de interface dos elementos transversais e longitudinais bem como ao solo alojado frente aos elementos transversais.

² JOHN, N. W. M., (1987), "Geotextiles", Chapman and Hall, NY. apud TEIXEIRA, S. H. C. Estudo da Interação Solo-Geogrelha em Testes de Arrancamento e sua aplicação na Análise e Dimensionamento de maciços Reforçados. 2003. 218p. Tese de Doutorado – Universidade do Estado de São Paulo, Faculdade de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

Figura 5 - Mecanismos de interação da geogrelha com o solo



Fonte: (WILSON-FAHMY³; KOEMER, 1993 apud BECKER; EHRLICH; 2009)

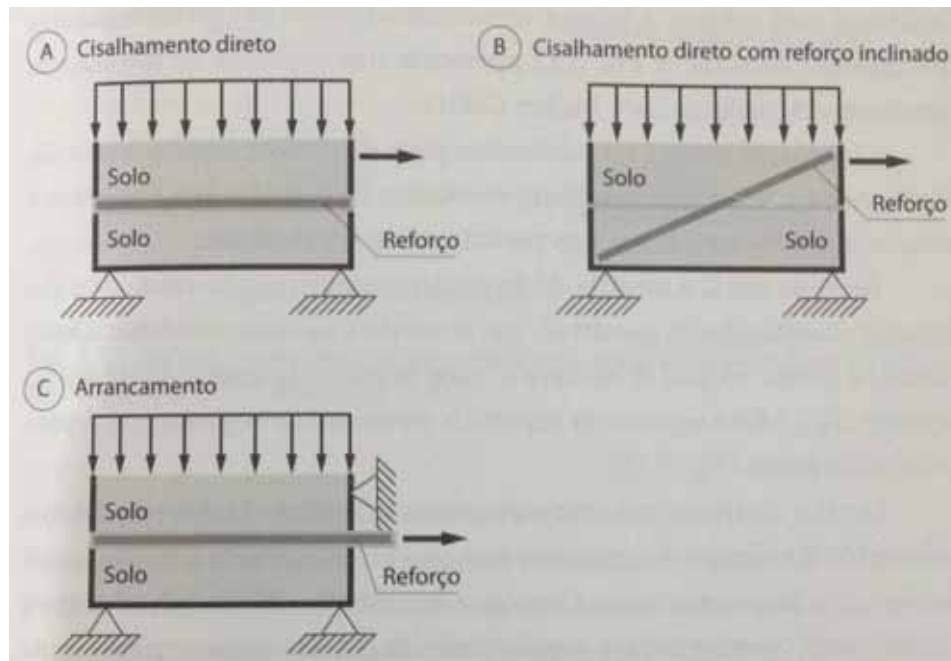
A determinação da resistência do atrito e da adesão de interface solo-geossintético ocorre, em sua grande maioria, por experimentos realizados em laboratórios devido ao seu custo reduzido e controle das condições de contorno. Entretanto, segundo Kakuda (2005), alguns projetistas ainda preferem realizar o ensaio de arrancamento em campo por reproduzir com mais precisão as condições de trabalho as quais o geossintético será submetido.

Segundo Becker e Ehrlich (2009), os ensaios conduzidos em laboratório capazes de determinar a resistência de interface solo-geossintético induzindo na amostra esforços semelhantes aos encontrados em campo são:

- Cisalhamento direto da interface solo-reforço (figura 6.A);
- Cisalhamento direto com reforço inclinado (figura 6.B);
- Arrancamento (figura 6.C).

³ WILSON-FAHMY, R. F.; KOERNER, R. M. Finite element modelling of soil-geogrid interaction with application to the behaviour of geogrids in a pull-out loading condition. *Geotextiles and Geomembranes Journal*, v. 12, p. 479-501, 1993 apud BECKER, L; EHRLICH, M. (2009). *Muros e Taludes de Solo Reforçados: projetos e execução*. Oficina de Textos (Coleção Huesker: Engenharia com Geossintéticos). São Paulo.

Figura 6 - Ensaio: (A) Cisalhamento Direto; (B) Cisalhamento Direto com reforço inclinado; (C) Arrancamento do Reforço



Fonte: (BECKER; EHRLICH, 2009).

“Os ensaios devem ser realizados para diferentes tensões verticais, de maneira a se poder traçar uma envoltória de resistência. O objetivo é determinar uma envoltória e os parâmetros que a definem.” (BECKER; EHRLICH; 2009).

3.3 DIMENSIONAMENTO

Durante o projeto de estruturas de solo reforçado, devem ser levados em consideração vários critérios de dimensionamento com o objetivo de garantir a estabilidade externa, interna e local das estruturas de contenção. Sendo assim, a seguir, serão apresentados alguns dos principais critérios para o dimensionamento de estruturas de contenção.

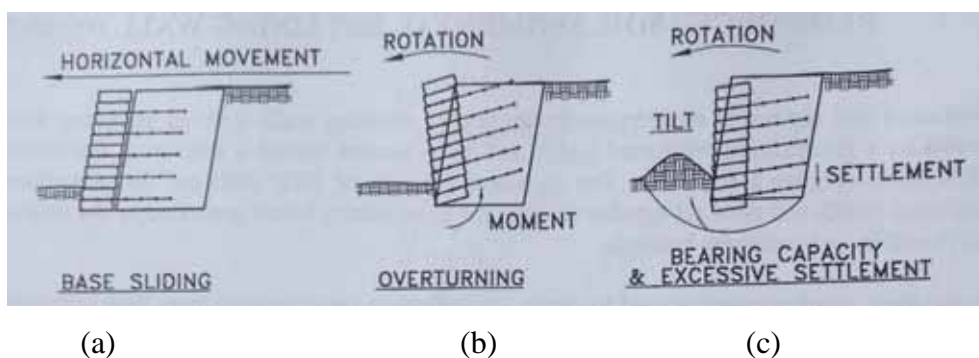
3.3.1 Estabilidade Externa

Para a verificação da estabilidade externa da estrutura de solo reforçado, alguns projetistas assumem que a massa de solo que recebeu o reforço junto com os blocos segmentais se comportam como um muro de gravidade convencional.

Sendo assim, durante a fase de projeto são analisados quatro mecanismos clássicos de instabilidade de um muro de gravidade (figura 7 e 8) que são:

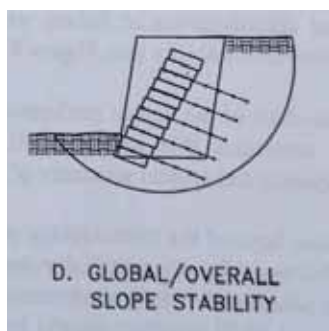
- Deslizamento da base da estrutura de solo reforçado (figura 7.a);
- Rotação da estrutura de solo reforçado em relação à base do muro (figura 7.b);
- Capacidade de carga do solo da fundação (figura 7.c);
- Ruptura Global (figura 8.a).

Figura 7 - Mecanismos de instabilidade externa de uma estrutura de contenção por gravidade



Fonte: (NCMA, 1997).

Figura 8 - Mecanismo de ruptura global de uma estrutura de contenção por gravidade



(a)

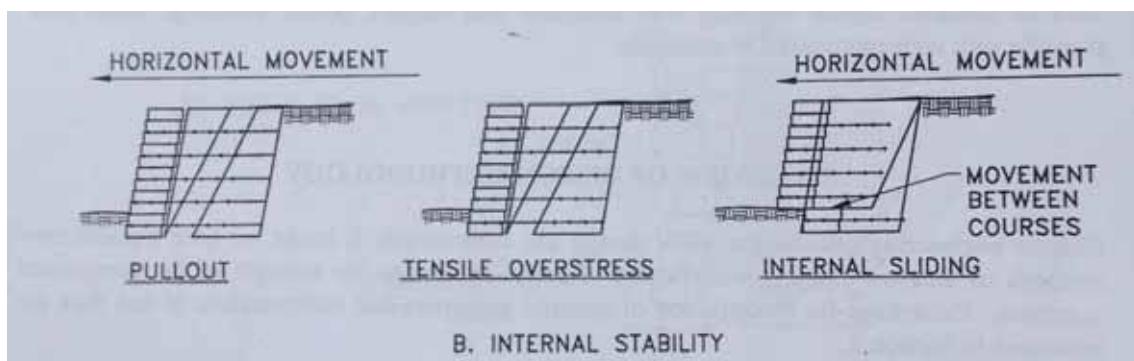
Fonte: (NCMA, 1997).

Para a verificação desses quatro mecanismos de ruptura é necessário conhecer a força exercida pela zona ativa na estrutura de contenção (sistema de faceamento mais o solo reforçado). Para isso alguns projetistas, segundo Becker e Ehrlich (2009), utilizam o método de Coulomb. Como este método admite a existência de atrito entre o solo e o muro, adota-se para o cálculo do empuxo o ângulo de atrito interno do solo no estado crítico. Entretanto, como a zona reforçada não atua como um bloco rígido, alguns projetistas descartam a possibilidade da existência de atrito na interface da zona reforçada com a contida e então, adotam a teoria de Rankine que possui como hipótese que o ângulo de atrito é igual a zero, ou seja, o empuxo exercido pela zona ativa é paralelo a superfície do terreno.

3.3.2 Estabilidade Interna

A análise da estabilidade interna é responsável por avaliar a efetividade da geogrelha em manter a massa de solo unida ao reforço, ou seja, de conferir ao conjunto solo-reforço um comportamento monolítico. Para isso, a análise da estabilidade interna, avalia se a tensão a qual os reforços estão submetidos no interior do solo não seja suficiente para que sofram ruptura ou que sejam arrancados da zona resistente e ainda, segundo Collin (2003) se há um potencial de deslizamento interno, ou seja, se as camadas de geossintético criaram um plano preferencial para o deslizamento (figura 9).

Figura 9 - Mecanismos de instabilidade interna de uma estrutura de contenção por gravidade



Fonte: (NCMA, 1997).

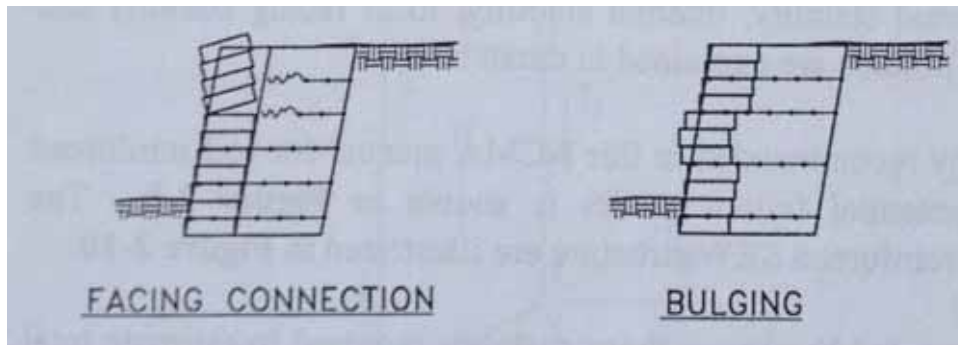
Como resposta da análise da estabilidade interna obtêm-se o número e espaçamento vertical dos reforços.

3.3.3 Estabilidade Local

A análise da estabilidade local tem como objetivo garantir que o sistema de faceamento por blocos segmentais permaneça intacto e não sofra deformações excessivas quando submetido as tensões de trabalho. Para isso, segundo Collin (2003), a análise da estabilidade local limita o espaçamento vertical do reforço geossintético se baseando nos seguintes fenômenos (figura 10):

- Conexão Bloco-reforço (Facing Connection): “A conexão entre os reforços e a face deve garantir a transferência para a face das forças de tração que ainda existam no reforço” (BECKER; EHRLICH, 2009). Esse assunto será abordado com mais profundidade no item 3.6 dada sua importância para o presente trabalho.
- Deformação do sistema de faceamento (Bulging): O espaçamento vertical das camadas de reforço deve ser restrito e a tensão resistente ao cisalhamento entre os blocos deve ser suficiente para evitar deformações ou rupturas da estrutura de faceamento (figura 10.b).
- Altura máxima para zona não reforçada por geossintético (Maximum Unreinforced Height): A altura máxima para a zona não reforçada por geossintético não deve conduzir o sistema de faceamento a um tombamento ou escorregamento entre blocos próximo ao topo da estrutura (figura 10.a).

Figura 10 - Mecanismos de instabilidade local de uma estrutura de contenção com solo reforçado por geossintético e sistema de faceamento por bloco segmental



(a)

(b)

Fonte: (NCMA, 1997).

3.4 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DOS REFORÇOS GEOSSINTÉTICOS BASEADO NO EQUILÍBRIO LIMITE

Durante o projeto de um muro de solo reforçado com sistema de faceamento de blocos segmentais é necessário conhecer a tensão de tração máxima que atua nas diferentes camadas de reforços geossintéticos. Para isso emprega-se usualmente métodos baseados no equilíbrio limite devido a sua simplicidade e familiaridade dos projetistas com os conceitos utilizados. Entretanto, sabe-se que esses métodos são limitados e muitas vezes levam a erros grosseiros de dimensionamento.

Para se entender melhor as limitações dos métodos baseados no equilíbrio limite é necessário conhecer as hipóteses nas quais se baseiam que são:

- Estrutura em situação de colapso iminente com superfície de ruptura conhecida;
- Comportamento linear elastoplástico do solo;
- Inclinação e distribuição dos reforços ao longo da superfície de ruptura conhecida;
- O critério de Mohr-Coulomb é satisfeito ao longo de toda a superfície potencial de ruptura.

Entretanto, sabe-se que:

“As hipóteses dos métodos de equilíbrio limite são suas grandes limitações, tendo em vista que as estruturas de solo reforçado geralmente trabalham distantes da condição de ruptura, as superfícies potenciais de ruptura não são bem conhecidas, o comportamento do solo é não linear elastoplástico e a resistência ao cisalhamento é mobilizada de maneira desigual ao longo da superfície potencial, em função da compatibilidade de deformações solo-reforço.” (BECKER; EHRLICH, 2009).

A seguir, será apresentado sucintamente o método de Steward, Willianson e Mohney (1997) recomendado por órgãos governamentais norte-americanos como o U.S. Army Corps of Enginners e o U.S. Forest Sevice para o dimensionamento de estruturas de solo reforçado com geossintéticos.

3.4.1 Método de Steward, Willianson e Mohney (1997)

Segundo o método proposto por Steward, Willianson e Mohney (1997), a face do muro pode ser inclinada ou vertical. Admite-se que a superfície de ruptura tenha uma inclinação de $45 + \Phi'/2$ com a horizontal dividindo assim o solo em zona “ativa” e “resistente”.

O espaçamento vertical entre os reforços geossintéticos é dado pela seguinte expressão (1).

$$Sv = \frac{Td}{\sigma'x \cdot FSg} \quad (1)$$

Onde,

Td = Resistência à tração de projeto do geossintético;

FSg = Fator de Segurança Global;

$\sigma'x$ = Tensão horizontal efetiva.

E por fim, o comprimento de embutimento (L_e) necessário para cada reforço é dado pela expressão (2).

$$L_e = S_v \cdot \sigma'_{x'} \cdot \frac{FS_a}{2 \cdot (\alpha + \gamma \cdot z \cdot \tan \delta)} \quad (2)$$

Onde,

α = Adesão da interface solo–geossintético;

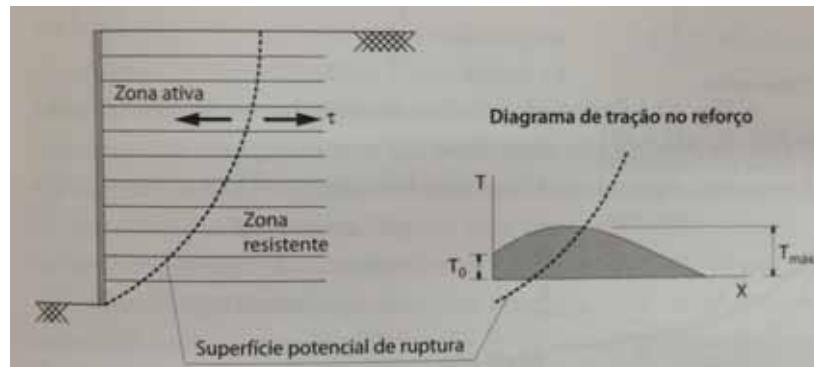
FS_a = Fator de segurança ao arrancamento;

δ = Ângulo de atrito da interface solo–geossintético.

3.5 EFICIÊNCIA DA RESISTÊNCIA DE CONEXÃO ENTRE A GEOGRELHA E O SISTEMA DE FACEAMENTO POR BLOCO SEGMENTAL

Segundo Becker e Ehrlich (2009), a força de tração máxima ($T_{m\acute{a}x}$) no reforço geossintético supostamente ocorre na superfície potencial de ruptura do talude (figura 11). No entanto, a força de tração transmitida para o sistema de faceamento pela geogrelha (T_0) é menor devido ao atrito e a adesão de interface dos elementos transversais e longitudinais bem como ao solo alojado frente aos elementos transversais, entretanto, essa força ainda deve ser dissipada. Sendo assim, a resistência de conexão entre o bloco segmental e o geossintético é responsável por garantir que as tensões de tração ainda existentes no reforço sejam integralmente transferidas para o sistema de faceamento sem que ocorra a ruptura do reforço ou o seu eventual escorregamento.

Figura 11 - Transferência de parte da tensão de tração máxima para o sistema de faceamento



Fonte: (EHRlich⁴; AZAMBUJA, 2003 apud BECKER e EHRlich, 2009).

A expressão geral para a determinação da resistência admissível (Pr,o) na conexão entre o reforço geossintético e o sistema de faceamento é dada pela expressão (3).

$$Pr,o = 2F^* \cdot \alpha \cdot \sigma'_z \cdot Lo \geq FS \cdot To \quad (3)$$

Onde,

Lo = Comprimento de ancoragem;

F^* = Fator de resistência ao arrancamento;

α = Fator de correção do efeito de escala;

σ'_z = Tensão vertical efetiva na interface solo-reforço;

To = Tensão de tração no reforço junto ao sistema de faceamento.

Nos sistemas com blocos intertravados “a resistência da conexão entre a face e o reforço depende do tipo e da eficiência do acoplamento (CR), parâmetro este que significa qual o percentual da resistência admissível da conexão reforço-faceamento (Pr,o) pode ser suportado.” (BECKER; EHRlich, 2009).

⁴ EHRlich, M.; AZAMBUJA, E. Muros de solo reforçado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOSINTÉTICOS, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, 5., 2003, Porto Alegre. Proceedings... Porto Alegre, 2003. p. 81 – 100 apud BECKER, L; EHRlich, M. (2009). Muros e Taludes de Solo Reforçados: projetos e execução. Oficina de Textos (Coleção Huesker: Engenharia com Geossintéticos). São Paulo.

A eficiência de acoplamento (CR) depende da combinação entre o sistema de faceamento (bloco ou painel) e o reforço geossintético (geotêxtil tecido, geogrelha flexível ou rígida e etc). Sendo assim, este parâmetro é obtido através de ensaios em laboratório e em escala natural cabendo aos fabricantes disponibilizar tal informação.

Para a determinação da resistência admissível (Pr,o) na conexão entre o reforço geossintético e blocos intertravados, temos a expressão (4).

$$Pr,o = CR . Td \geq FS . To \quad (4)$$

Onde,

CR = Eficiência do acoplamento;

Td = Resistência de projeto;

FS = Fator de segurança;

To = Tensão de tração transmitida ao sistema de faceamento.

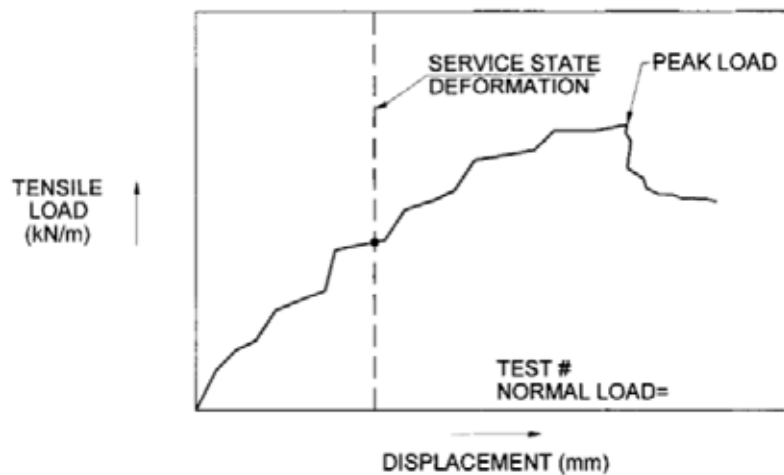
Alguns projetistas adotam valores conservadores para To que variam entre 80% à 100% da tensão de tração máxima ($T_{m\acute{a}x}$) atuante no reforço para evitar grandes deformações no sistema de faceamento.

3.6 ASTM D-6638-01: STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING CONNECTION STRENGTH BETWEEN GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT AND SEGMENTAL CONCRETE UNITS (MODULAR CONCRETE BLOCKS)

A ASTM (American Society for Testing Materials) D-6638-01 tem como objetivo determinar as propriedades de conexão entre o reforço geossintético e o bloco segmental e correlacionar a força de conexão com a pressão de confinamento do sistema.

Como resultado do ensaio proposto pela ASTM D-6638-01 é possível obter gráficos de tensão por deformação dos geossintético como exemplificado na figura 12.

Figura 12 - Tensão x deformação



Fonte: (ASTM D-6638-01).

Com o valor da resistência de conexão máxima (“PEAK LOAD”) registrada pela célula de carga, é possível determinar a força máxima por unidade de largura (T_{cp}) gerada pela conexão entre o bloco e o reforço geossintético utilizando a expressão (5).

$$T_{cp} = \frac{(F_p - T_o)}{W_s} \quad (5)$$

Onde,

T_{cp} = Força máxima na conexão por unidade de largura do reforço geossintético;

F_p = Tensão máxima registrada;

T_o = Tensão de folga corresponde ao menor valor entre 10% da tensão máxima (F_p) e 0,5 kN/m;

W_s = Largura do corpo de prova geossintético.

3.7 FATORES DE REDUÇÃO DO ÍNDICE DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO MÁXIMA FORNECIDA PELO FABRICANTE.

Como os reforços geossintéticos sofrem perda de resistência por fluência a tração, danos mecânicos na instalação, degradação ambiental (química e biológica) e ainda existem incertezas estatísticas na obtenção da resistência do geossintético, o valor do índice de resistência à tração máxima (T_{max}) fornecido pelo fabricante é minorado pelo fator de resistência global (FR), como indicado na equação (6).

$$T_a = \frac{T_{max}}{FR} = \frac{T_{max}}{f_{cr} \cdot f_{mr} \cdot f_a \cdot f_m} \quad (6)$$

Onde,

T_a = Resistência a tração disponível do geossintético;

T_{max} = Índice de resistência a tração fornecida pelos fabricantes;

f_{cr} = fator de redução por fluência em tração;

f_{mr} = fator de redução por danos mecânicos na instalação do reforço geossintético;

f_a = fator de redução por degradação química e biológica do geossintético;

f_m = fator de redução por incertezas estatísticas na determinação da resistência à tração fornecida pelo fabricante.

Na tabela 3, são apresentados os valores mínimo e máximo sugerido por Vetermatti (2004) para os fatores de redução que podem ser utilizados durante a fase de projeto básico.

Tabela 3 - Faixa de valores para os fatores de redução na fase de projeto básico

| Fator | Máximo | Mínimo |
|--|---------------|---------------|
| Fluência a tração do geossintético (<i>fcr</i>) | 2,00 | 5,00 |
| Danos de mecânicos na instalação (<i>fmr</i>) | 1,50 | 2,00 |
| Degradação química e biológica (<i>fa</i>) | 1,05 | 2,00 |
| Incertezas estatísticas do geossintético (<i>fm</i>) | 1,05 | 1,40 |
| Fator de redução global (<i>FR</i>) | 3,03 | 28,00 |

Fonte: (VERTEMATTI, 2004).

3.8 ESFORÇOS NA CONEXÃO BLOCO SEGMENTAL-REFORÇO GEOSSINTÉTICO RELACIONADO A ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Segundo Brugger e Montez (2005), a literatura apresenta inúmeros trabalhos que discutem qual é o real esforço a qual o reforço geossintético está submetido na conexão com o bloco segmental. Alguns autores como Bathrust⁵ (1998 apud. BRUGGER e MONTEZ) apresentam esforços importantes, já outros como Saramago⁶ (2002 apud. BRUGGER e MONTEZ), apresentam esforços menos relevantes. Entretanto, alguns métodos consideram a conexão entre o reforço geossintético e o bloco segmental como o ponto crítico do muro, dado que os cálculos propostos por estes métodos indicam que o esforço máximo ocorre nessa conexão.

A seguir serão apresentados alguns comentários relacionados aos esforços na conexão bloco-reforço baseados na literatura e também nas experiências em obras vivenciadas pelos autores:

“O esforço que existe em uma conexão e a sua importância na estabilidade da obra estão intimamente relacionados com o processo construtivo adotado, e não com os métodos de dimensionamento.

⁵ BATHURST, R. J. 1998. “Full Scale Testing of Geosynthetic Reinforced Retaining Walls and Slopes”. XI COMBRANSEG, Brasília. Volume IV (Pós-Congresso). Pp. 45 – 66. apud BRUGGER, P. J. e MONTEZ, F. T. Muros de Contenção em Solo Reforçado com Geogrelha e Blocos Segmentais.

⁶ SARAMAGO, R. P. 2002. “Estudo da Influência da Compactação no Comportamento de Muros de Solo Reforçado Com a Utilização de Modelos Físicos” Tese D.Sc. COPPE/UFRJ apud BRUGGER, P. J. e MONTEZ, F. T. Muros de Contenção em Solo Reforçado com Geogrelha e Blocos Segmentais.

O esforço na conexão é maior e é importante para a estabilidade quando da compactação de uma camada de solo logo acima desta conexão. A compactação provoca o surgimento de tensões horizontais na massa de solo que são resistidas pela conexão situada imediatamente abaixo, já que não existe escoramento durante a compactação.

Quanto mais rígido for o reforço em relação ao solo compactado, quanto maior for a energia de compactação na região junto à face e quanto mais rígida for a conexão, maior será o esforço ao qual esta conexão será submetida.

O esforço na conexão pode ser o maior esforço ao qual o reforço estará submetido durante a execução, porque nesta etapa as tensões na massa de solo ainda são baixas e não existe uma superfície potencial de ruptura definida. Este esforço em geral é bem menor que a resistência do reforço.

Com o aumento da altura do muro e com a existência de sobrecarga na superfície o ponto de máximo esforço no reforço tende a deixar de ser a conexão e passa a ser o ponto da potencial superfície de ruptura.” (BRUGGER e MONTEZ).

4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE CONEXÃO

4.1 EQUIPAMENTO

O equipamento utilizado no presente trabalho foi desenvolvido a partir do convênio entre a HUESKER e a Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) sob coordenação da Prof^a. Dr^a. Denise de Carvalho Urashima. Os primeiros resultados foram publicados em 2004 por Urashima e Martins. No primeiro semestre de 2005, este maquinário foi transferido para o Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Desde então, vem sendo utilizado para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à geossintéticos.

O equipamento é constituído, basicamente, por três partes. A primeira: é um sistema que utiliza uma bolsa de lona de alta resistência da Sansuy com água para promover pressões confinantes ao sistema; a segunda, é uma prensa mecânica horizontal responsável por tracionar o geossintéticos; e a terceira e última parte, é um sistema de aquisição de dados. A seguir, serão apresentados mais detalhes sobre o equipamento.

4.1.1 Prensa mecânica horizontal

A prensa é responsável por aplicar ao sistema tensões de tração. Para isso, uma das extremidades da geogrelha é posta entre duas camadas de blocos de concreto dotados de células as quais são preenchidas com brita (figura 13.a) e a outra extremidade é fixada à uma garra que consiste em um cilindro de aço maior que possui um sulco no sentido longitudinal da peça de dimensões exatas para o encaixe de um cilindro de aço menor e a geogrelha é colocada entre os dois e posteriormente o menor é parafusado ao maior (figura 13.b).

Figura 13 - (a) Disposição da geogrelha entre os blocos segmentais de concreto
(b) Garra da prensa mecânica horizontal.



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Outro mecanismo importante da prensa na qual a garra e a célula de carga estão acopladas nessa ordem, é o fuso do motor elétrico EBERLE MOTORES ELÉTRICOS S A. A tração se dá pelo acoplamento rígido que gira esse fuso em velocidades pré-determinadas pelo inversor de frequência ProVolt (figura 14). A seguir, são fornecidas as especificações técnicas do motor elétrico e do inversor de frequência através das tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Especificações técnicas do Motor Elétrico Eberle

| Motor Elétrico Eberle - Especificações Técnicas | |
|--|------------------------------|
| Nome: | Motor Elétrico |
| Fabricante: | Eberle S/A Motores Elétricos |
| Tipo: | 9A 60DZ90L4TP |
| Potência Nominal | 1,5 kW |
| Voltagem: | 200-240 V |
| Nº de RPM | 1720 RPM |
| Nº de Fases | 3 fases |

Fonte: (GUIMARÃES, 2006).

Tabela 5 - Especificações técnicas do Inversor de Frequência ProVolt

| Inversor de Frequência - Especificações Técnicas | |
|---|--------------|
| Fabricante: | ProVolt |
| Modelo: | CFP150 |
| Voltagem: | 200-240 V |
| Sistema de Controle: | V/F escalar |
| Variação de Frequência: | 0 - 240 Hz |
| Potencia Nominal: | 2HP e 1,5 kW |

Fonte: (ALMEIDA; TOMA, 2011).

Figura 14- Inversor de Frequência ProVolt



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

4.1.2 Sistema para gerar tensões confinantes

Para a simulação de diferentes tensões de confinamento do sistema, ou seja, para diferentes alturas de muro, utilizou-se uma bolsa de lona de alta resistência da Sansuy (figura 15.a) com água. Conforme a figura 15.b, a bolsa é colocada entre os blocos e um perfil metálico que é parafusado em quatro pontos à estrutura do equipamento. Posterior a essa fixação, a bolsa é pressurizada através de um tubo de interface ar-água (figura 15.c), sendo que, a leitura da pressão é realizada através de um manômetro (figura 15.d) para se obter um controle mais preciso dessa variável.

A escolha da utilização de água como fluido para pressurização da bolsa está relacionada com o eventual rompimento desta. Caso isso ocorra, haverá apenas um vazamento de água e não irá expor os operadores do equipamento ao risco de uma explosão.

Figura 15 - (a) Bolsa de lona de alta resistência da Sansuy (b) Perfil metálico para confinamento do sistema (c) Tudo de interface ar-água (d) Manômetro



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

A tabela 6 apresenta a relação entre a pressão de sobre carga e a altura do muro.

Tabela 6 - Relação entre a pressão de sobrecarga e a altura do muro

| | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------|
| Tensão Confinante | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | kN/m² |
| Altura | 1,4 | 2,8 | 4,2 | 5,6 | 6,8 | Metros |
| Camadas de Blocos | 7 | 14 | 21 | 28 | 34 | |

Fonte: (GUIMARÃES, 2006).

4.1.3 Sistema de leitura, aquisição e armazenamento de dados.

O sistema de medição é responsável por obter dados de tensão e deslocamento da geogrelha em função do tempo. Para isso, utiliza-se uma célula de carga fixa ao fuso e dois potenciômetros blindados.

Os potenciômetros blindados (figura 16) são responsáveis por coletar dados sobre o deslocamento da geogrelha em função do tempo quando esta é tracionada. A referida medição é realizada bem próximo à conexão da geogrelha com os blocos para se obter dados mais precisos.

Figura 16 - Potenciômetro blindado



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Já a célula de carga ou também conhecida como transdutor de força, é responsável por obter dados da tensão de tração aplicada à geogrelha durante o ensaio. Seu

princípio de funcionamento é medição da variação de resistência nos extensômetros com a variação da força aplicada.

As especificações técnicas da célula de carga empregada no presente trabalho estão descritas na tabela 7.

Tabela 7 - Especificações técnicas da Célula de Carga

| Especificações técnicas - Célula de Carga | |
|--|-------------------------|
| Fabricante: | VINCERE do Brasil LTDA. |
| Modelo: | ST 20 kg |
| Tipo de Entrada: | USB |
| Nº Série: | 03OU 6014 |
| Capacidade: | 20000 kg |
| Dimensões Nominais: | 17,5; 17,0; 7,0 cm |

Fonte: (GUIMARÃES, 2006).

Por fim, os dados obtidos são enviados a um computador PC equipado com uma placa de aquisição de dados da Measurement Computing e tratados pelo software TracerDaq versão 5.0 que gera gráficos de tensão por tempo e deslocamento por tempo. As especificações técnicas da placa são apresentadas na tabela 8 a seguir:

Tabela 8 - Especificações técnicas da Placa de Aquisição de Dados

| Especificações técnicas - Placa de Aquisição de Dados | |
|--|-----------------------------|
| Nome: | Placa de aquisição de dados |
| Fabricante: | Measurement Computing T.M. |
| Modelo: | PMD - 1208LS |
| Tipo de Entrada | USB Mode |
| Nº de Pinos | 40 |
| Nº de Canais Utilizados | 3 |
| Faixa da Frequência Nominal | 0,1 - 400 Hz |
| Faixa da Frequência de Trabalho | 0,1 - 60 Hz |
| Potência Nominal | 2 HP / 1,5 kW |
| Dimensões nominais | (79,82,25) mm |
| Temperatura de Trabalho | -40 à 85 °C |
| Memória | 8192 bits |

Fonte: (GUIMARÃES, 2006).

4.1.4 Pórtico

O pórtico (figura 17) tem como função auxiliar a montagem do ensaio. Para isso, ele foi equipado com rodas e uma talha manual (figura 18) modelo COMPACTA NT da empresa Berg-Steel S.A. de capacidade de 500 kg e elevação de 3 m.

Figura 17- Pórtico para auxiliar na montagem do ensaio



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 18 - Especificações da talha modelo COMPACTA NT da empresa Berg-Steel S.A.



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

4.2 MATERIAIS

Para a execução dos ensaios foram necessários os seguintes materiais e equipamentos:

- Geogrelhas de PVA modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 da empresa HUESKER Synthetic GmbH;
- Brita 1 (material com granulometria entre 9,5 e 19,0 mm);
- Mangueira para a ligação entre o tubo de interface ar-água e saída de água da rede.
- Blocos segmentais de concreto modelo MW (tabela 9) da empresa Muros Terrae®.

Tabela 9 - Especificações do bloco segmental modelo MW da empresa Muros Terrae®

| | Bloco MW | Unidade |
|------------------------------------|-----------------|----------------|
| Peças/m² | 13 | unidade |
| Peso aproximado | 27 – 30 | kg |
| Altura/Largura/Profundidade | 19,5 | cm |
| | 40,0 | |
| | 30,0 | |
| Resistência à compressão | 6,0 a 12,0 | Mpa |
| Inclinação da face do muro | 1:15 | H:V graus |
| | 88 | |
| Altura máxima do muro | 10,0 | m |

Fonte: (MUROS TERRAE – Catálogo de especificações técnicas).

Figura 19 - Bloco modelo MW da empresa Muros Terrae®



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

4.3 PROCEDIMENTO

4.3.1 Montagem

Para a execução dos ensaios, foram previamente recortadas amostras de 1,0 m x 0,70 m das geogrelhas modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20. Os ensaios foram realizados em duas etapas: a primeira com uma camada de geogrelha (camada simples) e a segunda com duas camadas de geogrelha (camada dupla).

Na fase inicial, são colocadas chapas de madeira auxiliares nas laterais para evitar a fuga de material e então é montado o primeiro segmento de blocos. Este é composto por duas metades de blocos nas extremidades e um inteiro no centro. Em seguida, os vazios dos blocos são preenchidos com brita 1. Após o preenchimento, o agregado é compactado, com uma haste metálica a 10 golpes de forma a diminuir o máximo possível de espaços vazios (figura 20).

Figura 20 – Primeiro segmento de blocos montados e preenchidos com brita 1



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Então, uma das extremidades da geogrelha é presa à garra da prensa mecânica horizontal como descrito no item 4.1.1. e a outra, é esticada manualmente sobre a primeira fiada de blocos (figura 21) para garantir que as tensões de tração gerada durante o ensaio sejam uniformes.

Figura 21 - Extremidade da geogrelha sendo tracionada manualmente



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Segue-se então, para a montagem da segunda camada de blocos. Com a geogrelha devidamente posicionada sobre o primeiro segmento, coloca-se um novo conjunto de blocos, entretanto, a disposição destes é diferente da anterior. Desta vez, são dispostos 2 blocos inteiros centralizados (figura 22).

Figura 22 - Segundo segmento de blocos



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Novamente, preenchem-se as células dos blocos com brita, compactando-a com a haste metálica a 10 golpes (figura 23). Por fim, são fixados bem próximo da conexão entre o bloco e a geogrelha dois extensômetros, na geogrelha que são responsáveis por medir o deslocamento desta.

Figura 23 - Disposição finalizada do segundo segmento de blocos



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

A última fase consiste na colocação da bolsa de alta resistência da SANSUY que irá simular as pressões oriundas das diferentes alturas que os muros podem atingir. A bolsa é posta entre os blocos e o perfil metálico, sendo este, fixado por 4 parafusos (figura 24) e posteriormente a bolsa é preenchida com água até atingir a pressão necessária. O acompanhamento da pressão exercida pela bolsa ao sistema é realizado através de um manômetro instalado no tudo de interface ar-água descrito no item 4.1.2.

Figura 24 - Montagem final



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Cumpre informa ainda que a brita foi substituída por nova a cada três ensaios para garantir a resistência mecânica por elas fornecida.

4.3.2 Coleta de Dados

Após a montagem do ensaio, o motor é então ligado a uma frequência constante de 13 Hz e a célula de carga (acoplada entre o motor e a garra) é tracionada, junto com a geogrelha, de forma lenta e controlada.

Um operador deve acompanhar o processo de registro de dados através do software de TracerDaq versão 5.0 (figura 25).

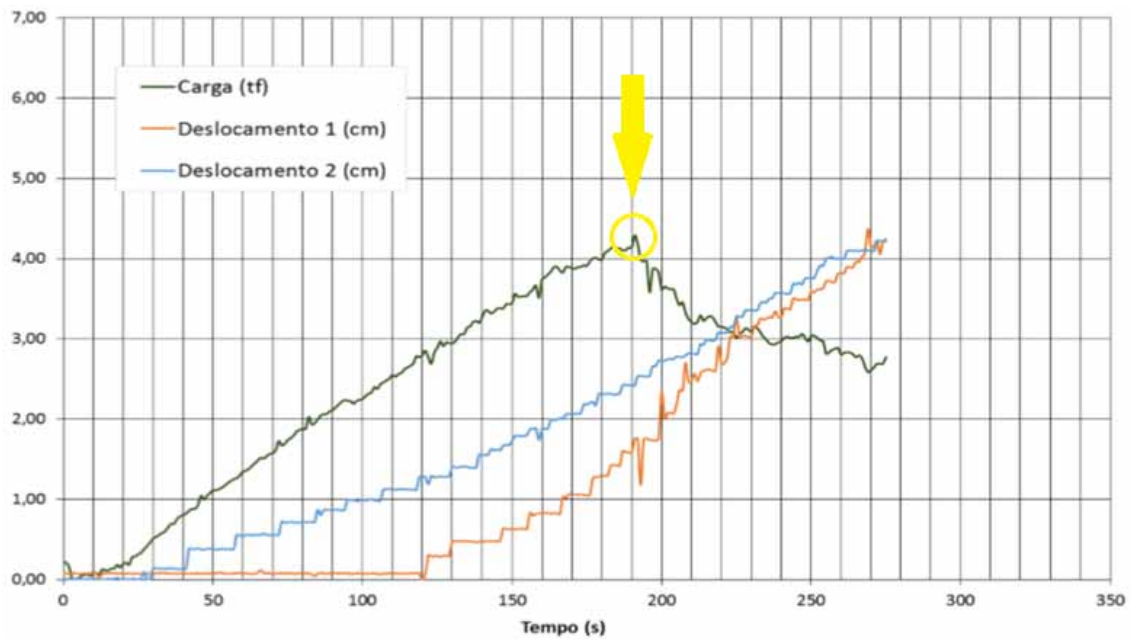
Figura 25 - Interface do programa TracerDaq versão 5.0



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

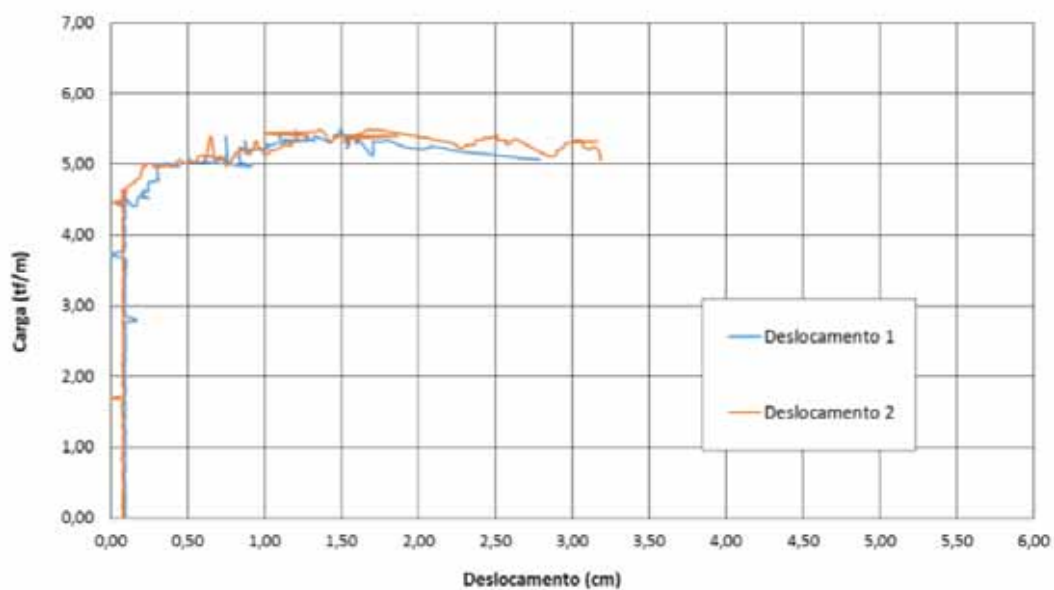
Após a coleta de dados, o software TraceDaq versão 5.0 gera gráficos de Carga x Tempo (figura 26) e Carga x Deslocamento (figura 27). A partir do gráfico exemplificado pela figura 26, é obtido o valor da resistência de conexão máxima.

Figura 26 - Exemplo de gráfico de Carga (tf) por Tempo (s)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 27 - Exemplo de gráfico de Carga (tf/m) por Deslocamento (cm)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

4.4 ENSAIOS REALIZADOS

Para determinar da resistência de conexão das geogrelhas modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 da empresa HUESKER Synthetic GmbH com o bloco segmental modelo MW da empresa Muros Terrae® utilizando brita 1 como material de preenchimento, foram realizados 78 ensaios para camada simples (tabela 10) e mais 59 para camada dupla (tabela 11) no Laboratório de Geossintético Departamento de Engenharia Civil da UNESP – FEG.

Tabela 10 - Ensaio realizados para camada simples das geogrelhas de PVA modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 da empresa HUESKER Synthetic GmbH associadas ao bloco segmental modelo MW da empresa Muros Terrae®

| CAMADA SIMPLES | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------|-----------|----------|
| Geogrelha | Pressão Confinante (kPa) | Resistência | | |
| | | Ensaio 1 | Ensaio 2 | Ensaio 3 |
| FORTRAC® M 35/20x20 | 3 | X | X | X |
| | 18 | X | X | X |
| | 35 | X | X | X |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| FORTRAC® M 55/30x20 | 3 | X | X | X |
| | 18 | X | X | X |
| | 35 | X | X | X |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| FORTRAC® M 80/30x20 | 3 | X | X | X |
| | 18 | X | X | X |
| | 35 | X | X | X |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| FORTRAC® M 110/30x20 | 3 | - | - | - |
| | 18 | - | - | - |
| | 35 | X | X | X |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| Total de ensaios | | | 78 | |

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 11 - Ensaio realizados para camada dupla das geogrelhas de PVA modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 da empresa HUESKER Synthetic GmbH associadas ao bloco segmental modelo MW da empresa Muros Terrae®

| CAMADA DUPLA | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------|----------|----------|
| Geogrelha | Pressão Confinante (kPa) | Resistência | | |
| | | Ensaio 1 | Ensaio 2 | Ensaio 3 |
| FORTRAC® M 35/20x20 | 3 | - | - | - |
| | 18 | - | - | - |
| | 35 | X | X | X |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| FORTRAC® M 55/30x20 | 3 | - | - | - |
| | 18 | - | - | - |
| | 35 | X | X | X |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| FORTRAC® M 80/30x20 | 3 | - | - | - |
| | 18 | - | - | - |
| | 35 | X | X | - |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| FORTRAC® M 110/30x20 | 3 | - | - | - |
| | 18 | - | - | - |
| | 35 | X | X | X |
| | 50 | X | X | X |
| | 70 | X | X | X |
| | 85 | X | X | X |
| | 100 | X | X | X |
| Total de ensaios | | 59 | | |

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

5 RESULTADOS

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os gráficos obtidos pelo software TracerDaq versão 5.0 não pertencem ao Sistema Internacional de Unidades (SI) pois possuem as unidades de tonelada força (tf) por centímetro (cm). Sendo assim, como recomendação da ASTM D-6638-01, foi necessário converter a unidade de tonelada força para quilo newton (kN) seguindo a seguinte proporção:

$$1 \text{ kN} = 9,81 \text{ tf}$$

As figuras 29, 31, 33 e 35, apresentam a resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema. Já as figuras 30, 32, 34 e 36 apresentam a média das resistências de conexão máximas registradas para cada pressão de confinamento do sistema, unidas por retas para se definir as envoltórias de resistências para as diferentes combinações entre os modelos de geogrelhas e o bloco modelo MW.

Para o cálculo da Resistência Nominal (%) foi utilizado a expressão (7).

$$\text{Resistência Nominal} = \frac{T_{cp}}{RNF} \times 100 \quad (7)$$

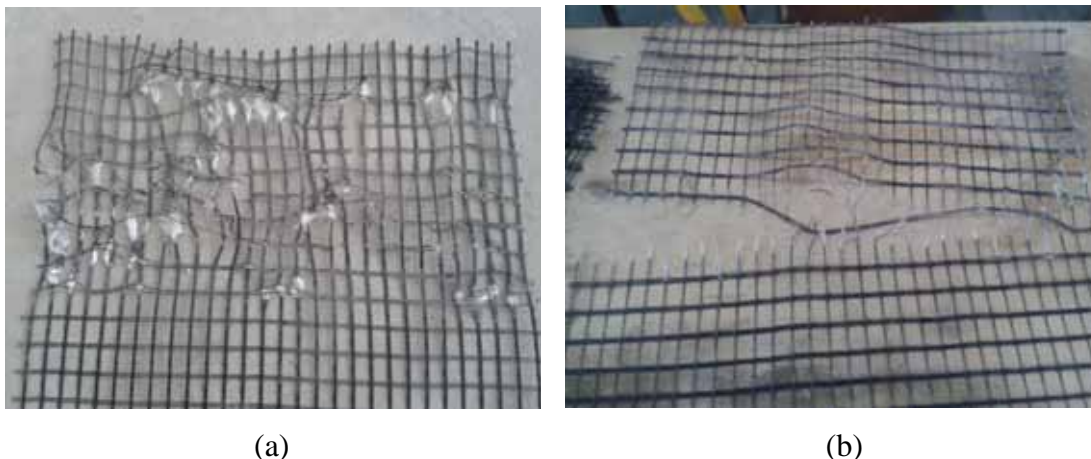
Onde,

T_{cp} = Tensão de tração máxima na conexão entre o reforço e o bloco por unidade de largura do reforço geossintético;

RNF = Resistência Nominal da geogrelha fornecida pelo fabricante.

Por fim, cada ensaio foi classificado segundo o tipo de rompimento em “Externo” (figura 28.a) quando os danos sofridos pela geogrelha foram predominantemente próximos a conexão com o bloco e “Interno” (figura 28.b) quando os danos sofridos foram predominantemente entre as faces dos blocos.

Figura 28 - (a) Exemplo de rompimento interno (b) Exemplo de rompimento externo



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

5.2 RESULTADOS PARA OS ENSAIOS DE CONEXÃO

Diante de todo o exposto, ficam demonstrados através das tabelas 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21 e 22 os resultados das tensões máximas obtidas no ensaio de resistência de conexão para camada simples e dupla das geogrelhas modelo Fortrac® M 35/20x20; Fortrac® M 55/30x20; Fortrac® M 80/30x20; Fortrac® M 110/30x20. Vale ressaltar ainda que todos os experimentos foram realizados com o bloco modelo MW da empresa Muros Terrae preenchidos com brita 1, sendo que o conjunto foi submetido a pressões confinantes de 3, 18, 35, 50, 70, 85 e 100 kPa.

Ademais, pode-se, por meio das figuras 29, 31, 33 e 35, observar a resistência de conexão máxima registrada para as geogrelhas modelo Fortrac® M 35/20x20; Fortrac® M 55/30x20; Fortrac® M 80/30x20; Fortrac® M 110/30x20 em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema. Já pelas figuras 30, 32, 34 e 36 é possível observar as envoltórias de resistência definidas por uma polinomial de segunda ordem.

Através das tabelas 14, 17, 20, 23 é possível observar o ganho médio percentual na resistência de conexão quando se é aplicado a geogrelha em camada dupla ao invés de camada simples.

5.2.1 Geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20x20

Tabela 12- Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada simples da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20 submetida a pressões confinantes de 3, 18, 35, 50, 70, 85 e 100 kPa

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20x20 - Camada Simples | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaio | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 13/12/2012 à 06/08/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 35/20x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Simples | |
| | Modelo do Bloco | Terra MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | Tcp (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 3 | 8,83 | 25,22 | Ext. + Int. |
| 3 | 7,75 | 22,13 | Interna |
| 3 | 8,83 | 25,22 | Ext. + Int. |
| 18 | 12,36 | 35,30 | Ext. + Int. |
| 18 | 11,67 | 33,34 | Ext. + Int. |
| 18 | 14,02 | 40,07 | Externa |
| 35 | 11,57 | 33,06 | Externa |
| 35 | 13,42 | 38,34 | Externa |
| 35 | 12,05 | 34,43 | Ext. + Int. |
| 50 | 15,10 | 43,15 | Ext. + Int. |
| 50 | 13,24 | 37,83 | Ext. + Int. |
| 50 | 14,45 | 41,27 | Ext. + Int. |
| 70 | 10,01 | 28,59 | Externa |
| 70 | 12,28 | 35,09 | Ext. + Int. |
| 70 | 12,05 | 34,44 | Ext. + Int. |
| 85 | 13,73 | 39,23 | Ext. + Int. |
| 85 | 12,26 | 35,02 | Ext. + Int. |
| 85 | 16,28 | 46,51 | Externa |
| 100 | 12,65 | 36,14 | Externa |
| 100 | 13,83 | 39,51 | Ext. + Int. |
| 100 | 12,06 | 34,46 | Ext. + Int. |

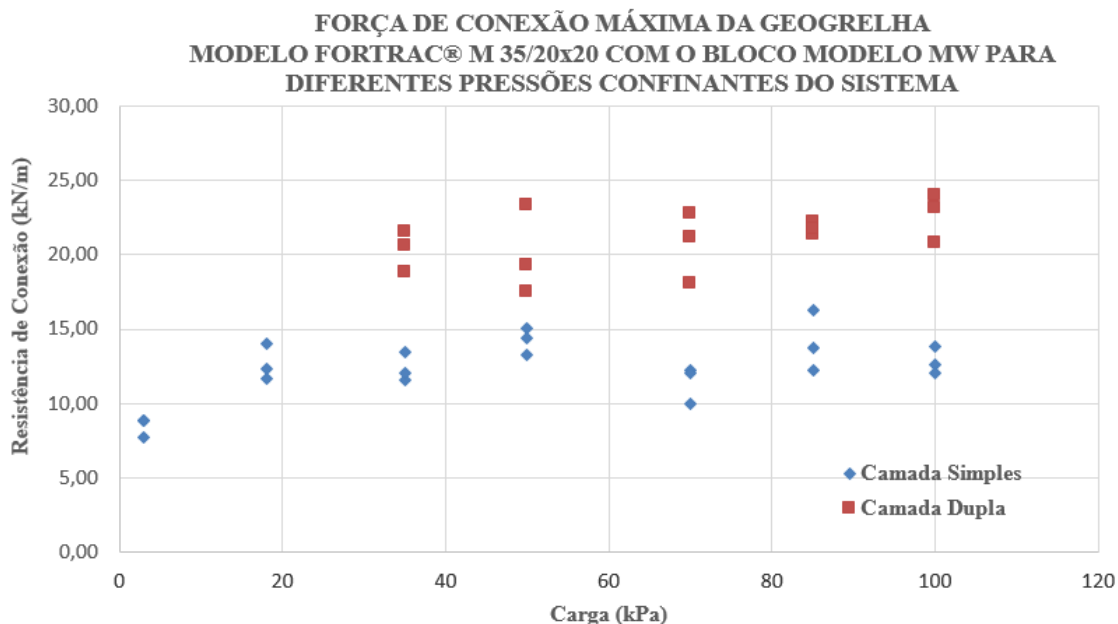
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 13 - Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20 submetida a pressões confinantes de 35, 50, 70, 85 e 100 kPa.

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20x20 - Camada Dupla | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaios | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 13/12/2012 à 06/08/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 35/20x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Dupla | |
| | Modelo do Bloco | Terra MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | Tcp (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 35 | 20,59 | 58,84 | Ext. + Int. |
| 35 | 18,83 | 53,80 | Ext. + Int. |
| 35 | 21,57 | 61,64 | Ext. + Int. |
| 50 | 23,34 | 66,68 | Ext. + Int. |
| 50 | 17,46 | 49,87 | Externa |
| 50 | 19,32 | 55,20 | Externa |
| 70 | 18,04 | 51,55 | Ext. + Int. |
| 70 | 22,75 | 65,00 | Ext. + Int. |
| 70 | 21,18 | 60,52 | Externa |
| 85 | 21,38 | 61,08 | Externa |
| 85 | 22,16 | 63,32 | Externa |
| 85 | 21,67 | 61,92 | Externa |
| 100 | 23,93 | 68,37 | Externa |
| 100 | 20,79 | 59,40 | Externa |
| 100 | 23,14 | 66,12 | Externa |

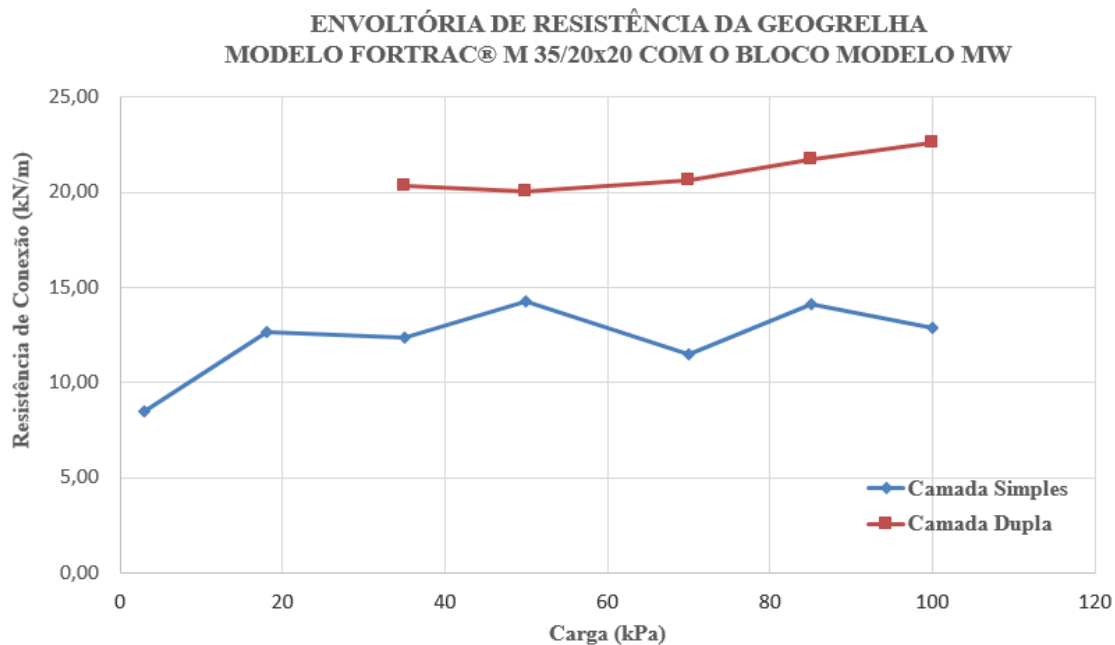
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 29 - Resistência de conexão máxima da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20 com o bloco modelo MW para diferentes pressões confinantes do sistema



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 30 - Envoltória de resistência obtida nos ensaios de arrancamento para camada simples e dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20 da Huesker



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 14 - Ganho médio percentual de resistência de conexão na aplicação da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20 em camada simples em relação a aplicação em camada dupla para diferente pressões de confinamento do sistema

| Pressão de confinamento do sistema (kPa) | Resistência de Conexão média para camada simples (kN/m) | Resistência de Conexão média para camada dupla (kN/m) | Ganho de resistência (%) |
|--|---|---|--------------------------|
| 35 | 12,35 | 20,33 | 64,66 |
| 50 | 14,26 | 20,04 | 40,50 |
| 70 | 11,45 | 20,66 | 80,47 |
| 85 | 14,09 | 21,74 | 54,29 |
| 100 | 12,85 | 22,62 | 76,08 |
| Ganho médio percentual | | | 63,20 |

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

5.2.1.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20

Através da tabela 14 é possível observar que o ganho médio percentual na resistência de conexão quando se é aplicado a geogrelha modelo Fortrac® M 35/20x20 em camada dupla ao invés de camada simples é de 63,2 %.

5.2.2 Geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30x20

Tabela 15 - Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada simples da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20 submetida a pressões confinantes de 3, 18, 35, 50, 70, 85 e 100 kPa

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30x20 - Camada Simples | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaios | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 16/01/2013 à 03/07/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 55/30x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Simples | |
| | Modelo do Bloco | Terraes MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | Tcp (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 3 | 11,47 | 20,86 | Interna |
| 3 | 10,89 | 19,79 | Interna |
| 3 | 12,16 | 22,11 | Interna |
| 18 | 15,98 | 29,06 | Ext. + Int. |
| 18 | 15,10 | 27,46 | Ext. + Int. |
| 18 | 17,95 | 32,63 | Ext. + Int. |
| 35 | 18,04 | 32,81 | Ext. + Int. |
| 35 | 16,57 | 30,13 | Ext. + Int. |
| 35 | 20,10 | 36,55 | Ext. + Int. |
| 50 | 20,40 | 37,09 | Externa |
| 50 | 21,97 | 39,94 | Externa |
| 50 | 19,71 | 35,84 | Externa |
| 70 | 18,04 | 32,81 | Externa |
| 70 | 22,56 | 41,01 | Ext. + Int. |
| 70 | 21,08 | 38,33 | Externa |
| 85 | 22,36 | 40,65 | Externa |
| 85 | 21,38 | 38,87 | Externa |
| 85 | 16,77 | 30,49 | Externa |
| 100 | 23,34 | 42,44 | Externa |
| 100 | 21,57 | 39,23 | Externa |
| 100 | 22,16 | 40,30 | Externa |

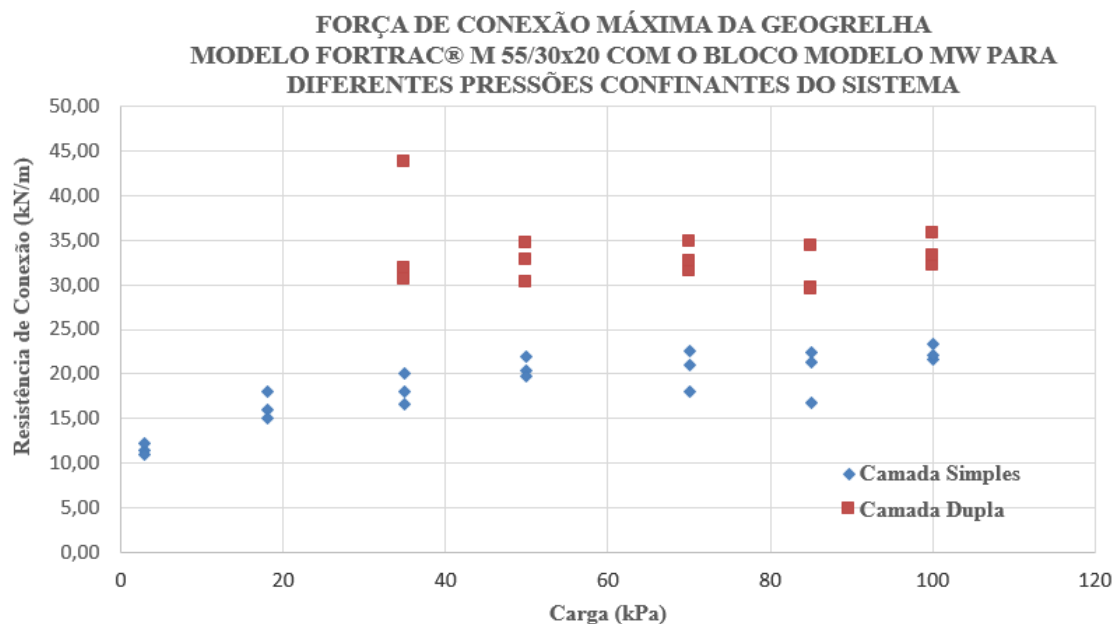
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 16 - Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20 submetida a pressões confinantes de 35, 50, 70, 85 e 100 kPa

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30x20 - Camada Dupla | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaios | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 16/01/2013 à 03/07/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 55/30x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Dupla | |
| | Modelo do Bloco | Terraes MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | Tcp (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 35 | 30,60 | 55,63 | Ext. + Int. |
| 35 | 43,74 | 79,52 | Ext. + Int. |
| 35 | 31,87 | 57,95 | Ext. + Int. |
| 50 | 34,72 | 63,12 | Externa |
| 50 | 32,85 | 59,73 | Externa |
| 50 | 30,20 | 54,92 | Externa |
| 70 | 31,48 | 57,23 | Externa |
| 70 | 34,81 | 63,30 | Ext. + Int. |
| 70 | 32,66 | 59,37 | Externa |
| 85 | 29,71 | 54,03 | Ext. + Int. |
| 85 | 29,52 | 53,67 | Externa |
| 85 | 34,32 | 62,41 | Externa |
| 100 | 32,17 | 58,48 | Externa |
| 100 | 33,24 | 60,44 | Externa |
| 100 | 35,70 | 64,90 | Externa |

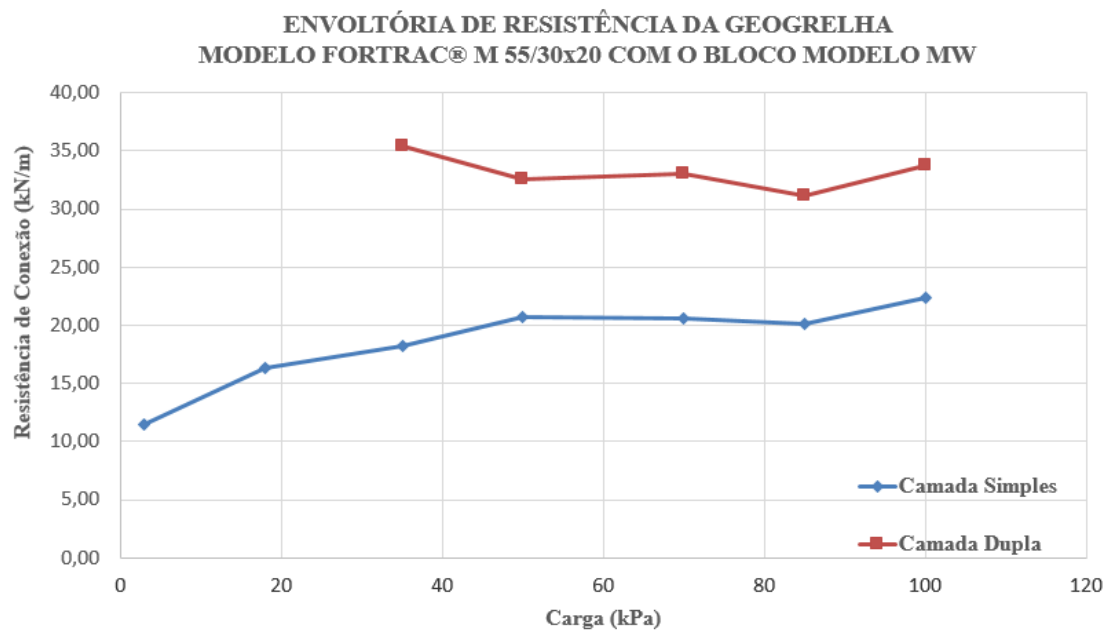
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 31 - Resistência de conexão máxima da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20 com o bloco modelo MW para diferentes pressões confinantes do sistema



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 32 - Envoltória de resistência obtida nos ensaios de arrancamento para camada simples e dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20 da Huesker



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 17 - Ganho percentual médio de resistência de conexão na aplicação da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20 em camada simples em relação a aplicação em camada dupla para diferente pressões de confinamento do sistema

| Pressão de confinamento do sistema (kPa) | Resistência de Conexão média para camada simples (kN/m) | Resistência de Conexão média para camada dupla (kN/m) | Ganho de resistência (%) |
|--|---|---|--------------------------|
| 35 | 18,24 | 35,40 | 94,09 |
| 50 | 20,69 | 32,59 | 57,50 |
| 70 | 20,56 | 32,98 | 60,41 |
| 85 | 20,17 | 31,19 | 54,62 |
| 100 | 22,36 | 33,70 | 50,73 |
| | | Ganho médio percentual | 63,47 |

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

5.2.2.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20

Pela tabela 17, conclui-se que o ganho médio percentual na resistência de conexão é de 63,47% quando se é empregado a geogrelha modelo Fortrac® M 55/30x20 em camada dupla ao invés de camada simples.

5.2.3 Geogrelha modelo FORTRAC® M 80/30x20

Tabela 18 - Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada simples da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20 submetida a pressões confinantes de 3, 18, 35, 50, 70, 85 e 100 kPa

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 80/30x20 - Camada Simples | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaios | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 19/12/2012 à 04/07/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 80/30x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Simples | |
| | Modelo do Bloco | Terraes MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | Tcp (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 3 | 13,04 | 16,30 | Interna |
| 3 | 10,10 | 12,63 | Interna |
| 3 | 15,30 | 19,12 | Interna |
| 18 | 20,40 | 25,50 | Interna |
| 18 | 21,87 | 27,34 | Interna |
| 18 | 26,87 | 33,59 | Interna |
| 35 | 25,69 | 32,12 | Interna |
| 35 | 26,58 | 33,22 | Ext. + Int. |
| 35 | 27,07 | 33,83 | Interna |
| 50 | 29,52 | 36,90 | Interna |
| 50 | 31,87 | 39,84 | Ext. + Int. |
| 50 | 34,32 | 42,90 | Interna |
| 70 | 29,52 | 36,90 | Ext. + Int. |
| 70 | 29,52 | 36,90 | Externa |
| 70 | 25,40 | 31,75 | Ext. + Int. |
| 85 | 27,95 | 34,94 | Ext. + Int. |
| 85 | 36,28 | 45,36 | Ext. + Int. |
| 85 | 32,95 | 41,19 | Ext. + Int. |
| 100 | 35,30 | 44,13 | Externa |
| 100 | 33,93 | 42,41 | Externa |
| 100 | 34,32 | 42,90 | Externa |

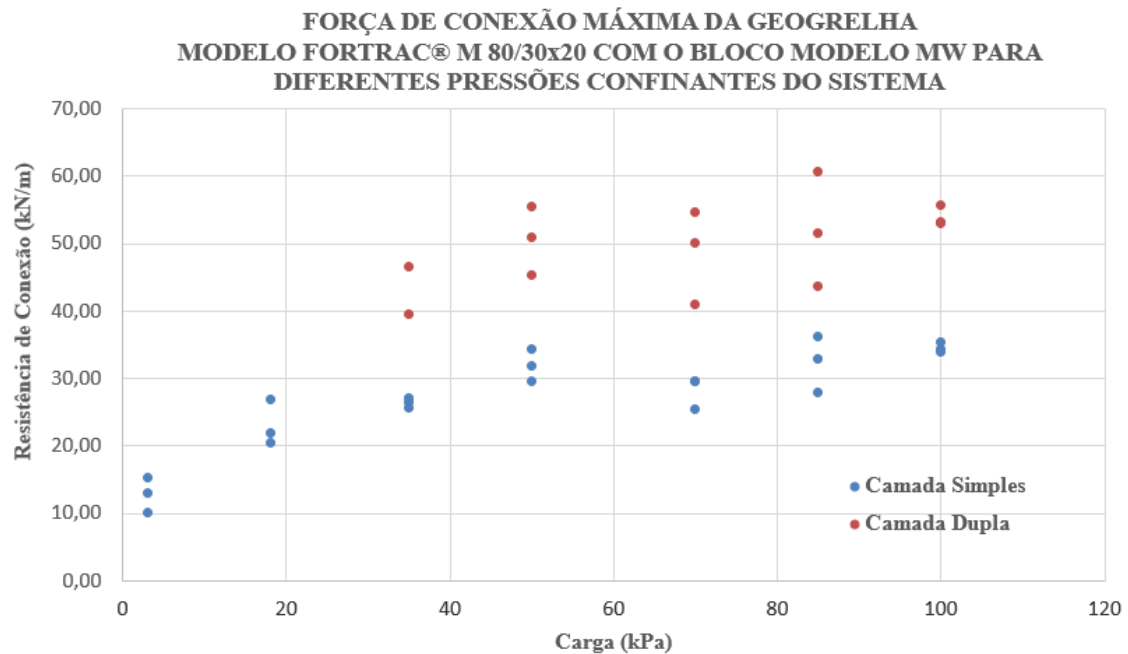
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 19 - Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20 submetida a pressões confinantes de 35, 50, 70, 85 e 100 kPa

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 80/30x20 - Camada Dupla | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaios | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 19/12/2012 à 04/07/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 80/30x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Dupla | |
| | Modelo do Bloco | Terrae MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | T _{cp} (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 35 | 46,58 | 58,23 | Interna |
| 35 | 39,62 | 49,52 | Interna |
| 50 | 50,90 | 63,62 | Interna |
| 50 | 55,51 | 69,38 | Interna |
| 50 | 45,31 | 56,63 | Interna |
| 70 | 50,11 | 62,64 | Ext. + Int. |
| 70 | 41,09 | 51,36 | Ext. + Int. |
| 70 | 54,62 | 68,28 | Ext. + Int. |
| 85 | 43,74 | 54,67 | Ext. + Int. |
| 85 | 60,80 | 76,00 | Ext. + Int. |
| 85 | 51,48 | 64,36 | Externa |
| 100 | 53,25 | 66,56 | Externa |
| 100 | 55,80 | 69,75 | Ext. + Int. |
| 100 | 52,96 | 66,19 | Ext. + Int. |

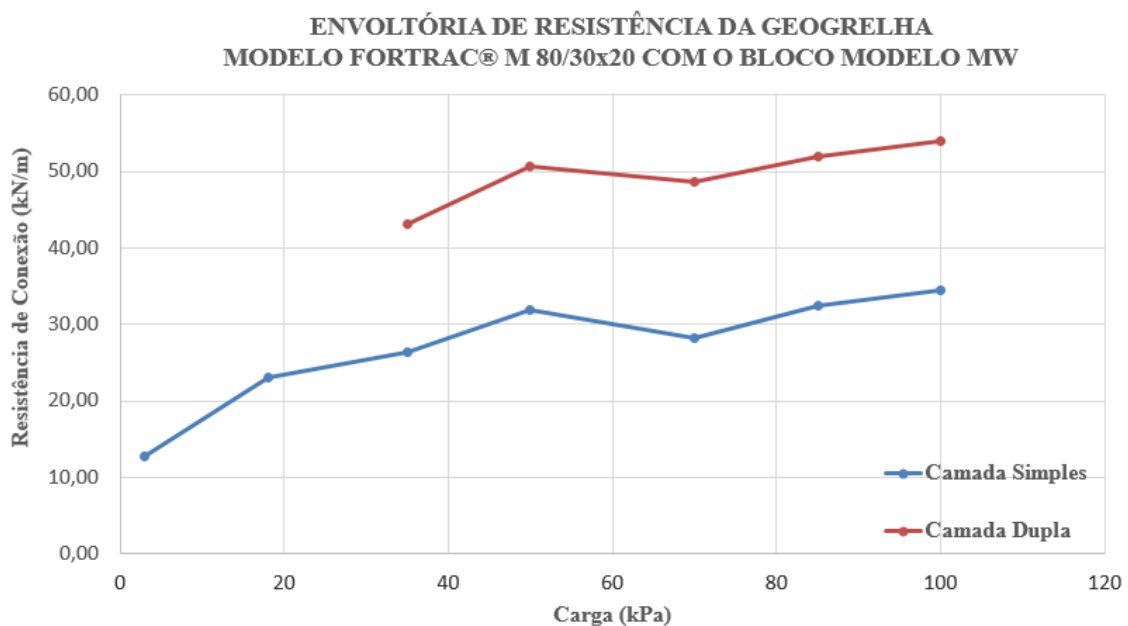
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 33 - Resistência de conexão máxima da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20 com o bloco modelo MW para diferentes pressões confinantes do sistema



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 34 - Envoltória de resistência obtida nos ensaios de arrancamento para camada simples e dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20 da Huesker



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 20 - Ganho percentual médio de resistência de conexão na aplicação da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20 em camada simples em relação a aplicação em camada dupla para diferente pressões de confinamento do sistema

| Pressão de confinamento do sistema (kPa) | Resistência de Conexão média para camada simples (kN/m) | Resistência de Conexão média para camada dupla (kN/m) | Ganho de resistência (%) |
|--|---|---|--------------------------|
| 35 | 26,45 | 43,10 | 62,98 |
| 50 | 31,90 | 50,57 | 58,50 |
| 70 | 28,14 | 48,61 | 72,71 |
| 85 | 32,39 | 52,01 | 60,54 |
| 100 | 34,52 | 54,00 | 56,44 |
| Ganho médio percentual | | | 62,23 |

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

5.2.3.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20

Através da tabela 20 é possível concluir que o ganho médio percentual na resistência de conexão quando se é aplicado a geogrelha modelo Fortrac® M 80/30x20 em camada dupla ao invés de camada simples é de 62,23 %.

5.2.4 Geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30x20

Tabela 21 - Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada simples da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20 submetida a pressões confinantes de 35, 50, 70, 85 e 100 kPa

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30x20 - Camada Simples | | | |
|---|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaio | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 09/01/2013 à 14/06/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 110/30x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Simples | |
| | Modelo do Bloco | Terrae MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | Tcp (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 35 | 35,40 | 32,18 | Interna |
| 35 | 33,64 | 30,58 | Interna |
| 35 | 31,87 | 28,97 | Interna |
| 50 | 42,07 | 38,25 | Interna |
| 50 | 37,46 | 34,06 | Interna |
| 50 | 36,97 | 33,61 | Interna |
| 70 | 42,85 | 38,96 | Interna |
| 70 | 40,80 | 37,09 | Interna |
| 70 | 31,48 | 28,62 | Interna |
| 85 | 46,09 | 41,90 | Interna |
| 85 | 39,52 | 35,93 | Interna |
| 85 | 37,17 | 33,79 | Ext. + Int. |
| 100 | 35,79 | 32,54 | Ext. + Int. |
| 100 | 46,39 | 42,17 | Ext. + Int. |
| 100 | 32,26 | 29,33 | Externa |

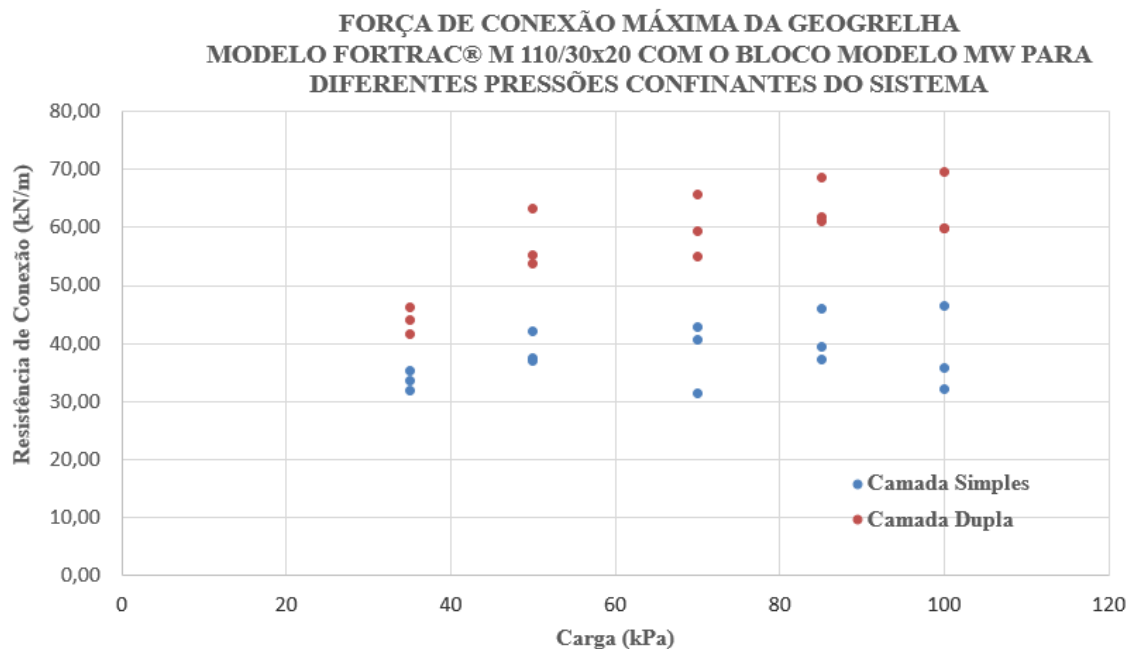
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 22 - Tensões máxima obtidas nos ensaios de resistência de conexão para camada dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20 submetida a pressões confinantes de 35, 50, 70, 85 e 100 kPa

| Geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30x20 - Camada Dupla | | | |
|---|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Local dos Ensaios | Laboratório de Geotecnia -UNESP/FEG | | |
| Norma | ASTM D6638 - 01 | | |
| Período de execução dos ensaios | 09/01/2013 à 14/06/2013 | | |
| Materiais | Modelo da Geogrelha | FORTRAC® M 110/30x20 | |
| | Tipo de Conexão | Camada Dupla | |
| | Modelo do Bloco | Terra MW | |
| | M. de Preenchimento | Brita 1 | |
| Características do Ensaio | Tipo de Ensaio | Resistência de Conexão | |
| | Velocidade do Ensaio | 0,22 (mm/s) | |
| | Dimensões da amostra | 100 x 70 (cm) | |
| Tensão Confinante (kN/m ²) | Tcp (kN/m) | Resist. Nominal (%) | Tipo de Ruptura |
| 35 | 41,58 | 37,80 | Interna |
| 35 | 44,13 | 40,12 | Interna |
| 35 | 46,19 | 41,99 | Interna |
| 50 | 55,31 | 50,28 | Interna |
| 50 | 53,74 | 48,85 | Interna |
| 50 | 63,35 | 57,59 | Interna |
| 70 | 55,11 | 50,10 | Interna |
| 70 | 59,43 | 54,03 | Interna |
| 70 | 65,70 | 59,73 | Interna |
| 85 | 61,88 | 56,25 | Interna |
| 85 | 61,10 | 55,54 | Ext. + Int. |
| 85 | 68,65 | 62,41 | Ext. + Int. |
| 100 | 59,82 | 54,38 | Interna |
| 100 | 59,82 | 54,38 | Ext. + Int. |
| 100 | 69,63 | 63,30 | Ext. + Int. |

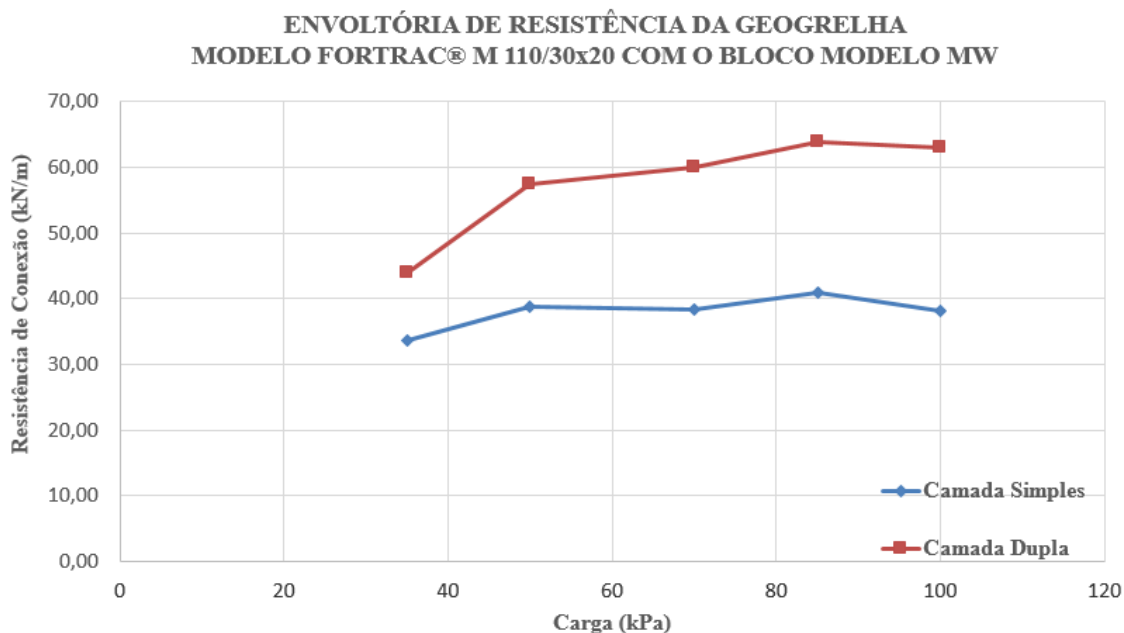
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 35 - Resistência de conexão máxima da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20 com o bloco modelo MW para diferentes pressões confinantes do sistema



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 36 - Envoltória de resistência obtida nos ensaios de arrancamento para camada simples e dupla da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20 da Huesker



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Tabela 23 - Ganho percentual médio de resistência de conexão na aplicação da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20 em camada simples em relação a aplicação em camada dupla para diferente pressões de confinamento do sistema

| Pressão de confinamento do sistema (kPa) | Resistência de Conexão média para camada simples (kN/m) | Resistência de Conexão média para camada dupla (kN/m) | Ganho de resistência (%) |
|--|---|---|--------------------------|
| 35 | 33,64 | 43,97 | 30,71 |
| 50 | 38,83 | 57,47 | 47,98 |
| 70 | 38,38 | 60,08 | 56,56 |
| 85 | 40,93 | 63,87 | 56,07 |
| 100 | 38,15 | 63,09 | 65,38 |
| Ganho médio percentual | | | 51,34 |

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

5.2.3.1 Discussão dos resultados da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20

Pela tabela 23, conclui-se que o ganho médio percentual na resistência de conexão quando se é aplicado a geogrelha modelo Fortrac® M 110/30x20 em camada dupla ao invés de camada simples é de 51,34 %.

6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR GUIMARÃES (2006), URASHIMA, CHAGAS E RUIZ (2008) E ALMEIDA E TOMA (2011).

A seguir será realizada uma análise comparativa entre os resultados obtidos no presente trabalho com os obtidos por Guimarães (2006), Urashima et al. (2008) e Almeida e Toma (2011).

6.1 ANÁLISES COMPARATIVAS ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR GUIMARÃES (2006)

Neste tópico, será realizada uma análise comparativa entre os resultados do presente trabalho (2015) com os obtidos por Guimarães (2006).

6.1.1 Considerações iniciais

As tabelas 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31 comparam os materiais que foram empregados nos ensaios realizados por Guimarães (2006) com os utilizados no presente trabalho (2015).

As figuras 38, 40, 42, 44, 46 e 48, apresentam a resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema. Já as figuras 39, 41, 43, 45, 47 e 49 apresentam a média das resistências de conexão máximas registradas para cada pressão de confinamento do sistema e a envoltória de resistência definida pela união desses pontos por meio de retas.

Fica demonstrado através da figura 37 os blocos de concretos modelo W e MW da empresa Muros Terrae® empregados nos ensaios realizados por Guimarães (2006) e no presente trabalho (2015), respectivamente.

Figura 37 - (a) Bloco modelo W utilizado por Guimarães (2006) (b) Bloco modelo MW utilizado no presente trabalho (2015)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Pela tabela 24 é possível observar as especificações técnicas dos blocos modelo MW e W da empresa Muros Terrae ®.

Tabela 24 - Especificações técnicas dos Blocos modelo MW e W da empresa Muros Terrae ®

| | Bloco MW | Bloco W | Unidade |
|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Peças/m² | 13 | 13 | unidade |
| Peso aproximado | 27 – 30 | 28 - 33 | kg |
| Altura/Largura/Profundidade | 19,5 | 19,5 | cm |
| | 40,0 | 40,0 | |
| | 30,0 | 40,0 | |
| Resistência à compressão | 6,0 a 12,0 | 6,0 a 18,0 | Mpa |
| Inclinação da face do muro | 1:15 | 1:15 | H:V graus |
| | 88 | 88 | |
| Altura máxima do muro | 10 | 20 | m |

Fonte: (MUROS TERRAE – Catálogo de especificações técnicas).

Vale ressaltar que o material de preenchimento utilizado em ambas as pesquisas foi a brita 1. Sendo assim, descarta-se a possibilidade de que o material de preenchimento influenciou de forma significativa nos ensaios realizados em 2006 e 2015.

6.1.2 Primeira análise comparativa

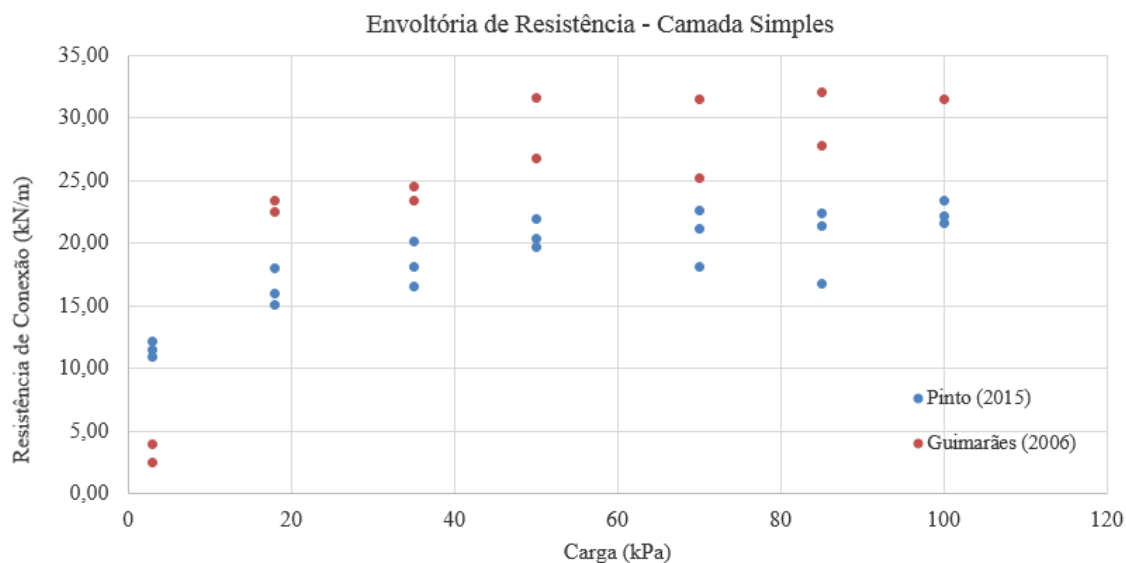
A Tabela 25 apresenta os materiais empregados por Guimarães (2006) e no presente trabalho (2015) para a realização da primeira análise comparativa.

Tabela 25 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da primeira análise comparativa

| | Guimarães (2006) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 55/30x20 | FORTRAC® M 55/30x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | W | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

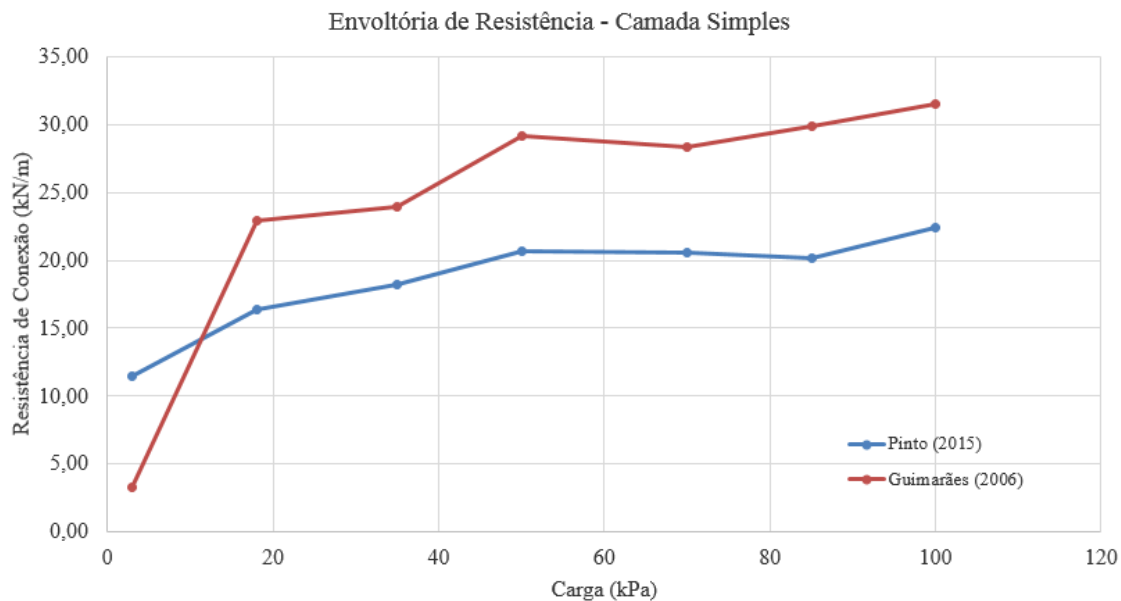
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 38 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2006 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 39 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2006 e 2015 para a primeira análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Fica evidente pela figura 39 que a combinação entre a geogrelha modelo FORTRAC® 55/30x20 de Poliéster e o bloco modelo W empregados na pesquisa realizada por Guimarães (2006) apresentou maior resistência de conexão que a combinação entre a geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30x20 de Álcool de Polivinila (PVA) e o bloco MW empregados no presente trabalho (2015).

6.1.3 Segunda análise comparativa

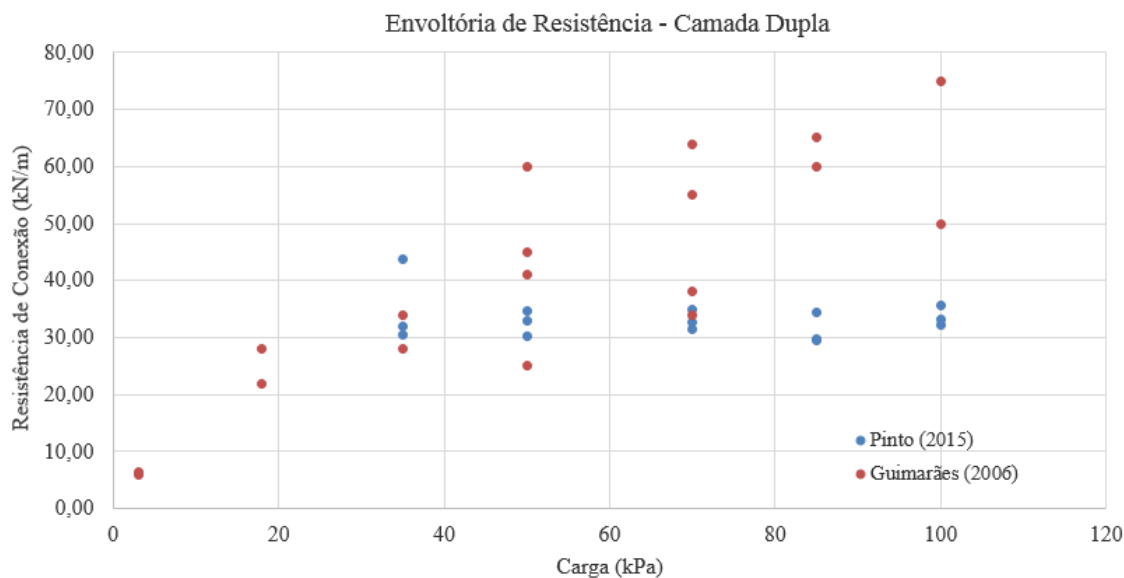
A Tabela 26 apresenta os materiais empregados por Guimarães (2006) e no presente trabalho para a realização da segunda análise comparativa.

Tabela 26 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da segunda análise comparativa

| | Guimarães (2006) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 55/30x20 | FORTRAC® M 55/30x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Dupla | Camada Dupla |
| Modelo de Bloco | W | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

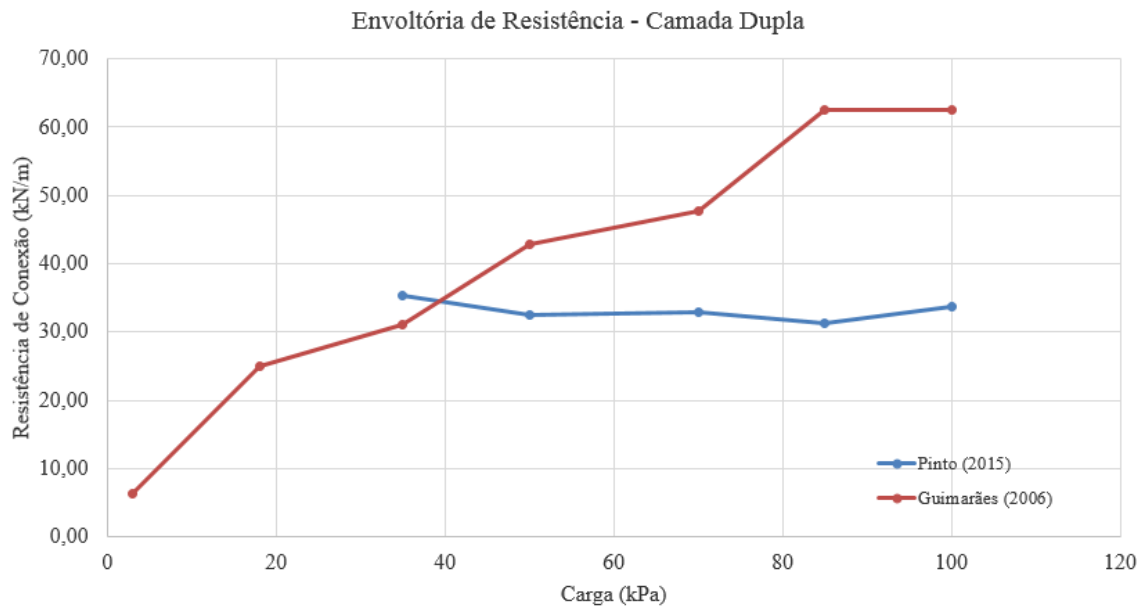
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 40 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2006 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 41 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2006 e 2015 para a segunda análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Pela figura 41 é possível concluir que a combinação entre a geogrelha (camada dupla) modelo FORTRAC® 55/30x20 de Poliéster e o bloco modelo W empregados na pesquisa realizada por Guimarães (2006) apresentou maior resistência de conexão que a combinação entre a geogrelha (camada dupla) modelo FORTRAC® M 55/30x20 de Álcool de Polivinila (PVA) e o bloco MW empregados no presente trabalho (2015).

6.1.4 Terceira análise comparativa

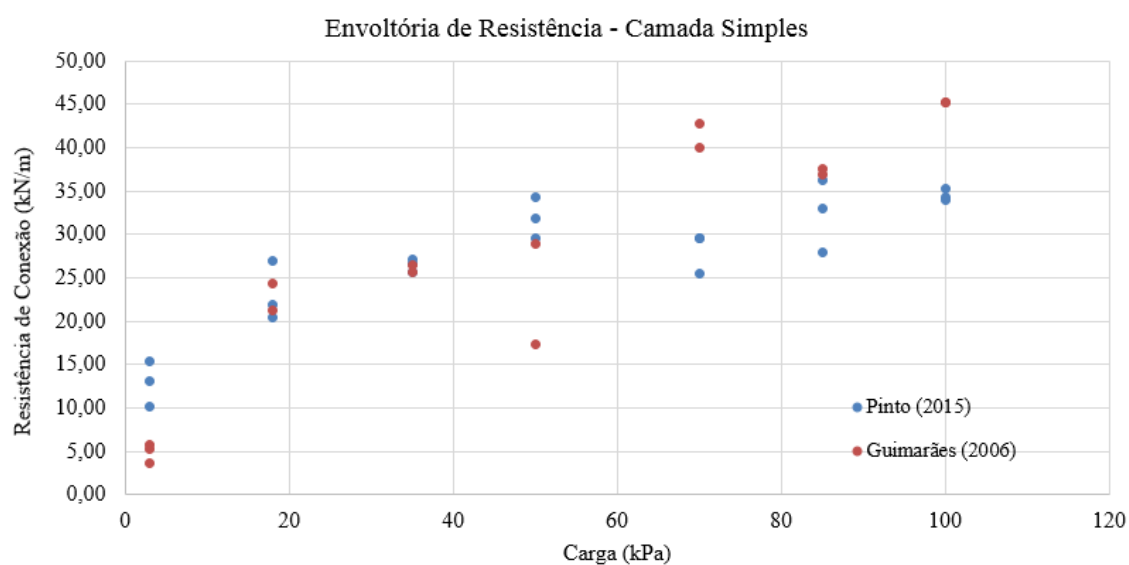
A Tabela 27 apresenta os materiais empregados por Guimarães (2006) e no presente trabalho (2015) para a realização da terceira análise comparativa.

Tabela 27 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da terceira análise comparativa

| | Guimarães (2006) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 80/30x20 | FORTRAC® M 80/30x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | W | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

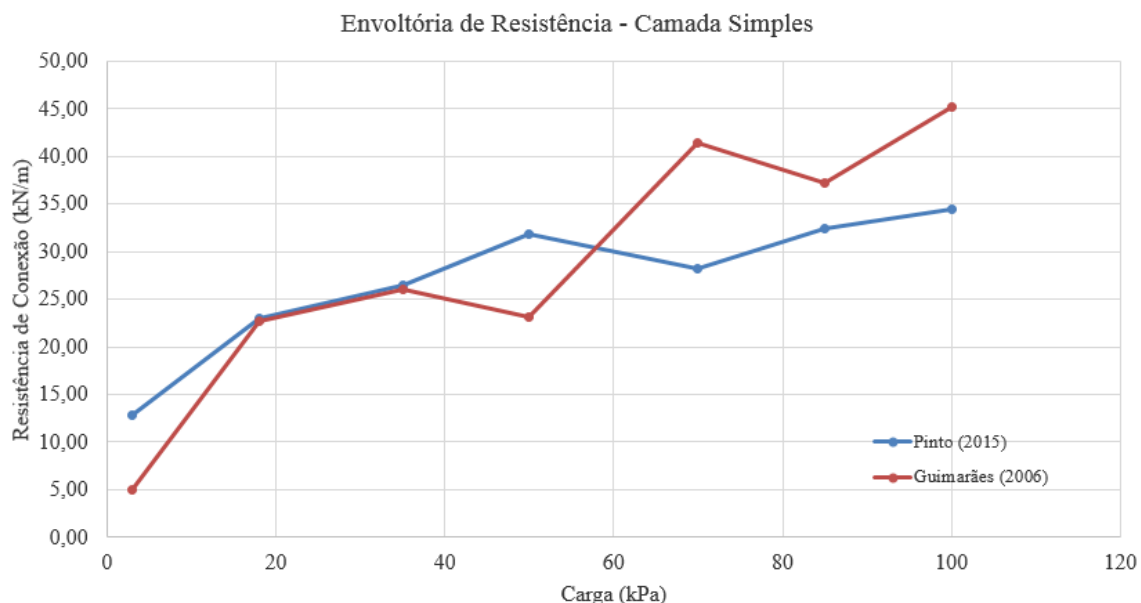
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 42 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2006 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 43- Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2006 e 2015 para a terceira análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Pela figura 43 é possível concluir que a combinação entre a geogrelha (camada simples) modelo FORTRAC® 80/30x20 de Poliéster (PET) e o bloco modelo W empregados na pesquisa realizada por Guimarães (2006) apresentou uma inversão de menor para maior resistência de conexão na pressão confinante de 58 kPa em relação a combinação entre a geogrelha (camada simples) modelo FORTRAC® M 80/30x20 de Álcool de Polivinila (PVA) e o bloco MW empregados no presente trabalho (2015).

Vale lembrar que o material de preenchimento utilizado em ambas as pesquisas foi a brita 1. Sendo assim, descarta-se a possibilidade de que o material de preenchimento influenciou de forma significativa nos ensaios realizados em 2006 e 2015.

6.1.5 Quarta análise comparativa

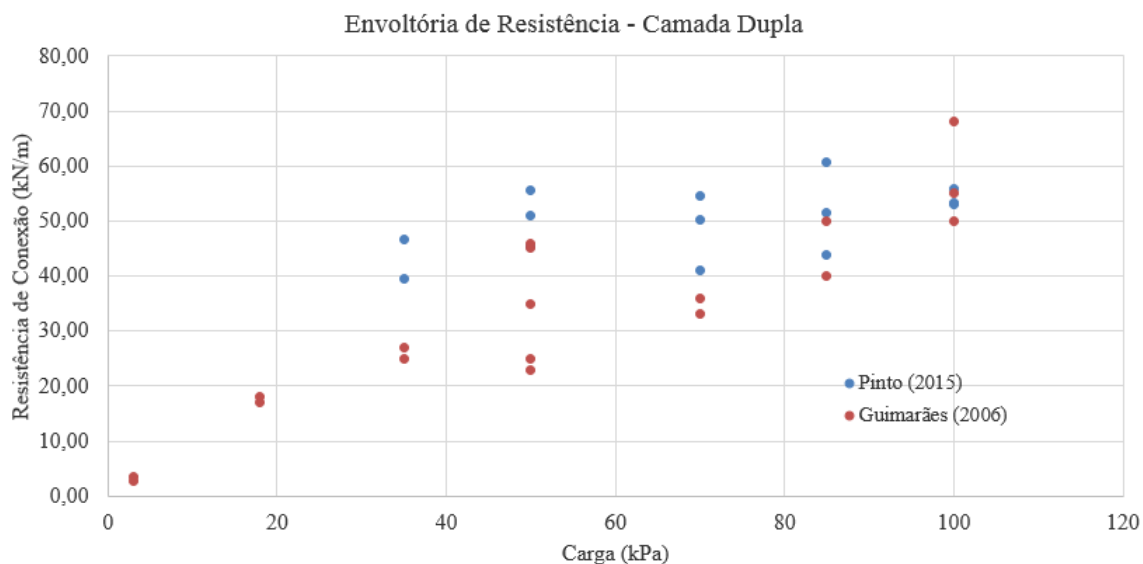
A Tabela 28 apresenta os materiais empregados por Guimarães (2006) e no presente trabalho (2015) para a realização da quarta análise comparativa.

Tabela 28 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da quarta análise comparativa

| | Guimarães (2006) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 80/30x20 | FORTRAC® M 80/30x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Dupla | Camada Dupla |
| Modelo de Bloco | W | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

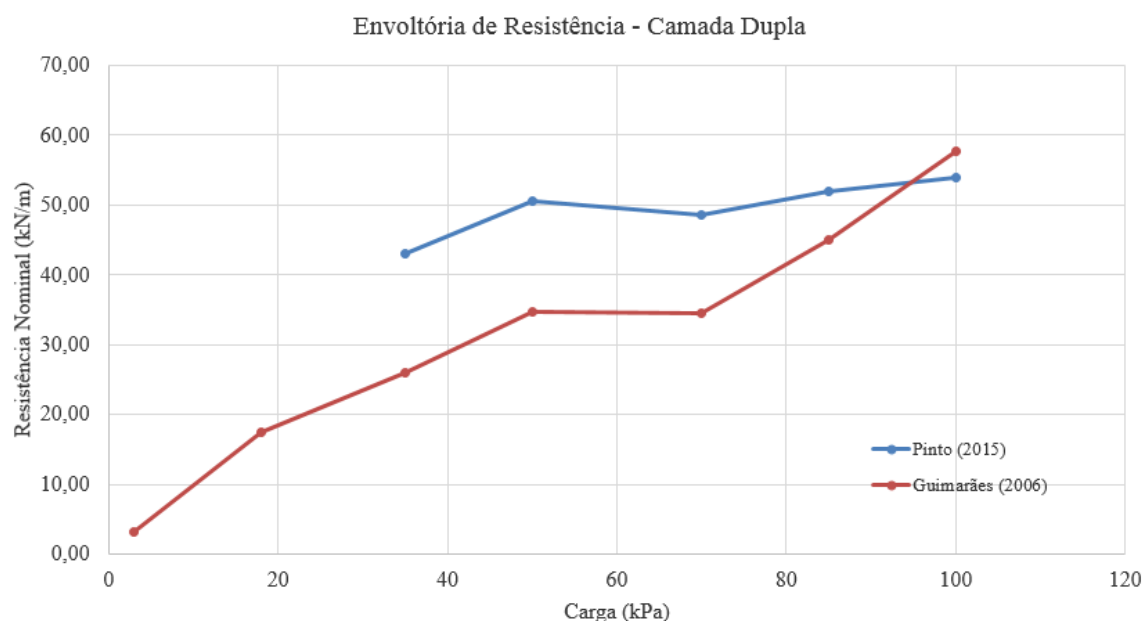
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 44 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2006 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 45 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2006 e 2015 para a quarta análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Fica evidente pela figura 45 que a combinação entre a geogrelha (camada dupla) modelo FORTRAC® 80/30x20 de Poliéster e o bloco modelo W empregados na pesquisa por realizada Guimarães (2006) apresentaram menor resistência de conexão que a combinação entre a geogrelha (camada dupla) modelo FORTRAC® M 80/30x20 de Álcool de Polivinila (PVA) e o bloco MW empregados no presente trabalho (2015).

6.1.6 Quinta análise comparativa

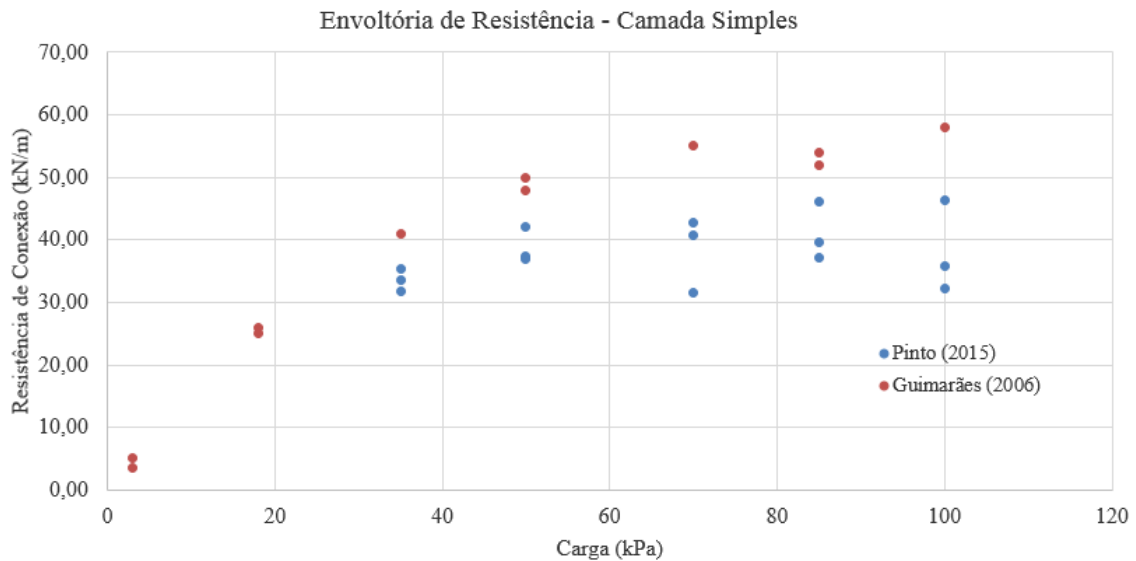
A Tabela 29 apresenta os materiais empregados por Guimarães (2006) e no presente trabalho (2015) para a realização da quinta análise comparativa.

Tabela 29 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da quinta análise comparativa

| | Guimarães (2006) | Pinto (2015) |
|---------------------------|--------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 110/30x20 | FORTRAC® M 110/30x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | W | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

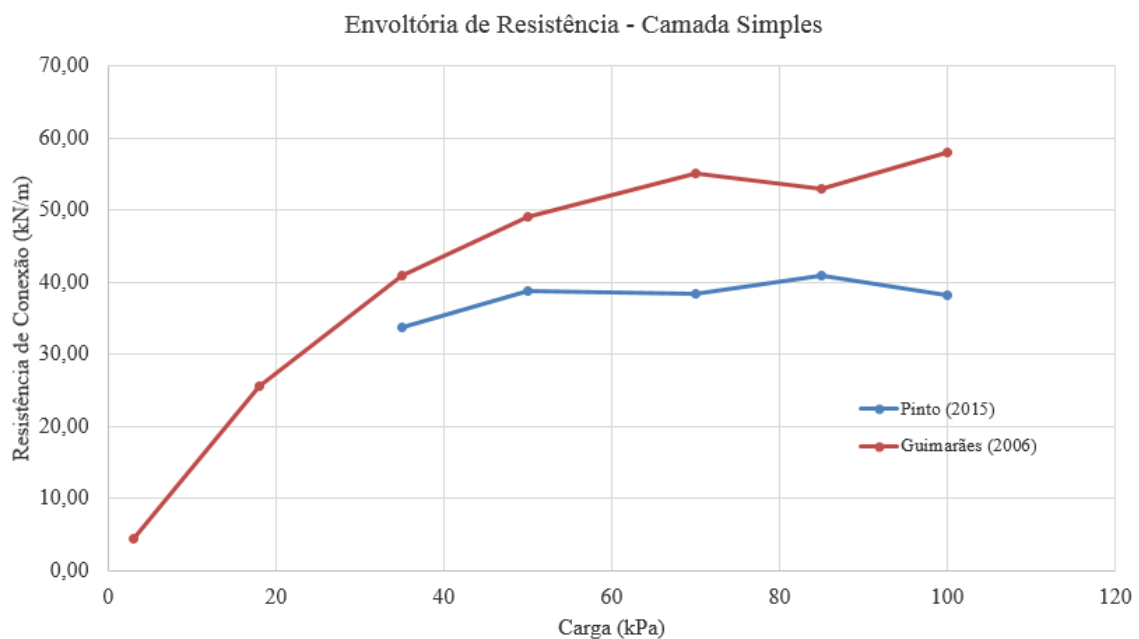
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 46 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2006 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 47 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2006 e 2015 para a quinta análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Pela figura 47 conclui-se que a combinação entre a geogrelha (camada simples) modelo FORTRAC® 110/30x20 de Poliéster e o bloco modelo W empregados na pesquisa por realizada Guimarães (2006) apesentou maior resistência de conexão que a

combinação entre a geogrelha (camada simples) modelo FORTRAC® M 110/30x20 de Álcool de Polivinila (PVA) e o bloco MW empregados no presente trabalho (2015).

6.1.7 Sexta análise comparativa

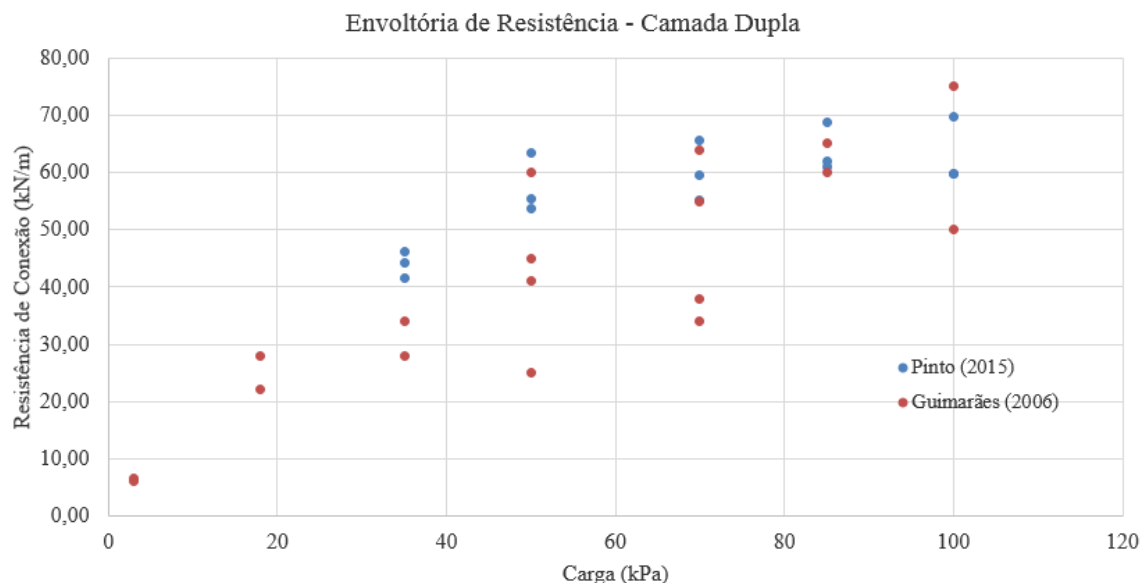
A Tabela 30 apresenta os materiais empregados por Guimarães (2006) e no presente trabalho (2015) para a realização da sexta análise comparativa.

Tabela 30 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da sexta análise comparativa

| | Guimarães (2006) | Pinto (2015) |
|---------------------------|--------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 110/30x20 | FORTRAC® M 110/30x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Dupla | Camada Dupla |
| Modelo de Bloco | W | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

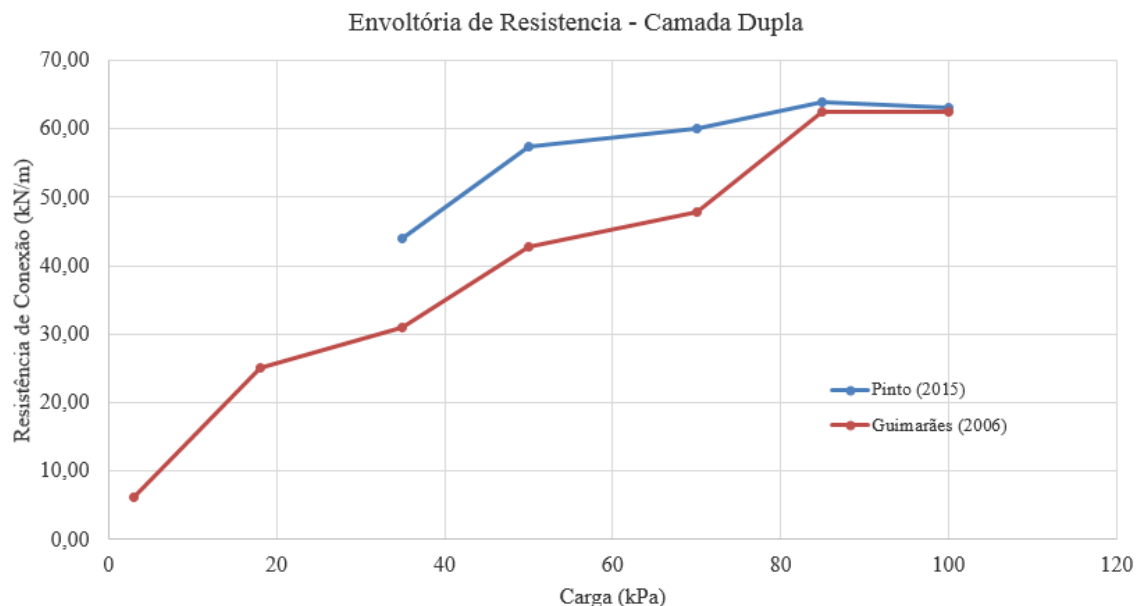
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 48 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2006 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 49 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2006 e 2015 para a sexta análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Fica evidente pela figura 49 que a combinação entre a geogrelha modelo FORTRAC® 110/30x20 de Poliéster e o bloco modelo W empregados na pesquisa realizada por Guimarães (2006) apresentou menor resistência de conexão que a combinação entre a geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30x20 de Álcool de Polivinila (PVA) e o bloco MW empregados no presente trabalho (2015).

6.2 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR URASHIMA, CHAGAS E RUIZ (2008)

Neste tópico, será realizada uma análise comparativa entre os resultados do presente trabalho (2015) com os obtidos por Urashima, Chaga e Ruiz (2008).

6.2.1 Considerações iniciais

As tabelas 32, 33 e 34 comparam os materiais que foram empregados nos ensaios realizados por Urashima et al. (2008) com os utilizados no presente trabalho (2015).

As figuras 51, 53 e 55 apresentam a resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema. Já as figuras 52, 54 e 56 apresentam a média das resistências de conexão máximas registradas para cada

pressão de confinamento do sistema e a envoltória de resistência definida pela união desses pontos por meio de retas.

Fica demonstrado através da figura 50 os blocos de concreto modelo L de face reta e MW da empresa Muros Terrae® empregados nos ensaios realizados por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) e no presente trabalho (2015), respectivamente.

Figura 50 - (a) Bloco modelo L (face reta) utilizado por Urashima, Chaga e Ruiz (2008)
(b) Bloco modelo MW utilizado no presente trabalho (2015)



(a)



(b)

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Pela tabela 31 é possível observar as especificações técnicas dos blocos modelo MW e L da empresa Muros Terrae®.

Tabela 31 - Especificações técnicas dos Blocos modelo MW e L da empresa Muros

| | Bloco L | Bloco MW | Unidade |
|------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Peças/m² | - | 13 | unidade |
| Peso aproximado | 16 - 20 | 27 – 30 | kg |
| Altura/Largura/Profundidade | 40,0 | 19,5 | cm |
| | 23,0 | 40,0 | |
| | 19,0 | 30,0 | |
| Resistência à compressão | - | 6,0 a 12,0 | Mpa |
| Inclinação da face do muro | - | 1:15 | H:V |
| | | 88 | graus |
| Altura máxima do muro | - | 10 | m |

Fonte: (MUROS TERRAE – Catálogo de especificações técnicas).

6.2.2 Primeira análise comparativa

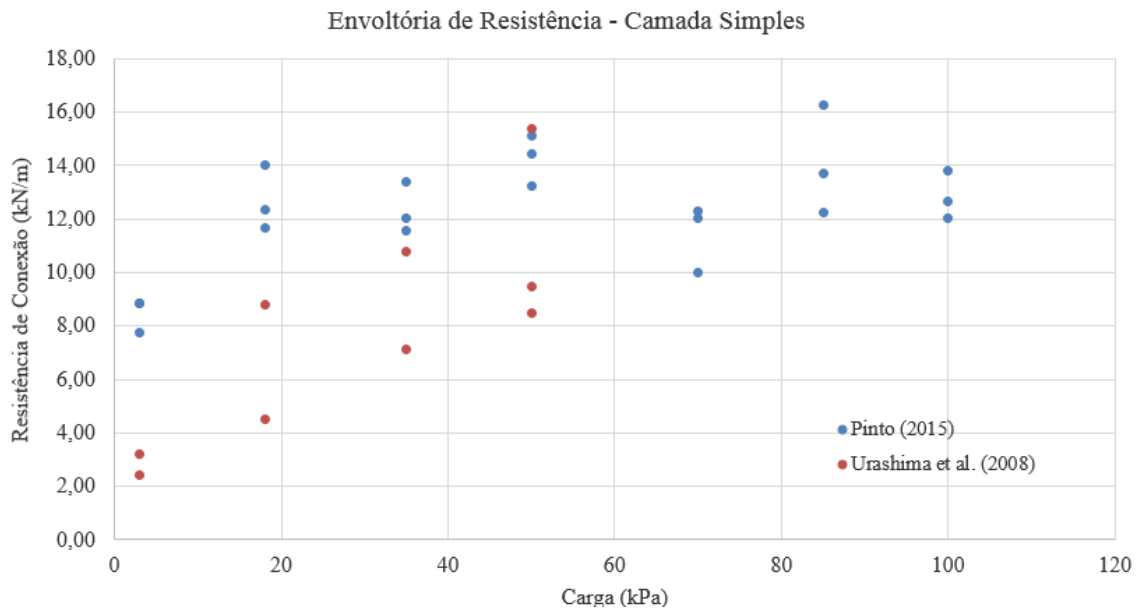
A Tabela 32 apresenta os materiais empregados por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) e no presente trabalho (2015) para a realização da primeira análise comparativa.

Tabela 32 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da primeira análise comparativa

| | Urashima et al. (2008) | Pinto (2015) |
|---------------------------|------------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 35/20x20 | FORTRAC® M 35/20x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | L | MW |
| Material de Preenchimento | Vazio | Brita 1 |

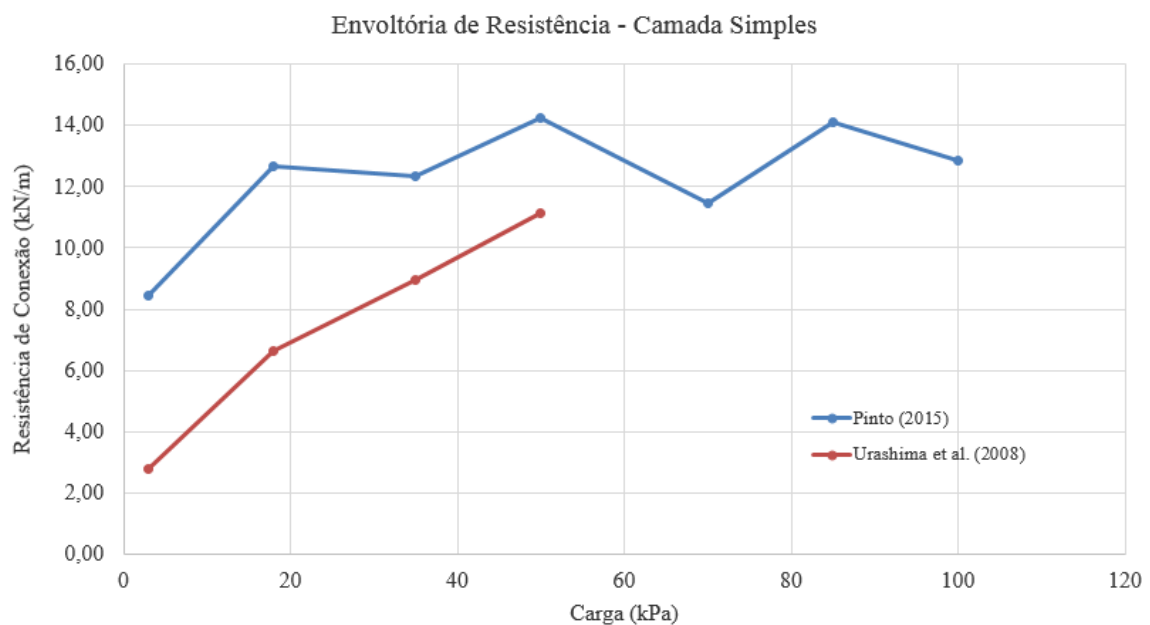
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 51 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2008 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 52 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2008 e 2015 para a primeira análise comparativa.



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

É possível concluir pela figura 52 que a combinação entre a geogrelha modelo FORTRAC® 35/20x20 (camada simples) de poliéster (PET), o bloco modelo L de face reta e a ausência de material de preenchimento das células dos blocos adotada por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) apresentou menor resistência de conexão que a combinação escolhida no presente trabalho (2015) entre a geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20x20 (camada simples) de álcool de polivinila, bloco modelo MW e brita 1 como material de preenchimento das células dos blocos.

Uma das possíveis explicações para esta perda de resistência pela combinação adotada por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) se dá pelo abandono do uso de um material de preenchimento das células dos blocos. Como a interação da geogrelha com o meio circundante ocorre basicamente devido ao atrito e a adesão de interface dos elementos transversais e longitudinais e pelo material alojado frente aos elementos transversais, esta última parcela deixou de existir.

6.2.3 Segunda análise comparativa

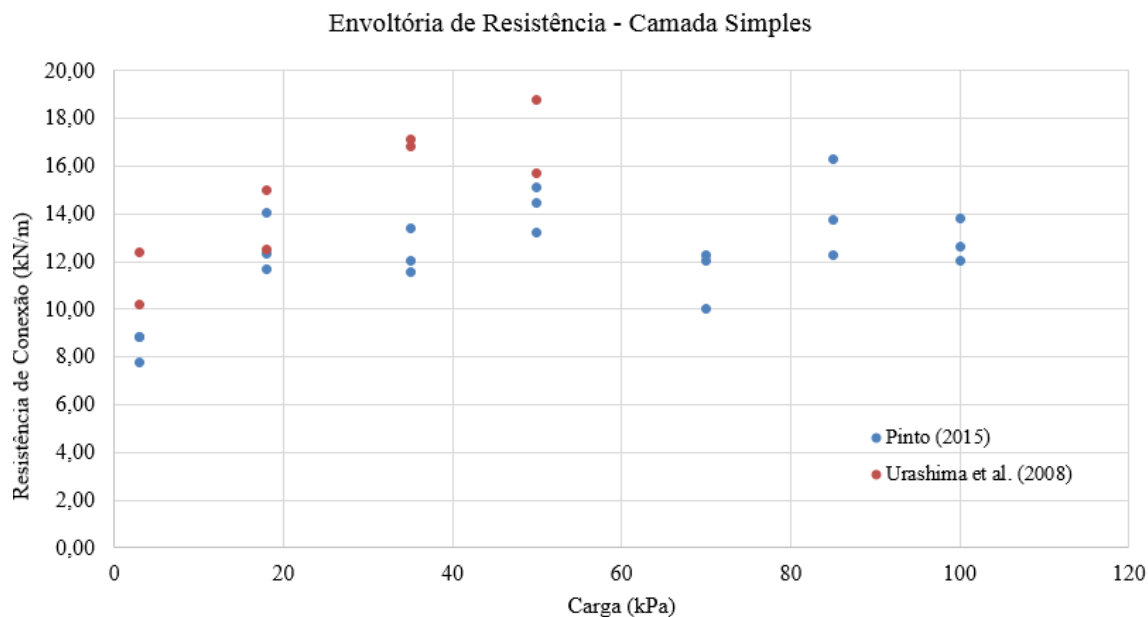
A Tabela 33 apresenta os materiais empregados por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) e no presente trabalho (2015) para a realização da segunda análise comparativa.

Tabela 33 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da segunda análise comparativa

| | Urashima et al. (2008) | Pinto (2015) |
|---------------------------|------------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 35/20x20 | FORTRAC® M 35/20x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | L | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

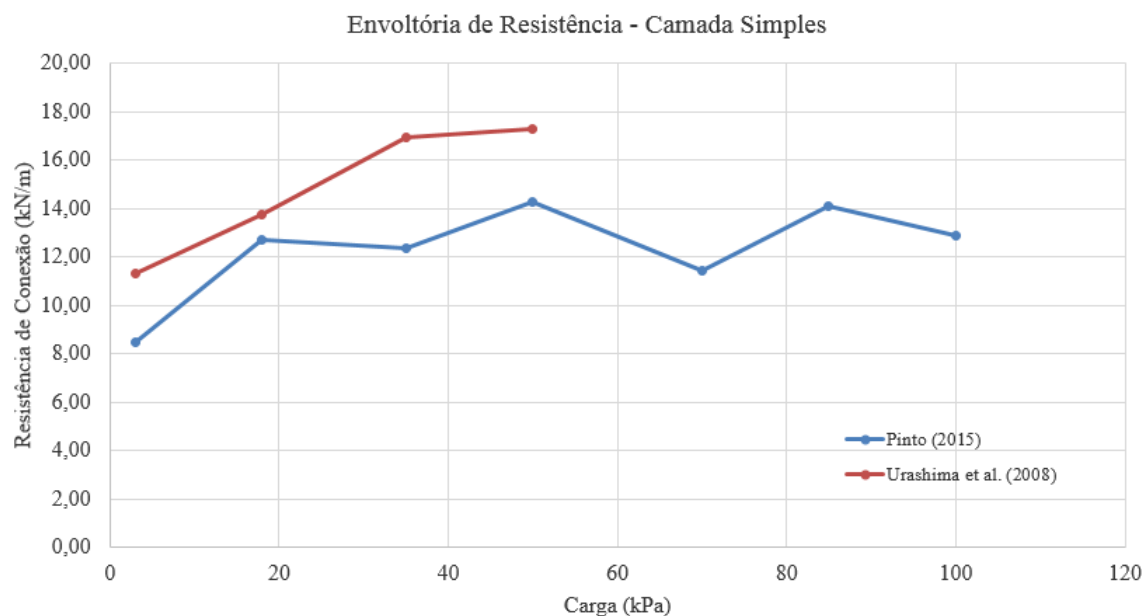
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 53 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2008 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 54 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2008 e 2015 para a segunda análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Fica evidente pela figura 54 que a combinação entre a geogrelha modelo FORTRAC® 35/20x20 (camada simples) de poliéster (PET), o bloco modelo L de face reta e brita 1 como material de preenchimento das células dos blocos adotada por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) apresentou maior resistência de conexão que a combinação escolhida no presente trabalho (2015) entre a geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20x20 (camada simples) de álcool de polivinila (PVA), bloco modelo MW e brita 1 como material de preenchimento das células dos blocos.

Esta segunda análise comparativa corrobora o que foi dito na primeira análise. A resistência oferecida pelo material de preenchimento alojado (Brita 1) frente aos elementos transversais garantiu a combinação adotada por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) uma melhoria média de 140 % na resistência de conexão.

6.2.4 Terceira análise comparativa

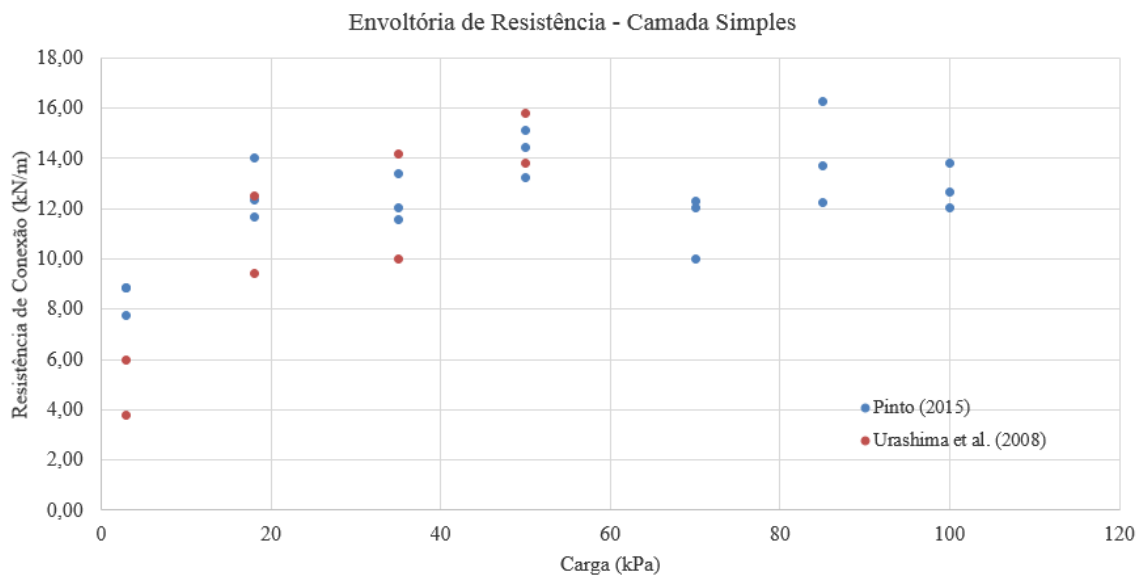
A Tabela 34 apresenta os materiais empregados por Urashima et al. (2008) e no presente trabalho (2015) para a realização da terceira análise comparativa.

Tabela 34 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2006 e 2015 para a realização da terceira análise comparativa

| | Urashima et al. (2008) | Pinto (2015) |
|---------------------------|------------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® 35/20x20 | FORTRAC® M 35/20x20 |
| Tipo de Polímero | Poliéster | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | L | MW |
| Material de Preenchimento | Pedrisco | Brita 1 |

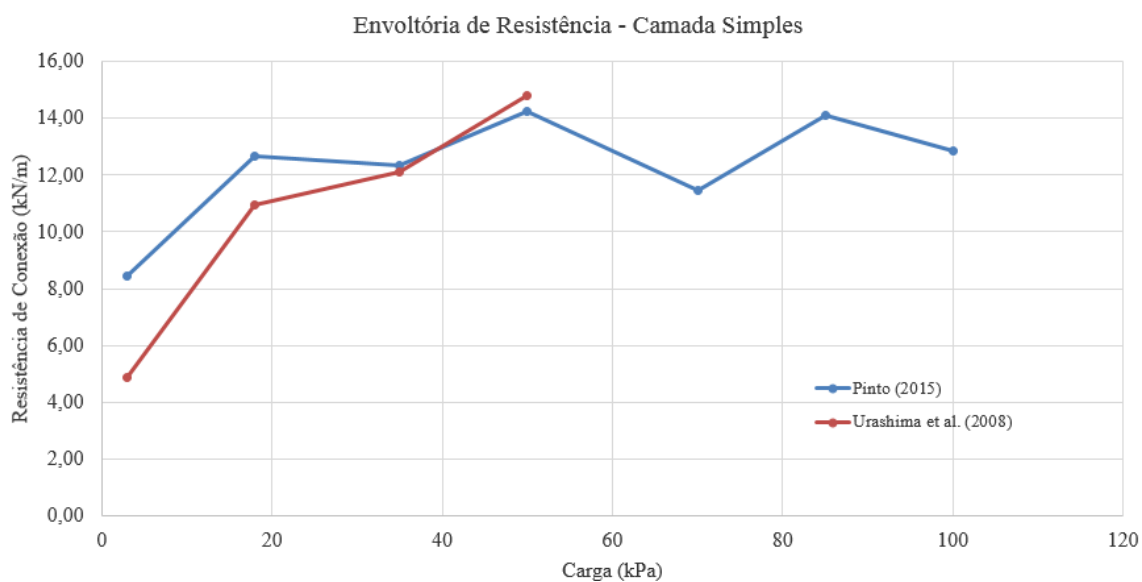
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 55 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2008 e 2015 para a terceira análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 56 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2008 e 2015 para a terceira análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

É possível concluir pela figura 56 que a combinação entre a geogrelha modelo FORTRAC® 35/20x20 (camada simples) de poliéster (PET), o bloco modelo L de face reta e pedrisco como material de preenchimento das células dos blocos adotada por Urashima, Chaga e Ruiz (2008) apresentou resistência de conexão menor que a combinação escolhida no presente trabalho (2015) entre a geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20x20 (camada simples) de álcool de polivinila, bloco modelo MW e brita 1 como material de preenchimento das células dos blocos.

Pode-se concluir pela terceira análise comparativa que a redução da partícula do material de preenchimento de Brita 1 para Pedrisco, acarretou uma redução de 29,9 % na resistência de conexão.

6.3 ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO COM OS OBTIDOS POR ALMEIDA E TOMA (2011)

Neste tópico, será realizado uma análise comparativa entre os resultados do presente trabalho (2015) com os obtidos por Almeida e Toma (2011).

6.3.1 Considerações iniciais

As tabelas 35, 36, 37 e 38 comparam os materiais que foram empregados nos ensaios realizados por Almeida e Toma (2011) com os utilizados no presente trabalho (2015).

As figuras 57, 59, 61 e 63 apresentam a resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema. Já as figuras 58, 60, 62 e 64 apresentam a média das resistências de conexão máximas registradas para cada pressão de confinamento do sistema e a envoltória de resistência definida pela união desses pontos por meio de retas.

Fica demonstrado através da figura 19 mostra o bloco de concreto modelo MW da empresa Muros Terrae® empregados nos ensaios realizados por Almeida e Toma (2011) e no presente trabalho (2015). Já pela tabela 8 é possível observar a especificação técnica do bloco modelo MW.

Nos ensaios realizados por Almeida e Toma (2011) existia uma peculiaridade em relação a disposição dos blocos chamadas de configuração 12 e 21. Abaixo, segue uma breve explicação dos autores:

“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.” (ALMEIDA; TOMA, 2011).

6.3.2 Primeira análise comparativa

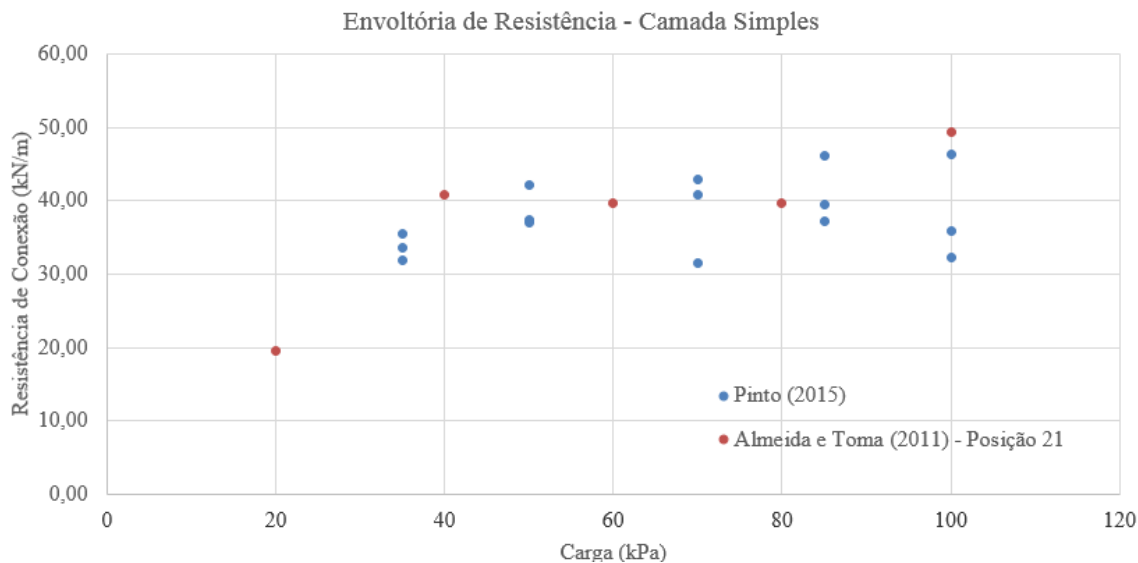
A Tabela 35 apresenta os materiais empregados por Almeida e Toma (2011) e no presente trabalho (2015) para a realização da primeira análise comparativa.

Tabela 35 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2011 e 2015 para a realização da primeira análise comparativa

| | Almeida e Toma (2011) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® M 110/30x20 | FORTRAC® M 110/30x20 |
| Tipo de Polímero | Álcool de Polivinila | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | MW | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

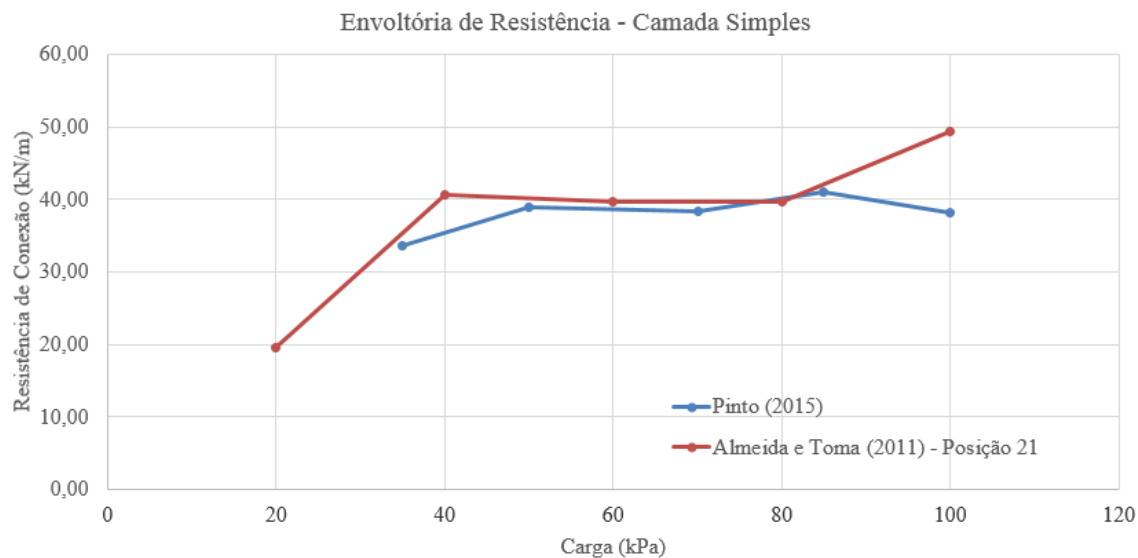
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 57 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2011 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 58 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2011 e 2015 para a primeira análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Através da análise da figura 58, é possível concluir que a combinação escolhida por Almeida e Toma (2011), ou seja, a geogrelha (camada simples) modelo FORTRAC® M 110/30x20 de álcool de polivinila (PVA), o bloco modelo MW e a brita

1 como material de preenchimento, seguindo a disposição 21, ofereceu uma resistência de conexão muito próxima da combinação escolhida no presente trabalho (2015).

6.3.3 Segunda análise comparativa

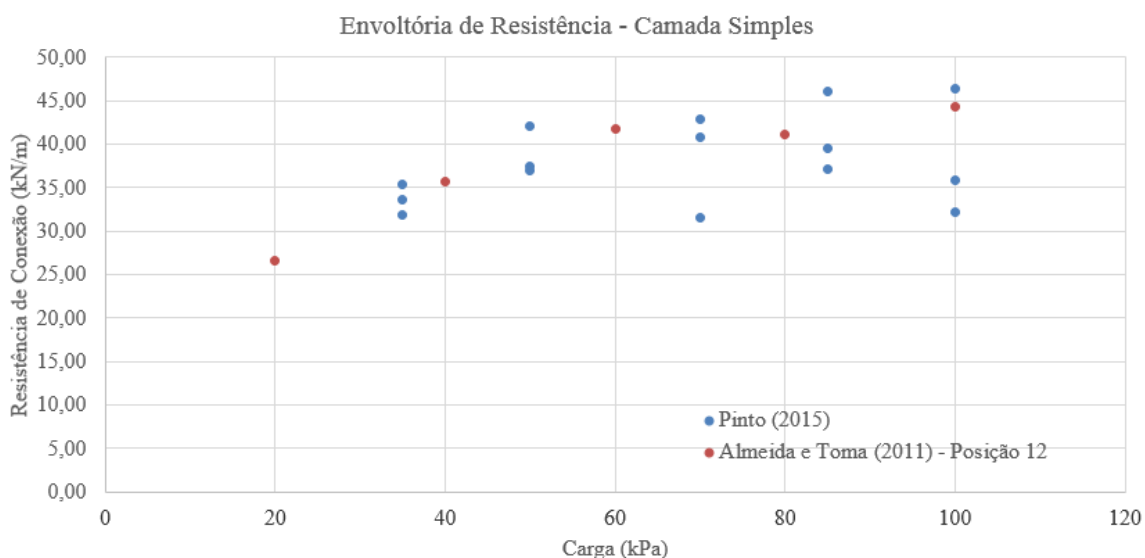
A Tabela 36 apresenta os materiais empregados por Almeida e Toma (2011) e no presente trabalho (2015) para a realização da segunda análise comparativa.

Tabela 36 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2011 e 2015 para a realização da segunda análise comparativa

| | Almeida e Toma (2011) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® M 110/30x20 | FORTRAC® M 110/30x20 |
| Tipo de Polímero | Álcool de Polivinila | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Simples | Camada Simples |
| Modelo de Bloco | MW | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

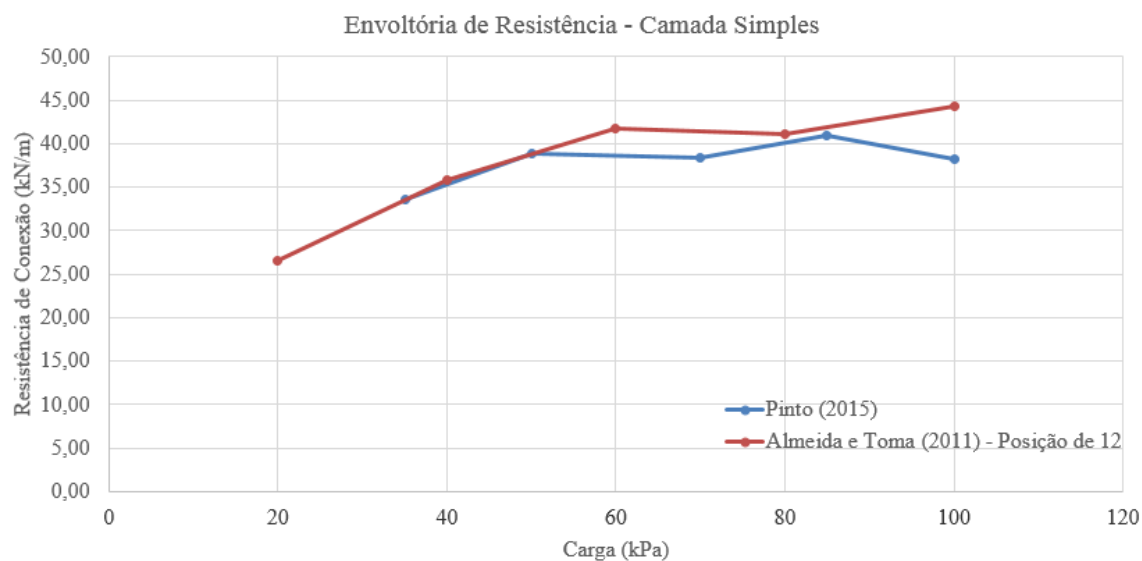
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 59- Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2011 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 60 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2011 e 2015 para a segunda análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Através da análise da figura 60, é possível concluir que a combinação escolhida por Almeida e Toma (2011), ou seja, a geogrelha (camada simples) modelo FORTRAC® M 110/30x20 de álcool de polivinila (PVA), o bloco modelo MW e a brita 1 como material de preenchimento, seguindo a disposição 12, ofereceu uma resistência de conexão muito próxima a combinação escolhida no presente trabalho (2015). Sendo assim, pode-se concluir pela primeira análise e a segunda análise comparativa que a diferença entre as resistências obtidas nos dois conjuntos de ensaios, não foi significativa. Portanto, tanto a disposição 12 e 21 dos blocos, pouco impactam na resistência de conexão final do conjunto.

6.3.4 Terceira análise comparativa

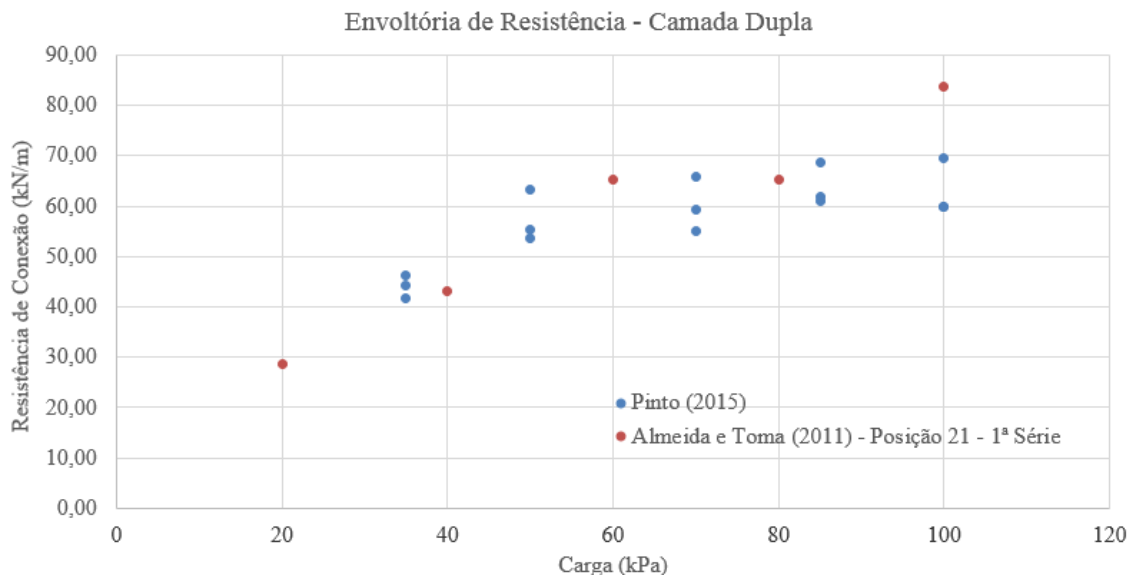
A Tabela 37 apresenta os materiais empregados por Almeida e Toma (2011) e no presente trabalho (2015) para a realização da terceira análise comparativa.

Tabela 37 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2011 e 2015 para a realização da terceira análise comparativa

| | Almeida e Toma (2011) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® M 110/30x20 | FORTRAC® M 110/30x20 |
| Tipo de Polímero | Álcool de Polivinila | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Dupla | Camada Dupla |
| Modelo de Bloco | MW | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

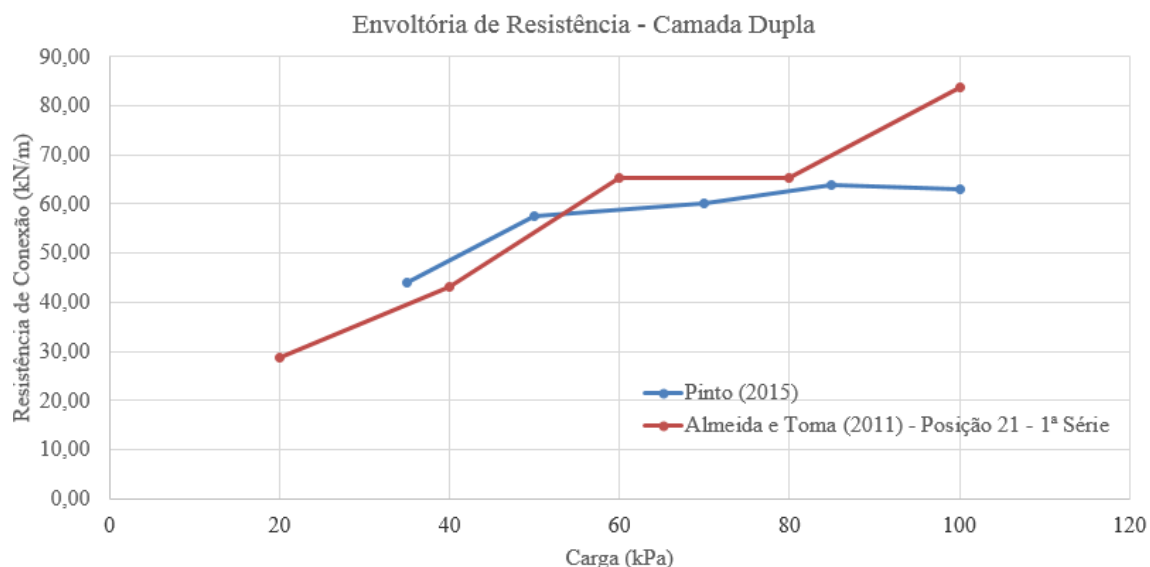
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 61 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2011 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 62 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2011 e 2015 para a terceira análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Através da análise da figura 62, é possível concluir que a combinação escolhida por Almeida e Toma (2011), ou seja, a geogrelha (camada dupla) modelo FORTRAC® M 110/30x20 de álcool de polivinila (PVA), o bloco modelo MW e a brita 1 como material de preenchimento, seguindo a disposição 21, ofereceu uma resistência de muito próxima a combinação escolhida no presente trabalho (2015).

6.3.5 Quarta análise comparativa

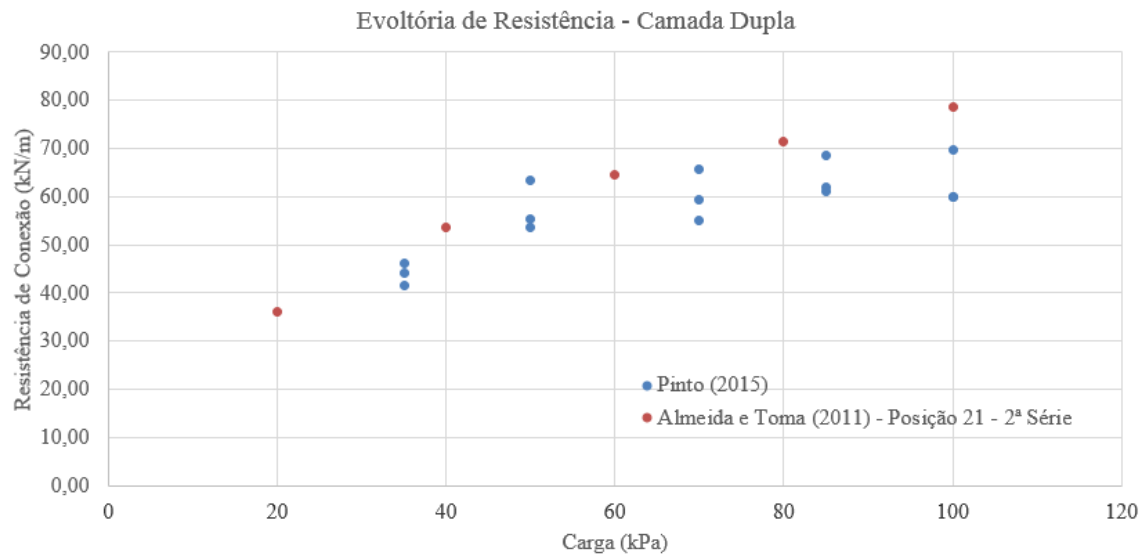
A Tabela 38 apresenta os materiais empregados por Almeida e Toma (2011) e no presente trabalho (2015) para a realização da quarta análise comparativa.

Tabela 38 - Comparação entre os materiais empregados nos ensaios realizados em 2011 e 2015 para a realização da quarta análise comparativa

| | Almeida e Toma (2011) | Pinto (2015) |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| Modelo de Geogrelha | FORTRAC® M 110/30x20 | FORTRAC® M 110/30x20 |
| Tipo de Polímero | Álcool de Polivinila | Álcool de Polivinila |
| Tipo de Conexão | Camada Dupla | Camada Dupla |
| Modelo de Bloco | MW | MW |
| Material de Preenchimento | Brita 1 | Brita 1 |

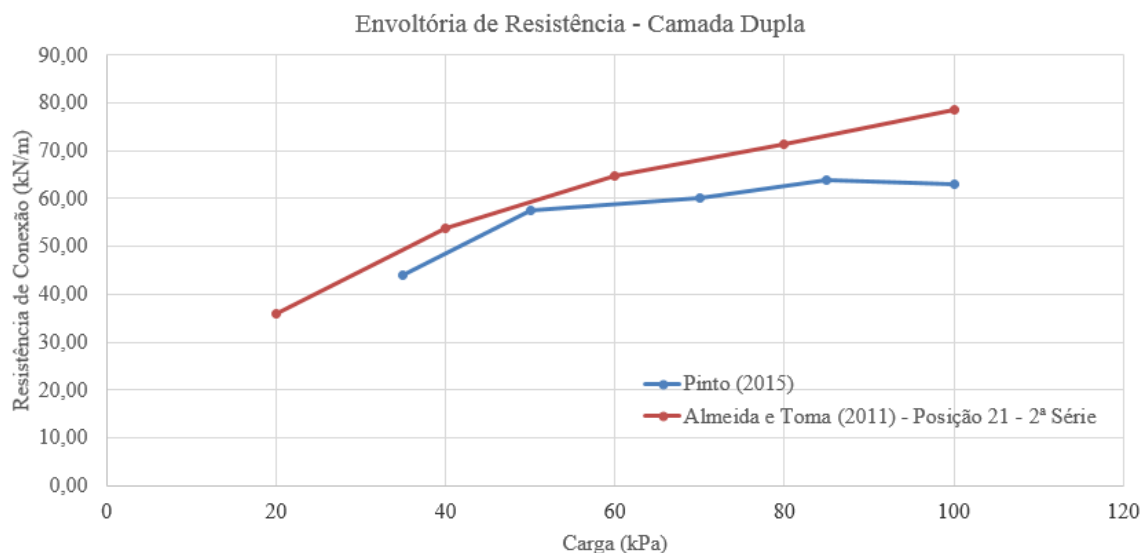
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 63 - Resistência de conexão máxima registrada em cada ensaio para as diferentes pressões de confinamento do sistema nos ensaios realizados em 2011 e 2015



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 64 - Envoltórias de resistência para os ensaios realizados em 2011 e 2015 para a quarta análise comparativa



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Através da análise da figura 64, é possível concluir que a combinação entre a geogrelha (camada dupla) modelo FORTRAC® M 110/30x20 de álcool de polivinila (PVA), o bloco modelo MW e a brita 1 como material de preenchimento, seguindo a

disposição 21, escolhida por Almeida e Toma (2011), ofereceu uma resistência de conexão superior a combinação escolhida no presente trabalho (2015).

7 TABELA DOS RESULTADOS FINAIS

Através da tabela 39, é possível obter a média das resistências de conexão máximas registradas para cada pressão de confinamento do sistema para os diferentes conjuntos entre blocos, geogrelhas e materiais de preenchimento ensaiados no presente estudo bem como por Guimarães (2006), Urashima et al. (2008) e Almeida e Toma (2011).

Tabela 39 - Resistência de conexão para os conjuntos estudados no presente trabalho (2015) bem como por Guimarães (2006), Urashima et al. (2008) e Almeida e Toma (2011)

| GEOGRELHA | TIPO DE POLÍMERO | MODELO DO BLOCO | MATERIAL DE PREENCHIMENTO | TIPO DE CONEXÃO | UNID. | TENSÕES CONFINANTES (kPa) | | | | | |
|----------------------|----------------------------|------------------|---------------------------|-----------------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | 3 | 18 | 20 | 35 | 40 | 50 |
| FORTRAC® M 35/20x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | 8,47 | 12,68 | - | 12,35 | - | 14,26 |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | 20,33 | - | 20,04 |
| FORTRAC® M 55/30x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | 11,51 | 16,34 | - | 18,24 | - | 20,69 |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | 35,40 | - | 32,59 |
| FORTRAC® M 80/30x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | 12,81 | 23,05 | - | 26,45 | - | 31,90 |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | 43,10 | - | 50,57 |
| FORTRAC® M 110/30x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | - | 23,10 | 33,64 | 38,25 | 38,83 |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | 32,38 | 43,97 | 48,42 | 43,97 |
| FORTRAC® 55/30x20 | Poliéster (PET) | W | BRITA 1 | Simples | kN/m | 3,25 | 22,95 | - | 23,95 | - | 29,15 |
| | | | | Dupla | kN/m | 6,25 | 25,00 | - | 31,00 | - | 42,75 |
| FORTRAC® 80/30x20 | Poliéster (PET) | W | BRITA 1 | Simples | kN/m | 4,93 | 22,75 | - | 26,05 | - | 23,10 |
| | | | | Dupla | kN/m | 3,15 | 17,50 | - | 26,00 | - | 34,80 |
| FORTRAC® 110/30x20 | Poliéster (PET) | W | BRITA 1 | Simples | kN/m | 4,35 | 25,50 | - | 41,00 | - | 49,00 |
| | | | | Dupla | kN/m | 6,25 | 25,00 | - | 31,00 | - | 42,75 |
| FORTRAC® 35/20x20 | Poliéster (PET) | "L" de face reta | VAZIO | Simples | kN/m | 2,80 | 6,65 | - | 8,95 | - | 11,13 |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | - | - | - |
| FORTRAC® 35/20x20 | Poliéster (PET) | "L" de face reta | BRITA 1 | Simples | kN/m | 11,30 | 13,75 | - | 16,95 | - | 17,25 |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | - | - | - |
| FORTRAC® 35/20x20 | Poliéster (PET) | "L" de face reta | PEDRISCO | Simples | kN/m | 4,90 | 10,95 | - | 12,10 | - | 14,80 |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | - | - | - |
| GEOGRELHA | TIPO DE POLÍMERO | MODELO DO BLOCO | MATERIAL DE PREENCHIMENTO | TIPO DE CONEXÃO | UNID. | TENSÕES CONFINANTES (kPa) | | | | | |
| | | | | | | 60 | 70 | 80 | 85 | 100 | |
| FORTRAC® M 35/20x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | 11,45 | - | 14,09 | 12,85 | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | 20,66 | - | 21,74 | 22,62 | |
| FORTRAC® M 55/30x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | 20,56 | - | 20,17 | 22,36 | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | 32,98 | - | 31,19 | 33,70 | |
| FORTRAC® M 80/30x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | 28,14 | - | 32,39 | 34,52 | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | 48,61 | - | 52,01 | 54,00 | |
| FORTRAC® M 110/30x20 | Álcool de Polivinila (PVA) | MW | BRITA 1 | Simples | kN/m | 40,76 | 38,38 | 40,41 | 40,93 | 38,15 | |
| | | | | Dupla | kN/m | 65,00 | 60,08 | 68,44 | 63,87 | 63,09 | |
| FORTRAC® 55/30x20 | Poliéster (PET) | W | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | 28,35 | - | 29,90 | 31,50 | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | 47,75 | - | 62,50 | 62,50 | |
| FORTRAC® 80/30x20 | Poliéster (PET) | W | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | 41,40 | - | 37,20 | 45,17 | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | 34,50 | - | 45,00 | 57,67 | |
| FORTRAC® 110/30x20 | Poliéster (PET) | W | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | 55,00 | - | 53,00 | 58,00 | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | 47,75 | - | 62,50 | 62,50 | |
| FORTRAC® 35/20x20 | Poliéster (PET) | "L" de face reta | VAZIO | Simples | kN/m | - | - | - | - | - | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | - | - | |
| FORTRAC® 35/20x20 | Poliéster (PET) | "L" de face reta | BRITA 1 | Simples | kN/m | - | - | - | - | - | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | - | - | |
| FORTRAC® 35/20x20 | Poliéster (PET) | "L" de face reta | PEDRISCO | Simples | kN/m | - | - | - | - | - | |
| | | | | Dupla | kN/m | - | - | - | - | - | |

Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

8 CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios realizados no Departamento de Engenharia Civil da UNESP - FEG foram considerados satisfatórios pois foi possível determinar as envoltórias de resistência das geogrelhas modelos Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20 da empresa HUESKER Synthetic GmbH utilizando o bloco segmental modelo MW da empresa Muros Terrae® e Brita 1 como material de preenchimento. Com relação a análise do ganho médio percentual de resistência de conexão quando se é aplicado a geogrelha em camada dupla ao invés de camada simples, foram obtidos os ganhos médios percentuais de 63,20%, 63,47%, 62,23% e 51,34% para as geogrelhas modelo Fortrac® M 35/20x20, Fortrac® M 55/30x20, Fortrac® M 80/30x20 e Fortrac® M 110/30x20, respectivamente.

Com o estudo comparativo realizado no item 6.1 pode-se concluir que o conjunto entre a geogrelha de PET (Poliéster) e o bloco segmental modelo M empregados na pesquisa desenvolvida por Guimarães (2006), apresentou maior resistência de conexão que o conjunto entre a geogrelha de PVA (Álcool de Polivinila) e o bloco segmental MW empregados no presente trabalho (2015) em 4 das 6 análises desenvolvidas. Entretanto, houve uma inversão nas envoltórias de resistência das geogrelhas modelo FORTRAC® 80/30x20 e FORTRAC® 110/30x20, onde o conjunto entre as geogrelhas de álcool de polivinila (PVA) e o bloco modular MW preenchido com brita 1, apresentou maior resistência de conexão que o conjunto entre as geogrelhas de poliéster (PET) e o bloco modular M preenchido com brita 1.

Pela análise realizada no item 6.2 entre os resultados do presente trabalho com os de Urashima, Chagas e Ruiz (2008), conclui-se que o material de preenchimento, bem como a compactação deste, exerce grande influência na resistência de conexão final do sistema. Foi possível chegar a esta conclusão analisando os materiais de preenchimento utilizados por Urashima, Chagas e Ruiz (2008) que variaram entre o “vazio”, ou seja, a não utilização de material de preenchimento, o pedrisco e a brita 1.

Fazendo-se uma análise comparativa entre os itens 6.2.2 e 6.2.3, conclui-se que a utilização da “brita 1” como material de preenchimento em detrimento da não utilização

deste (“vazio”) assegurou um ganho médio percentual de resistência de conexão ao conjunto ensaiado por Urashima, Chagas e Ruiz (2008) de 140%, sendo que este ganho foi suficiente para superar a resistência de conexão oferecida pelo conjunto utilizado no presente estudo.

Fazendo-se uma análise comparativa entre os itens 6.2.3 e 6.2.4, conclui-se que com a diminuição da granulometria do material de preenchimento de brita 1 para pedrisco acarretou em uma redução média na resistência de conexão do conjunto ensaiado por Urashima et al. (2008) de 29,9%. Sendo assim, pela análise comparativa entre os itens 6.2.3 e 6.2.4, conclui-se que é necessário assegurar a integridade física e conhecer a granulometria do material de preenchimento para garantir que a parcela da resistência de conexão exercida por este seja maximizada.

A análise desenvolvida no item 6.3 teve como objetivo verificar a dispersão dos resultados obtidos por Almeida e Toma (2011) em relação aos do presente trabalho visto que os materiais empregados em ambas as pesquisas foram os mesmos. A conclusão foi que os resultados das duas pesquisas apresentaram-se suficientemente próximos podendo ser considerados complementares.

Por fim, através da tabela 39 do item 7, foi possível compilar as médias das resistências de conexão máximas registradas para cada pressão de confinamento do sistema para os diferentes conjuntos entre blocos, geogrelhas e materiais de preenchimento ensaiados no presente estudo bem como por Guimarães (2006), Urashima et al. (2008) e Almeida e Toma (2011).

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12553: Geotêxteis – Terminologia. Rio de Janeiro, 1991.

ALMEIDA, Alexandre A. F. e TOMA, Bruno H. “Análise Experimental da Conexão entre Blocos Segmentais e Geogrelhas de PVA”. Novembro de 2011. 105 páginas. Trabalho de Graduação – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, ASTM D-6638-01: Standard Test method for Determining Connection Strength Between Geosynthetic Reinforcement and Segmental Concrete Units (Modular Concrete Blocks). West Conshohocken. 2001.

BECKER, L e EHRLICH, M. Muros e Taludes de Solo Reforçados: projetos e execução. Oficina de Textos (Coleção Huesker: Engenharia com Geossintéticos). São Paulo, 2009.

BENJAMIN, C. V. S. Avaliação experimental de protótipos de estruturas de contenção em solo reforçado com geotêxtil. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

BRUGGER, P. J., SILVA, A. E. F., RODRIGUES, V. J. e SARAMAGO, R. P. Muro em Solo Reforçado com Geogrelhas e Blocos Segmentais – Um caso de Obra com Altura de 13,5 m. IV COBRAE - 4ª Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas. Salvador. 2005.

BRUGGER, P. J. e MONTEZ, F. T. Muros de Contenção em Solo Reforçado com Geogrelha e Blocos Segmentais. Disponível em: < <http://www.coripa.com.ar/download.php?t=subseccion.php?id=26&fi=admin/articulos/717.pdf> > Acesso em: 4 de agosto de 2014.

GUIMARÃES, P. R. M. “Ensaio Laboratoriais Sobre Estudos de Conexão Blocos-Geogrelhas em Estruturas tipo Muros Segmentais”. Novembro de 2006. 138 páginas. Trabalho de Graduação – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

HUESKER. Catálogo de especificações técnicas. Disponível em: <<http://www.huesker.com.br/downloads/catalogos.html>> Acesso em: 8 de julho de 2014.

KAKUDA, F. M., Estudo de Ensaio de Arrancamento de Geogrelha com utilização de Equipamento Reduzido. 2003. 124p. Tese de Doutorado – Universidade do Estado de São Paulo, Faculdade de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

MILLIGAN, G. W. E.; PALMEIRA, E. M. Prediction of bond between soil and reinforcement. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PREDICTION AND PERFORMANCE ON GEOTEXTILE ENGINEERING, 1987, Calgary. Proceedings. Calgary, Canada, 1987.

MUROS TERRAE, Catálogo de especificações técnicas. Disponível em: <http://www.huesker.com.br/uploads/tx_itmdownload/System_Description-Muro-Terrae-catalogo_novo-BR.pdf> Acesso em: 3 de julho de 2014.

NCMA. Design Manual for Segmental Retaining Walls, 2nd Edition, Second Printing, National Concrete Masonry Association, Herndon, Virginia, 1997.

SARAMAGO, R. P. “Estudo da Influência da Compactação no Comportamento de Muros de Solo Reforçado Com a Utilização de Modelos Físicos”. Tese D.Sc. COPPE/UFRJ. 2002.

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

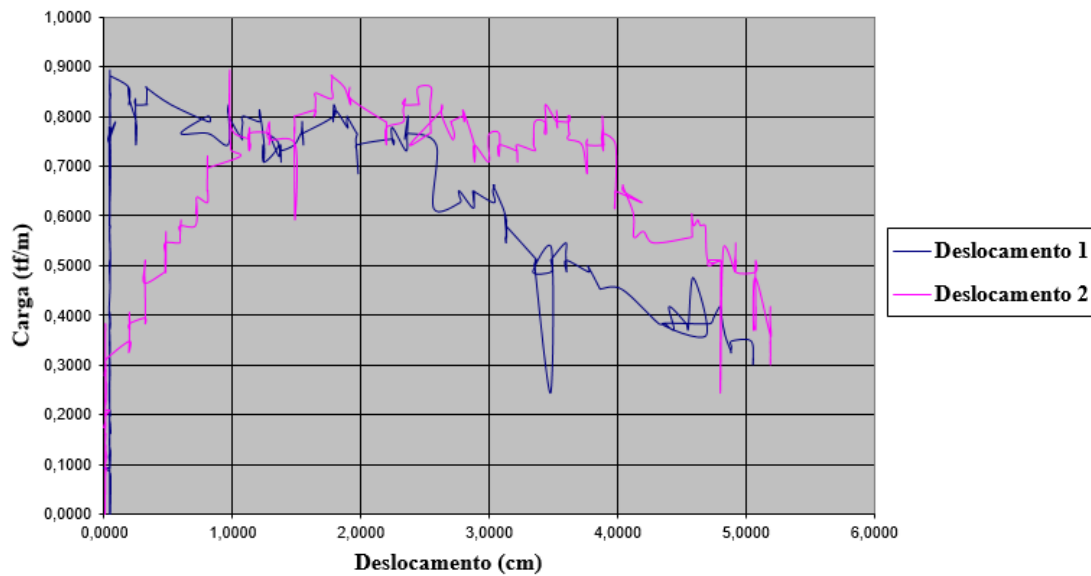
TEIXEIRA, S. H. C. Estudo da Interação Solo-Geogrelha em Testes de Arrancamento e sua aplicação na Análise e Dimensionamento de maciços Reforçados. 2003. 218p. Tese de Doutorado – Universidade do Estado de São Paulo, Faculdade de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

URASHIMA, D. C.; CHAGAS, F. M.; RUIZ, T. B. “Ensaio para Determinação da Resistência de Conexão bloco-Geogrelha para Estruturas de Contenção”. Março de 2008. 36 páginas. Relatório Husker Ltda.

VERTEMATTI, J. C., Manual Brasileiro de Geossintéticos. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. 413p.

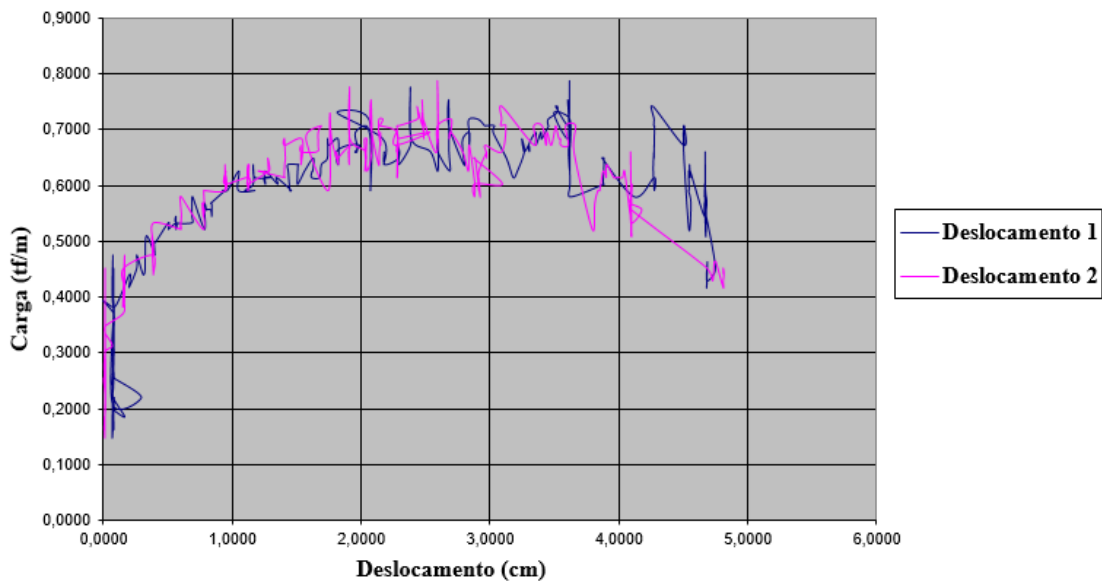
ANEXO A - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20-20 com camada simples e dupla

Figura 65 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



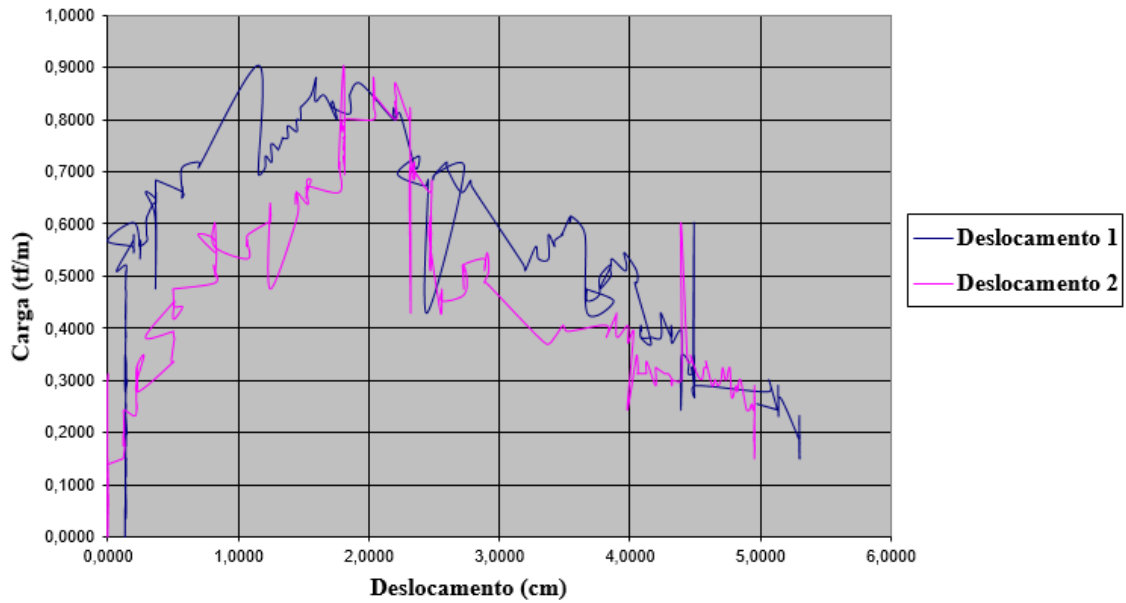
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 66 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



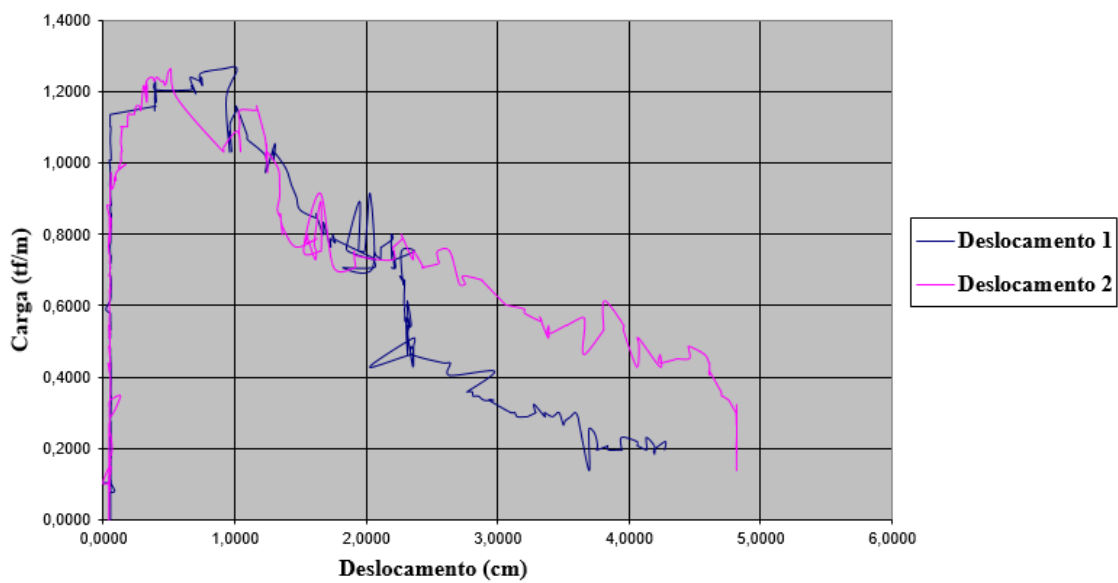
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 67 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



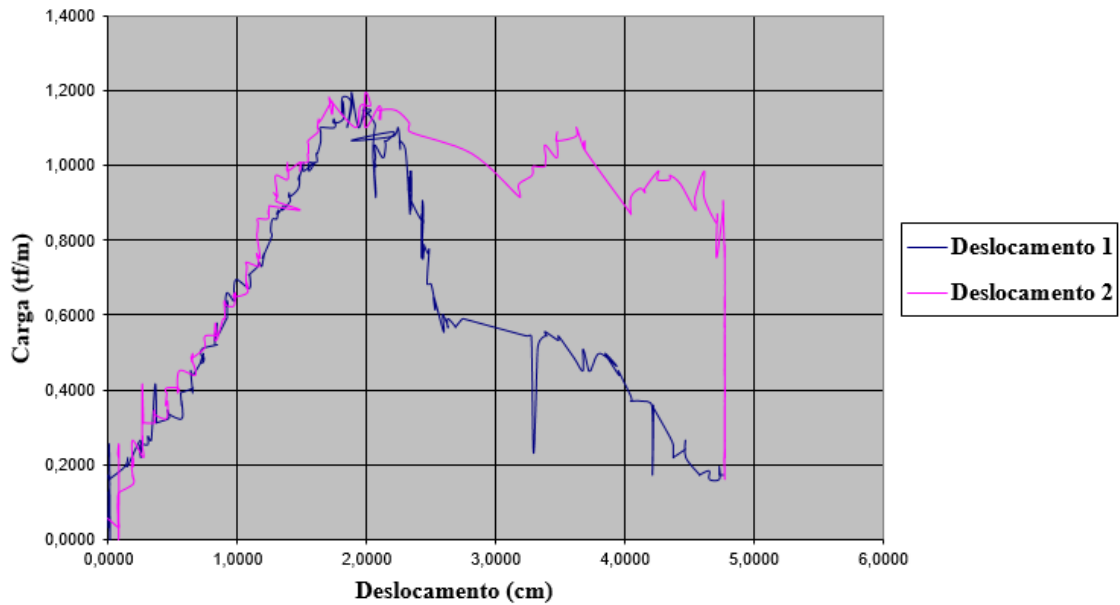
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 68 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



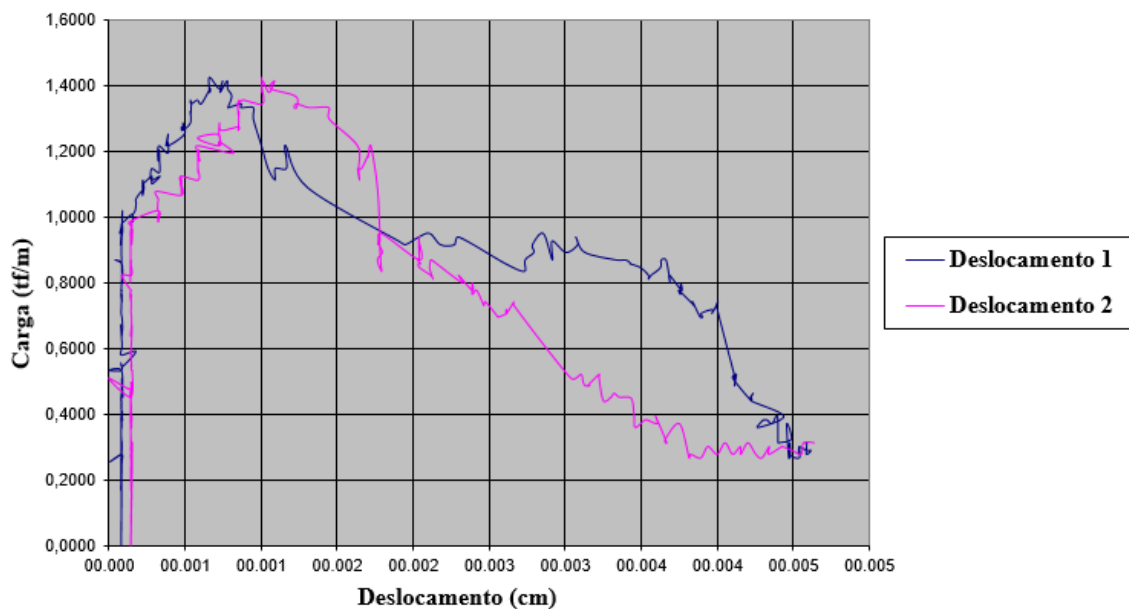
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 69 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



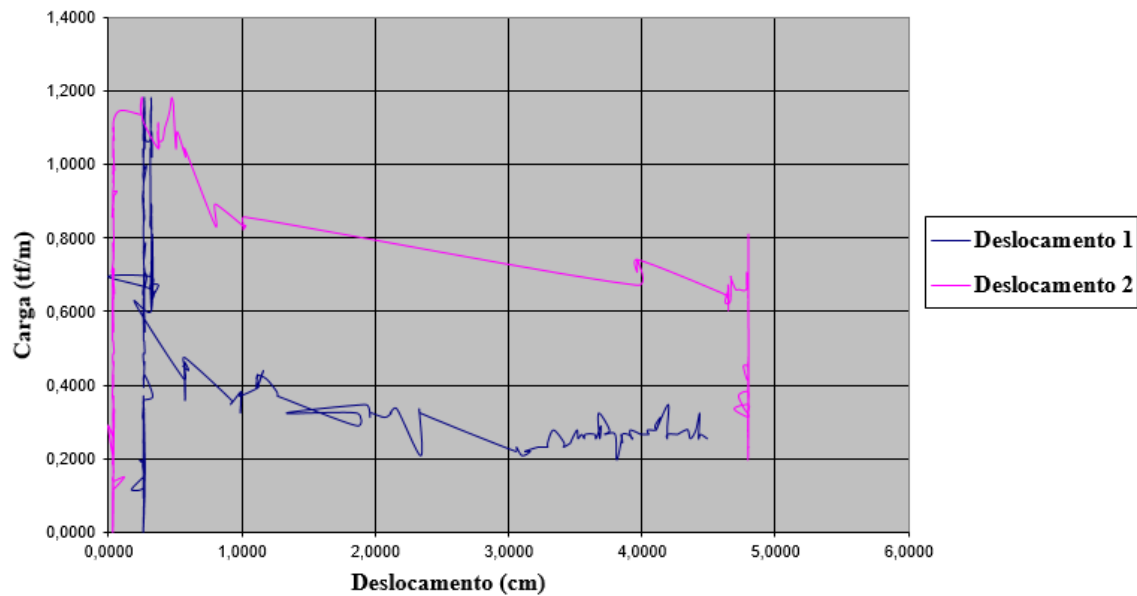
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 70 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



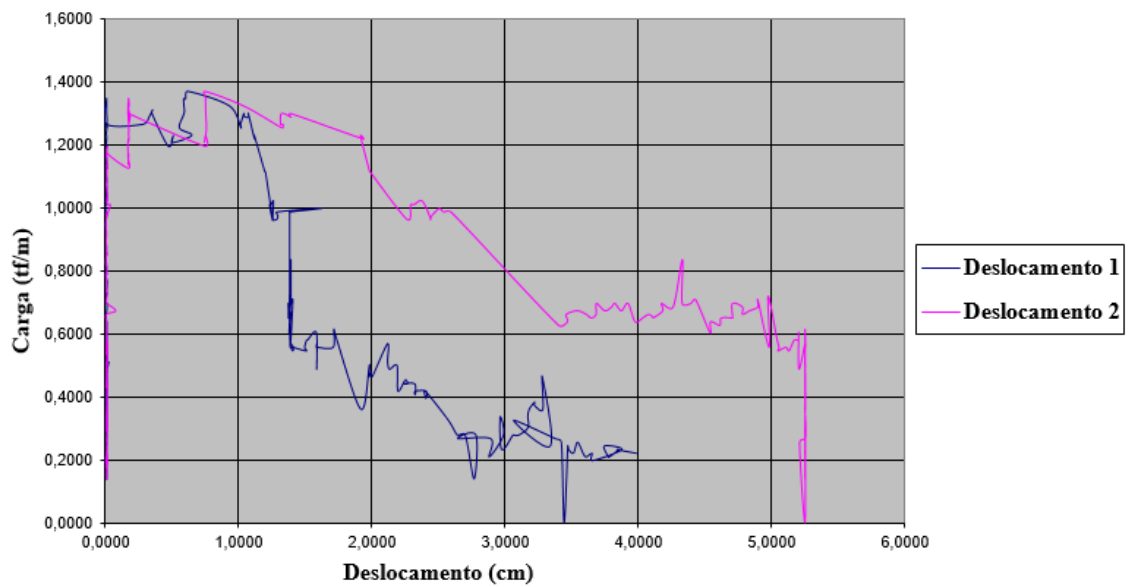
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 71 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



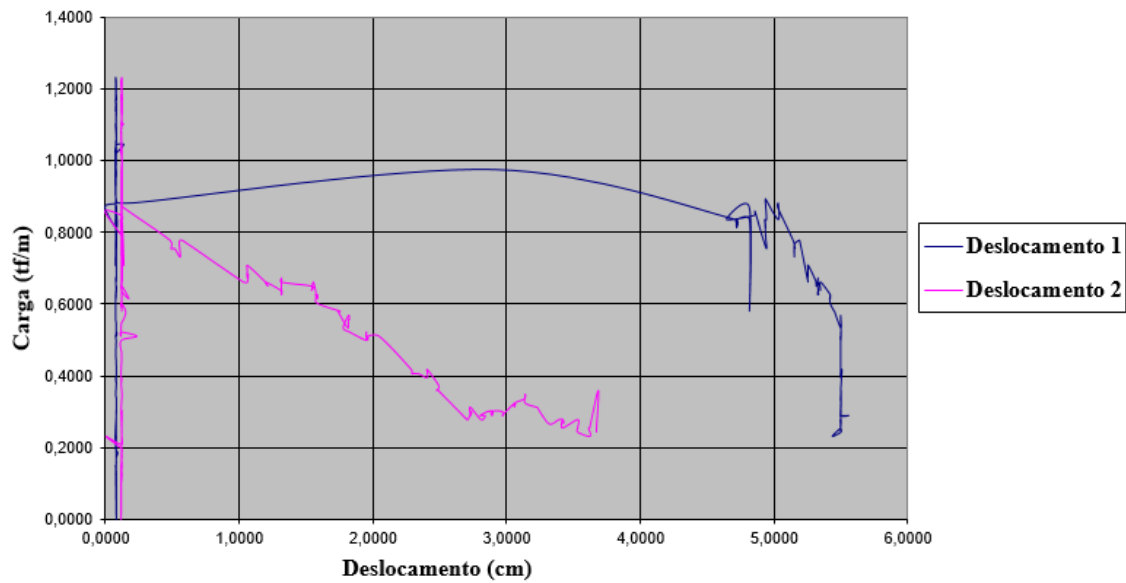
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 72 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



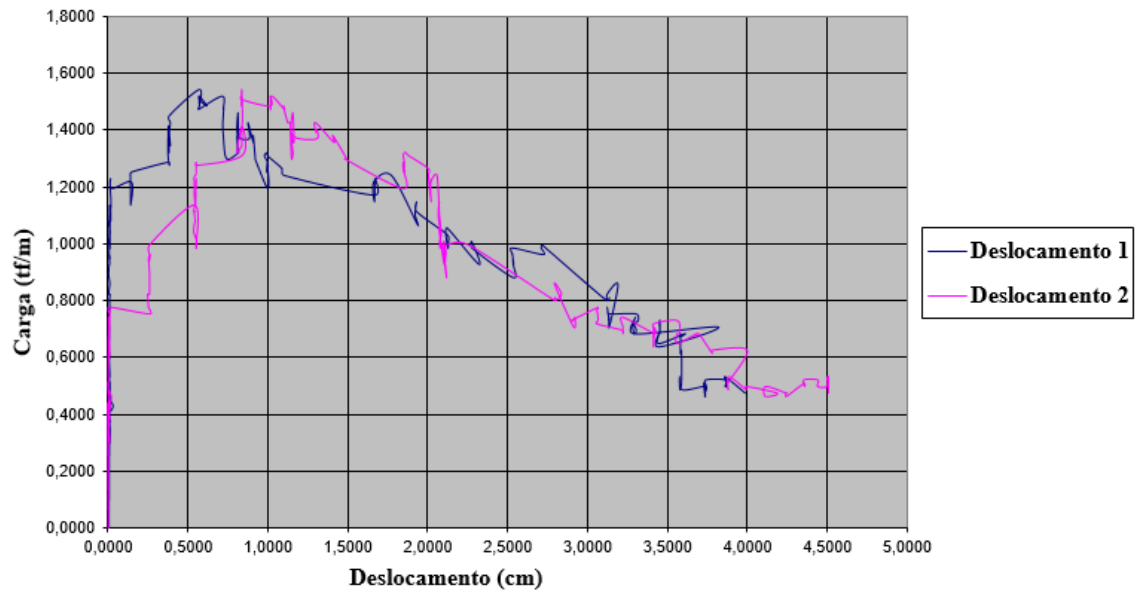
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 73 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



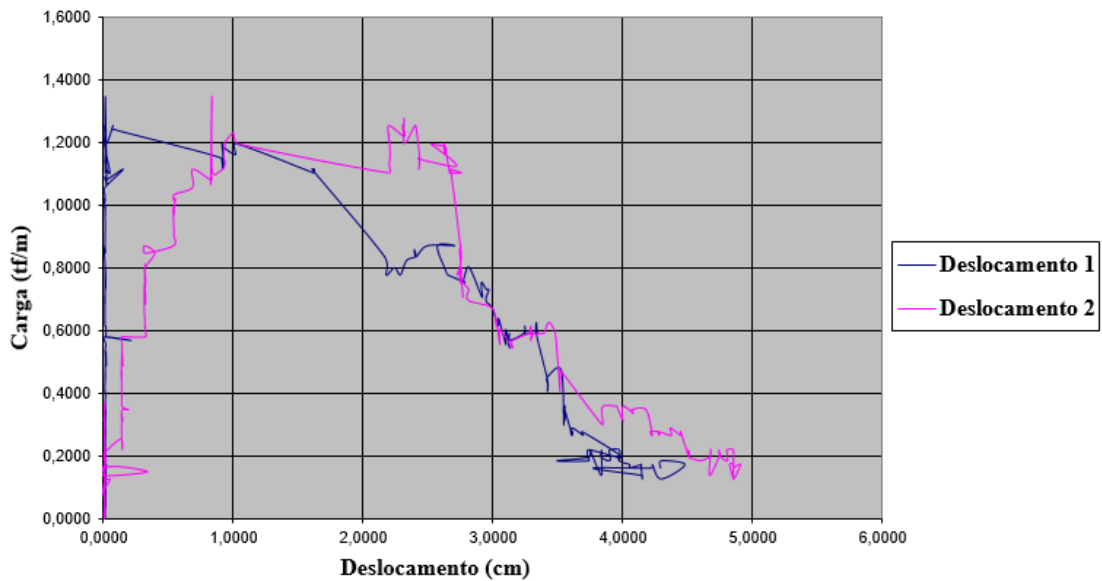
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 74 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



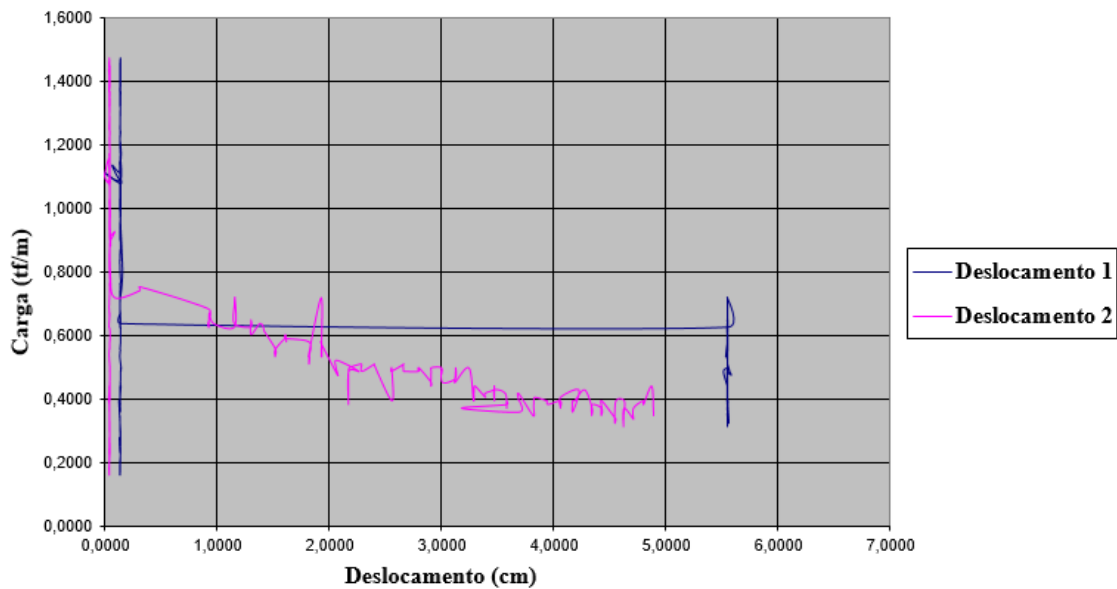
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 75 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



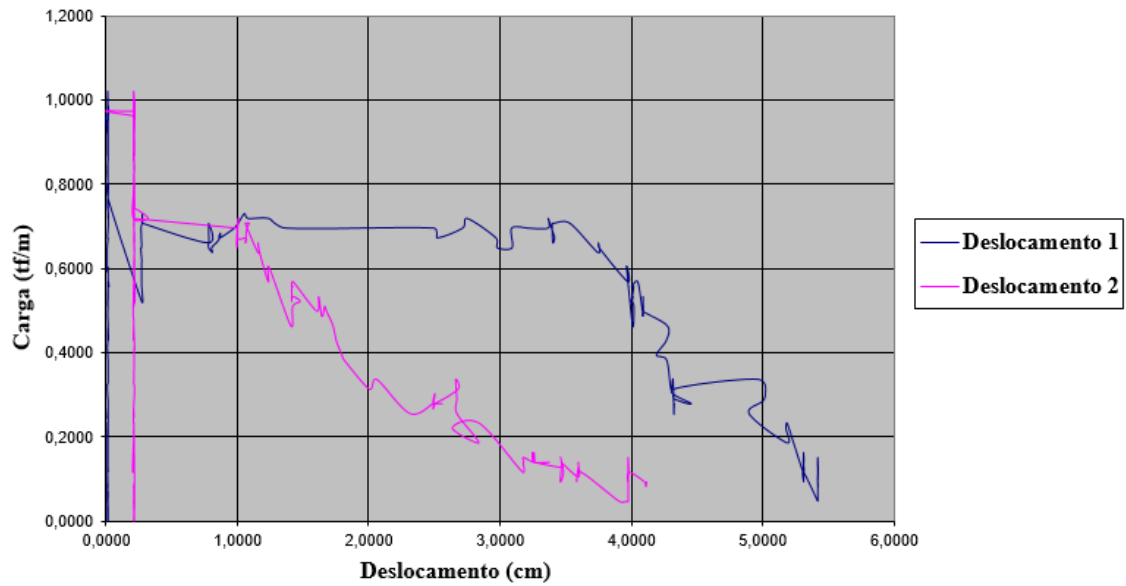
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 76 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



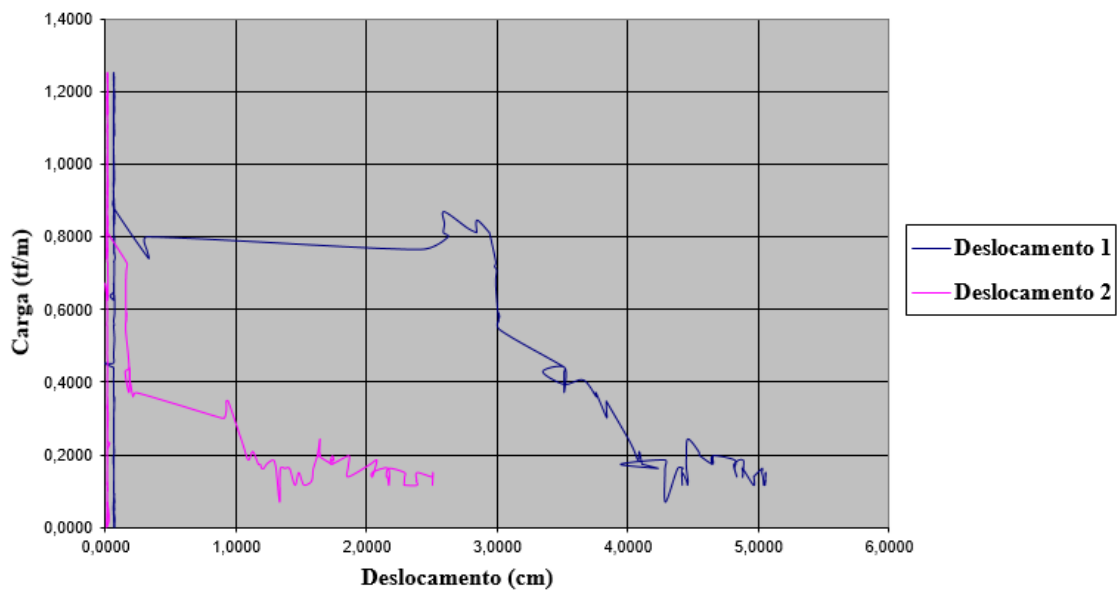
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 77 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



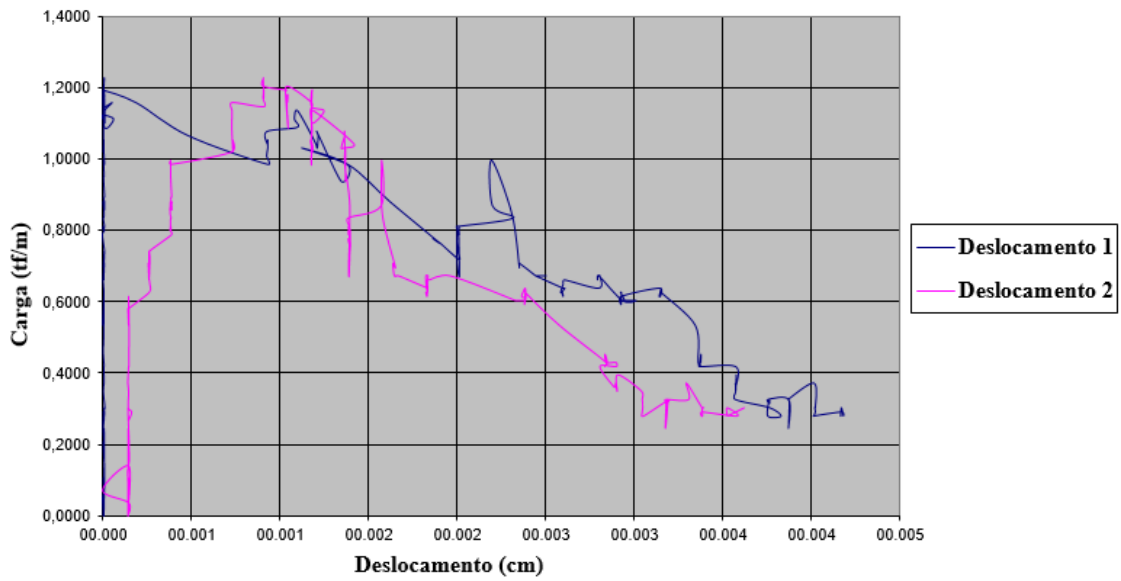
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 78 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



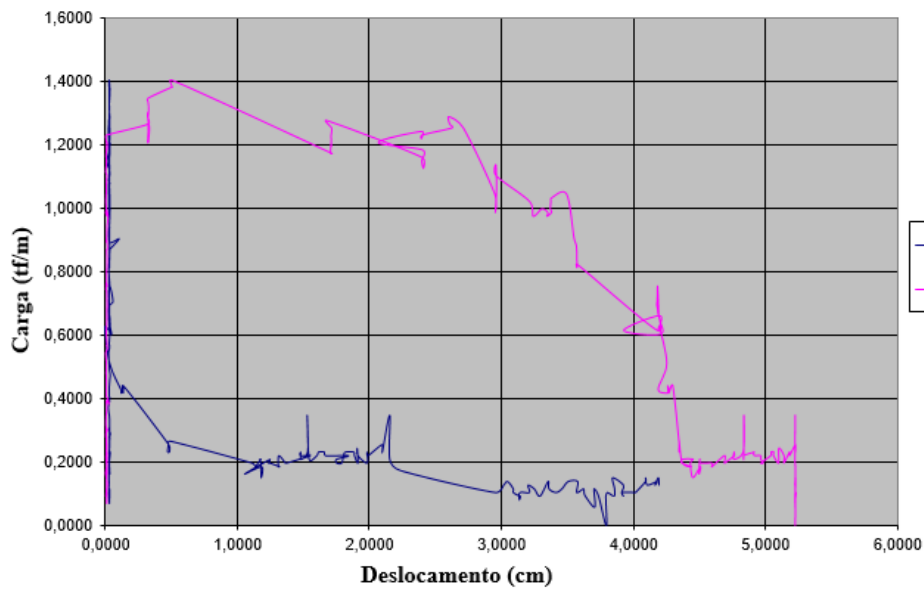
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 79 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



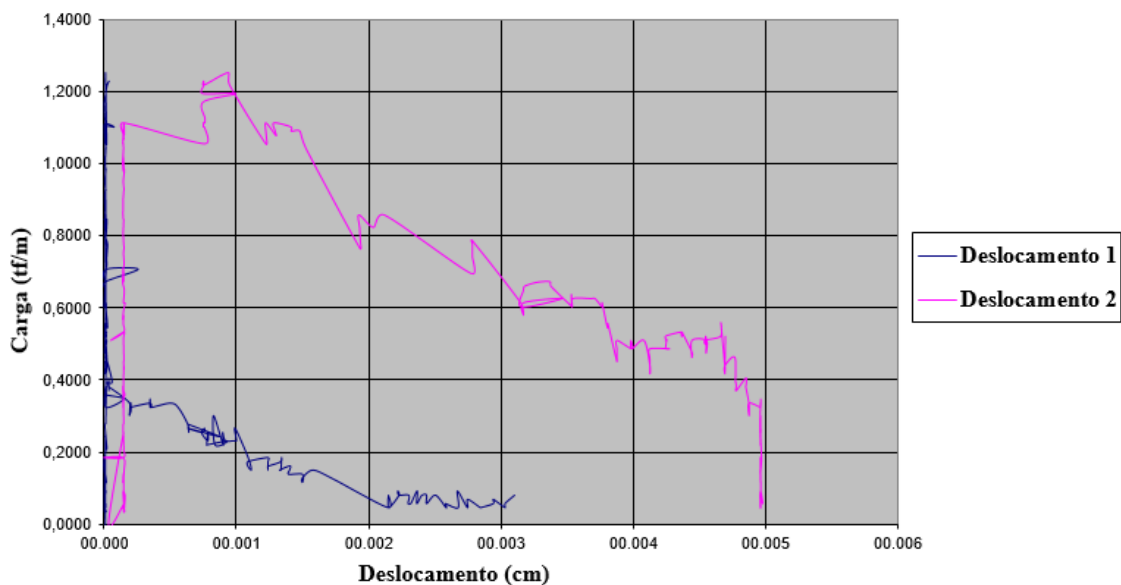
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 80 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



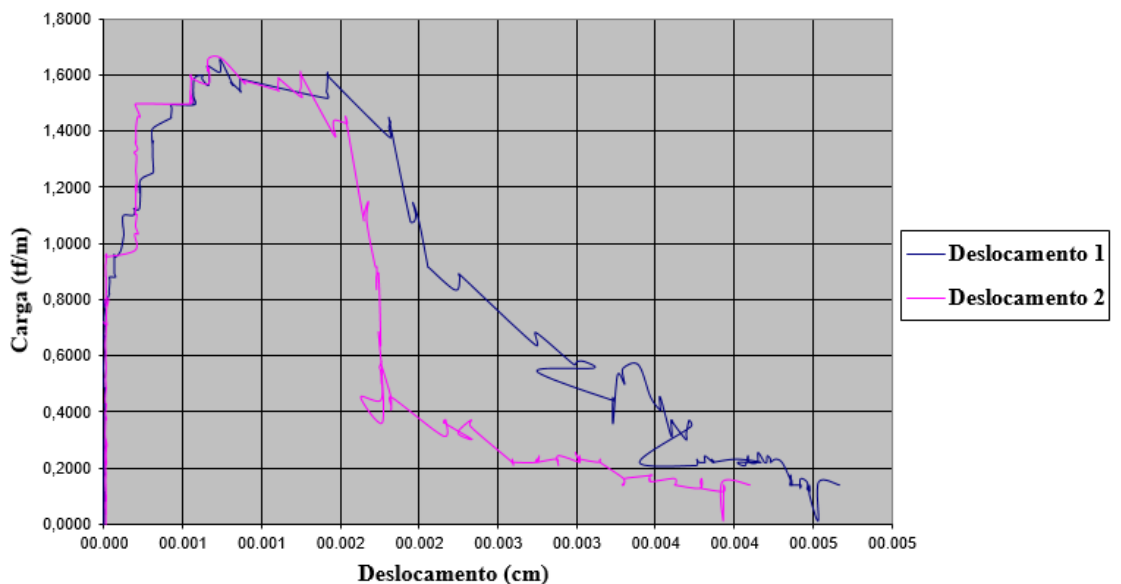
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 81 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



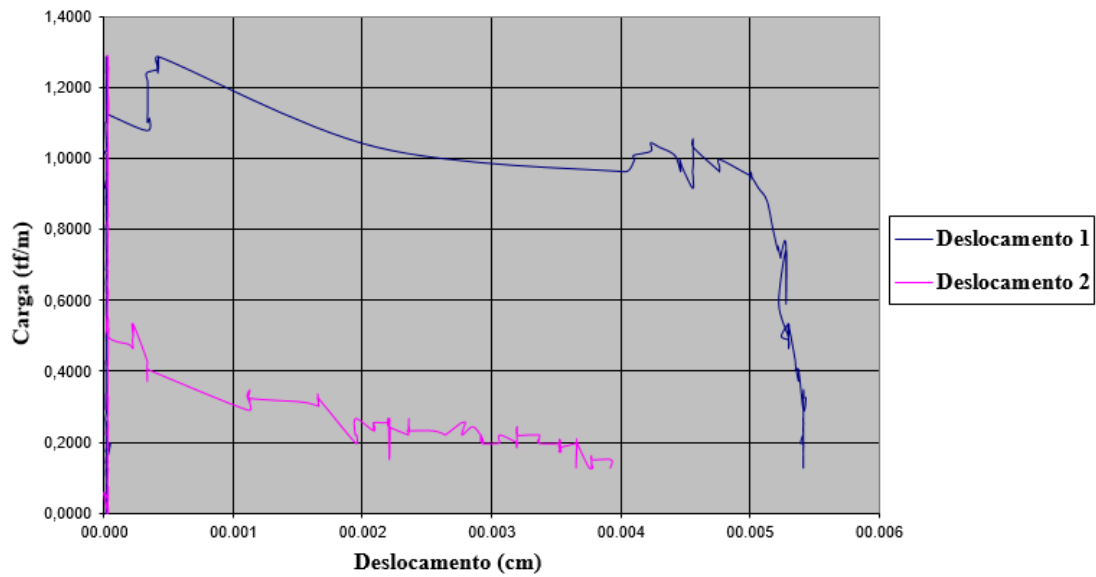
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 82 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



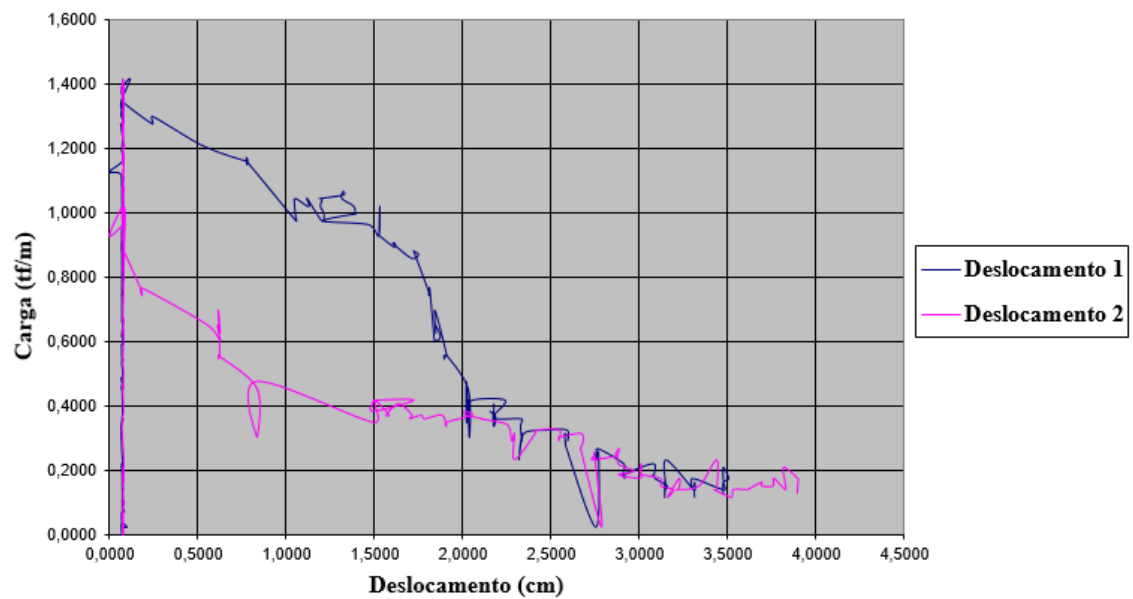
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 83 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



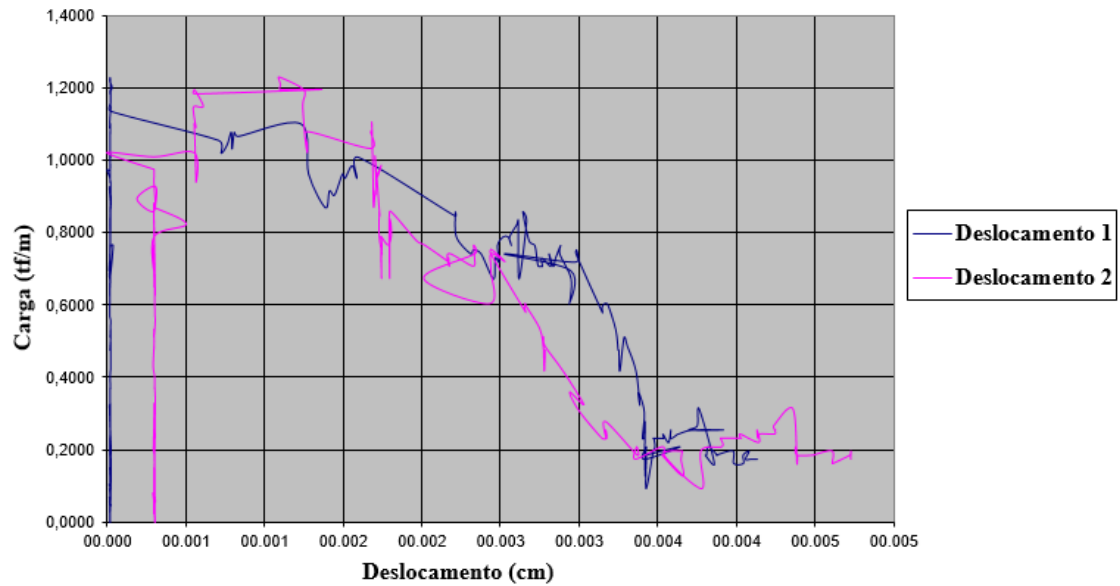
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 84 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



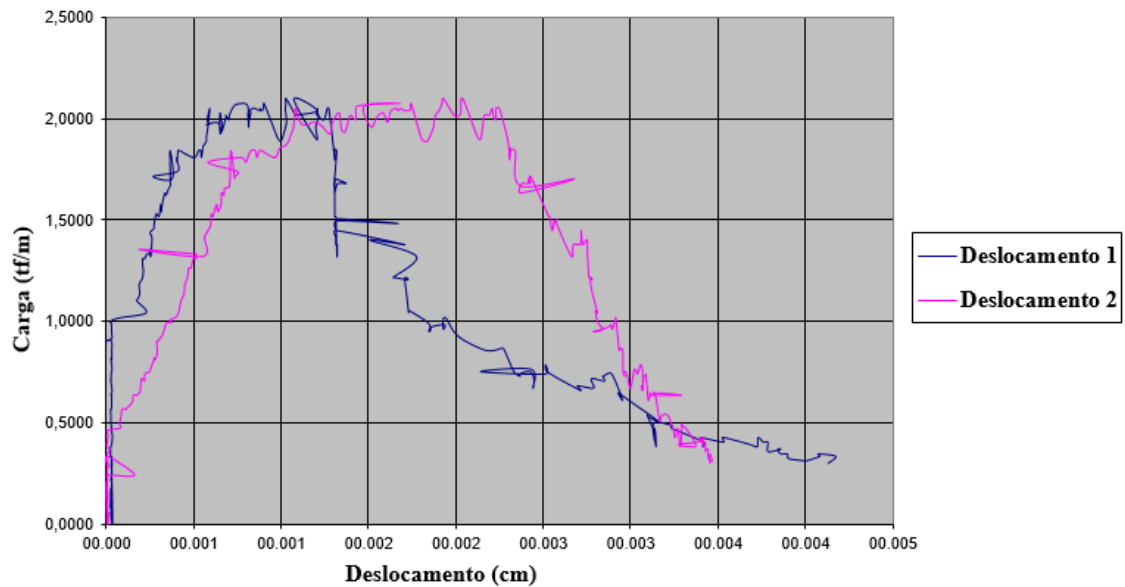
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 85 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



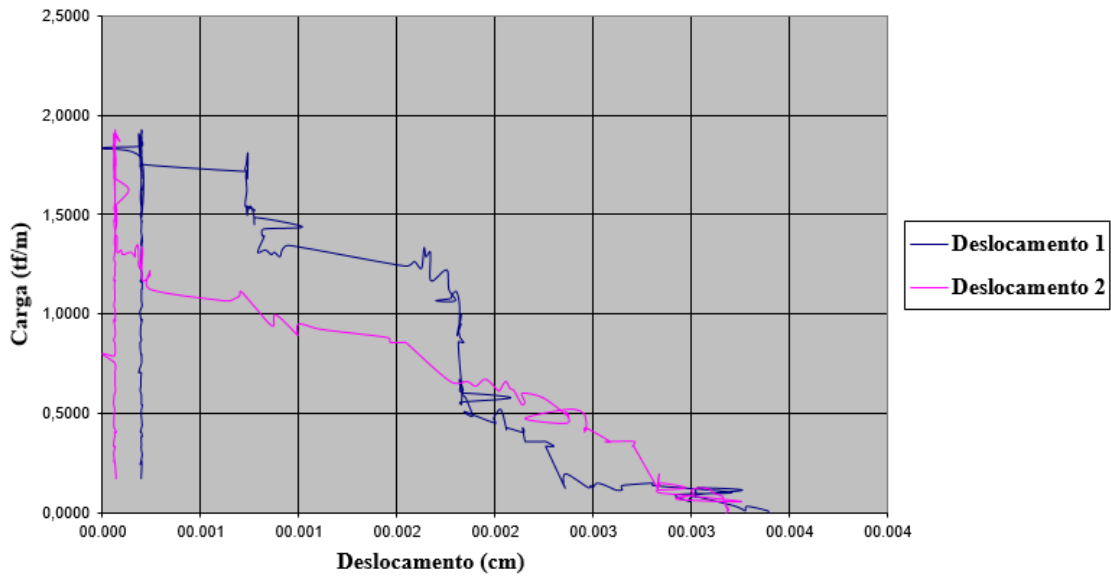
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 86 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



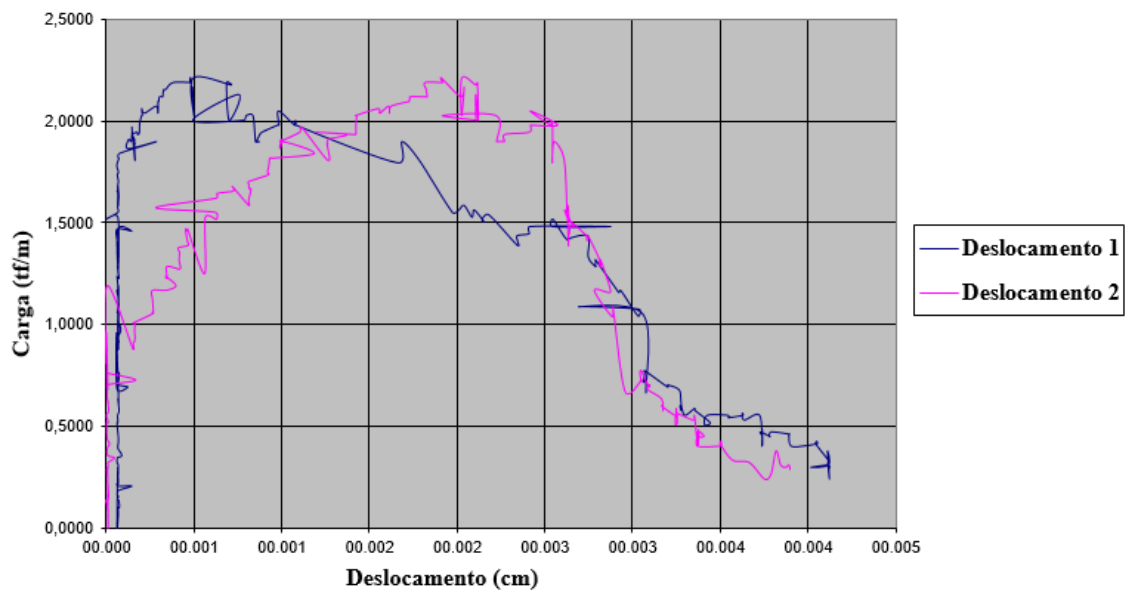
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 87 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



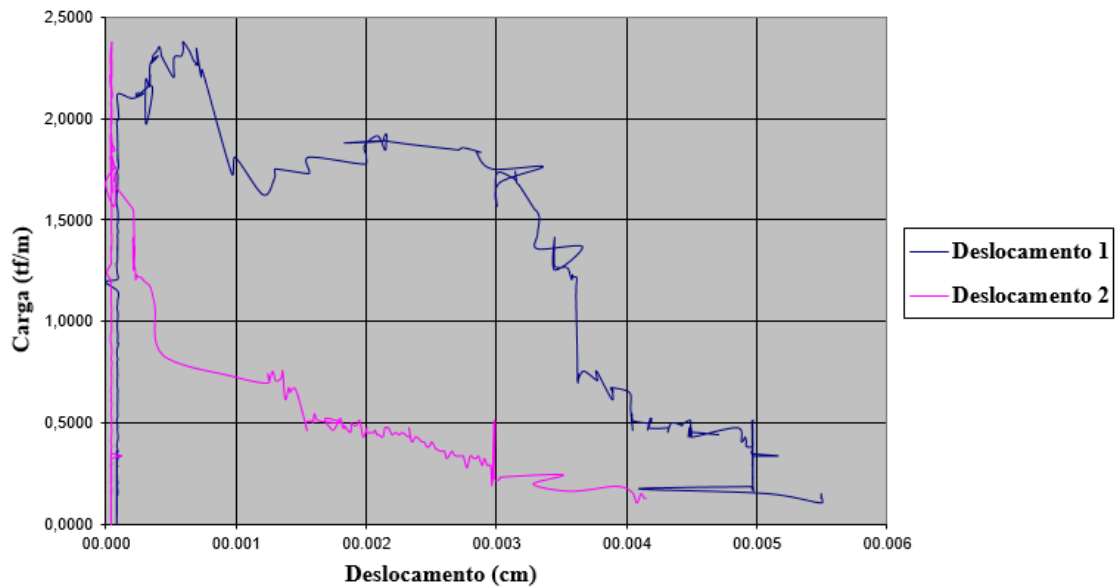
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 88 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



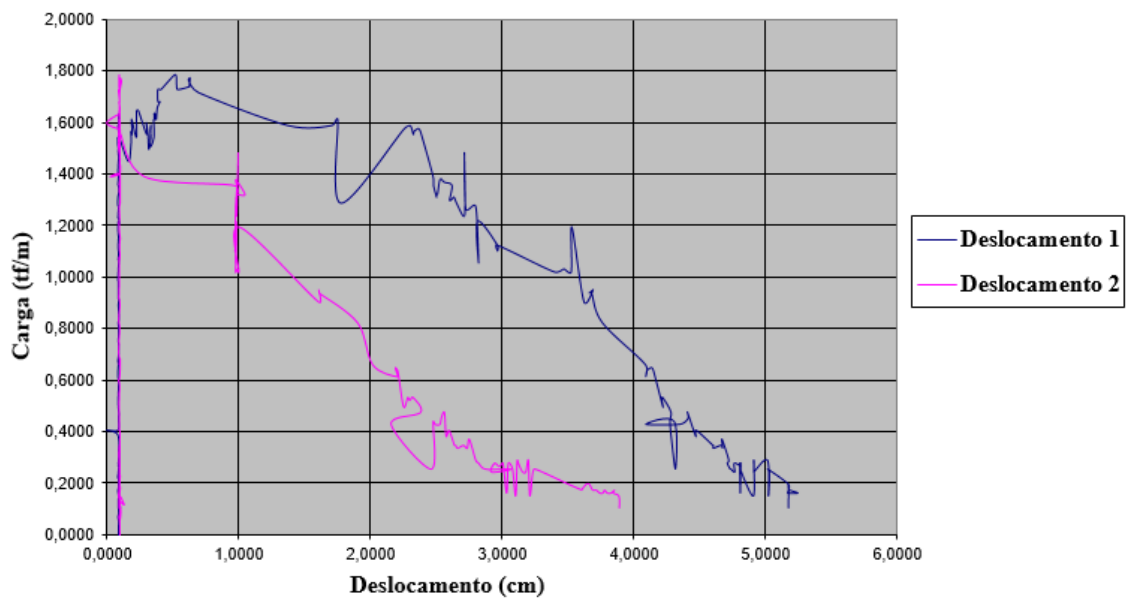
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 89 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



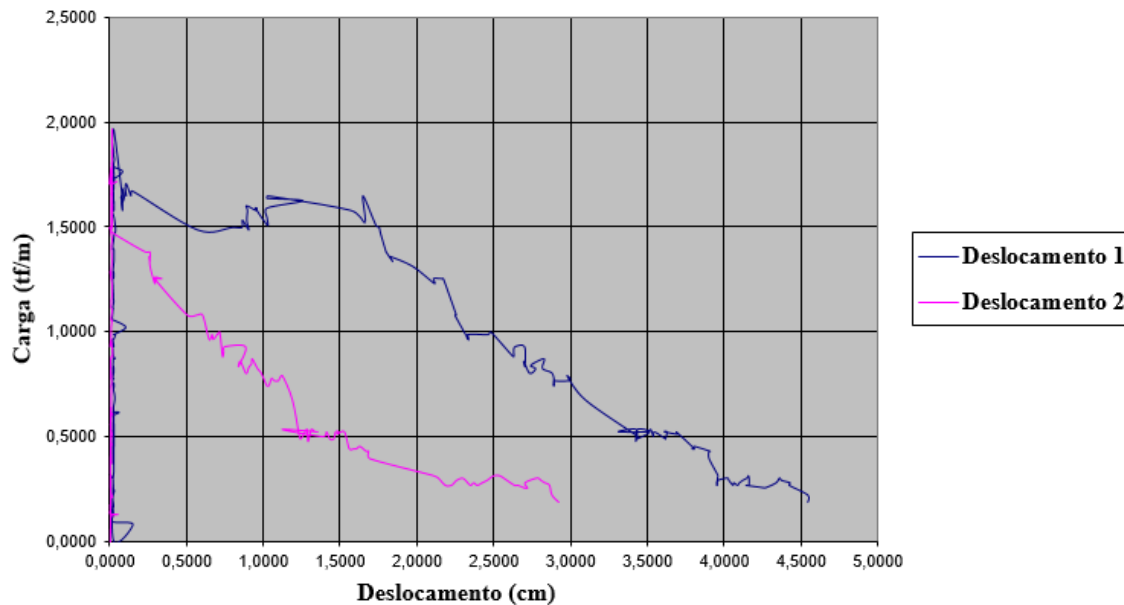
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 90 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



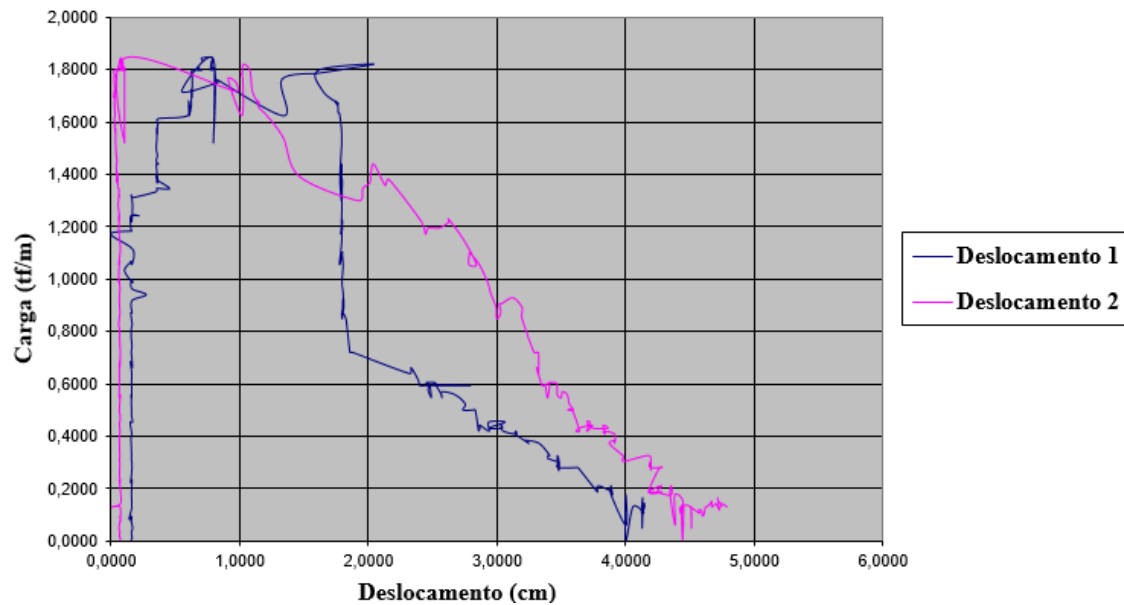
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 91 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



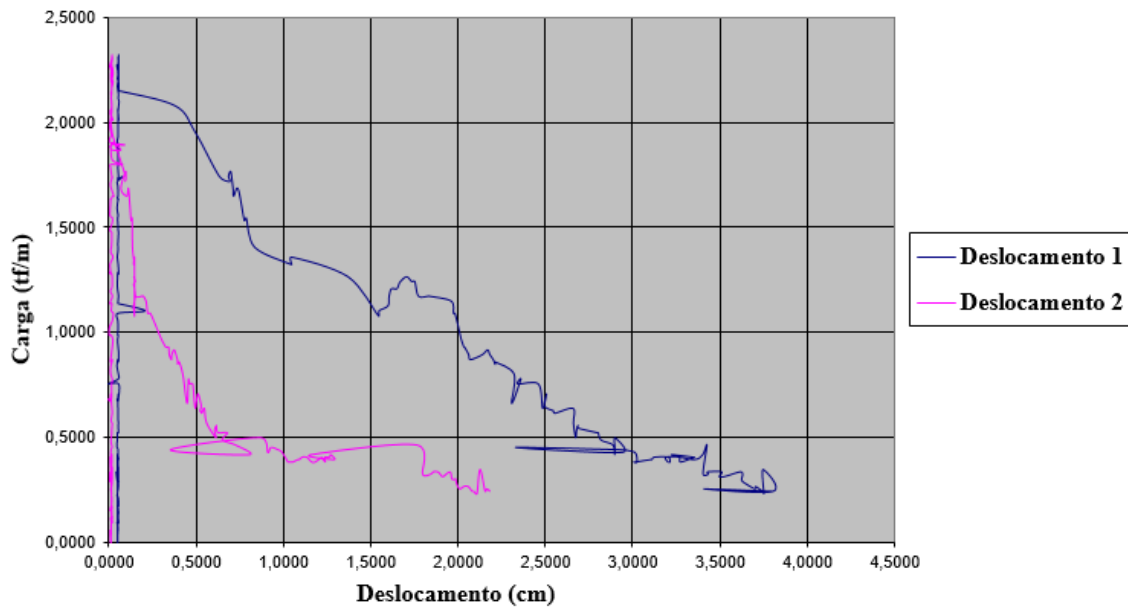
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 92 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



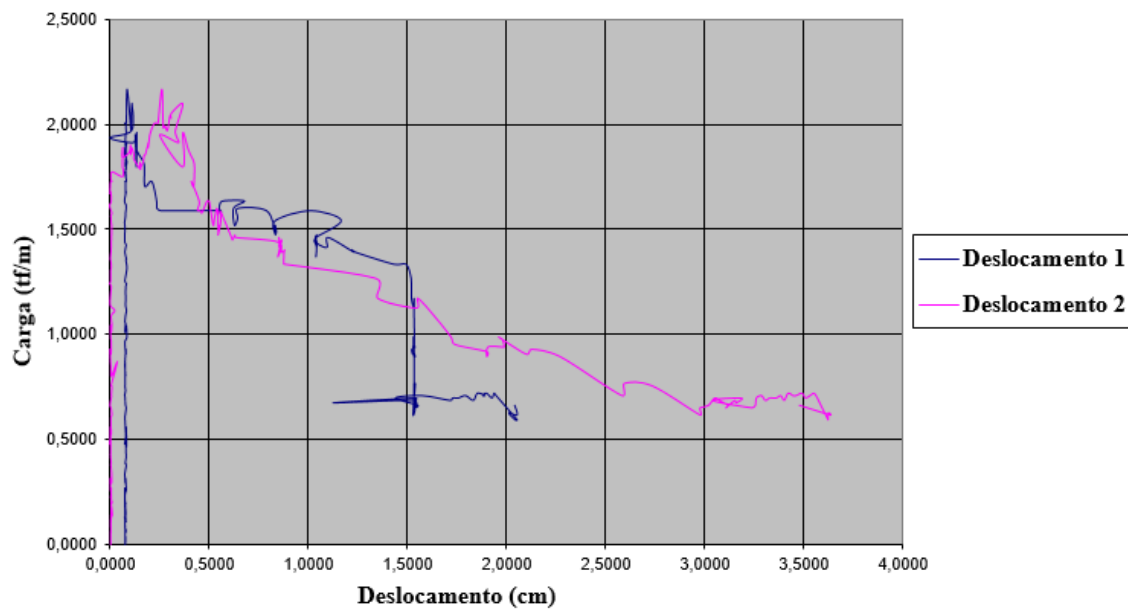
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 93 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



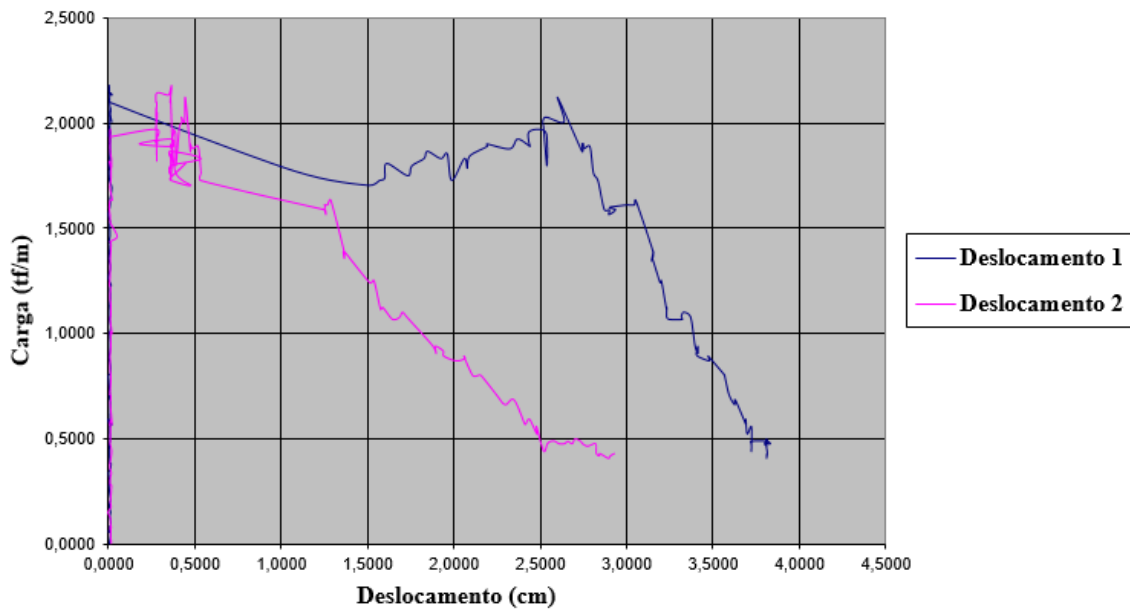
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 94 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



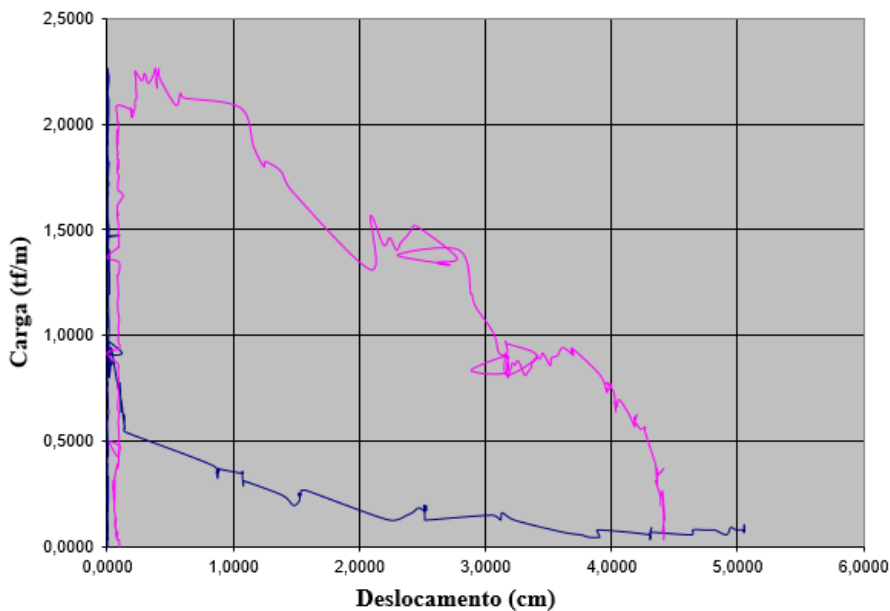
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 95 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



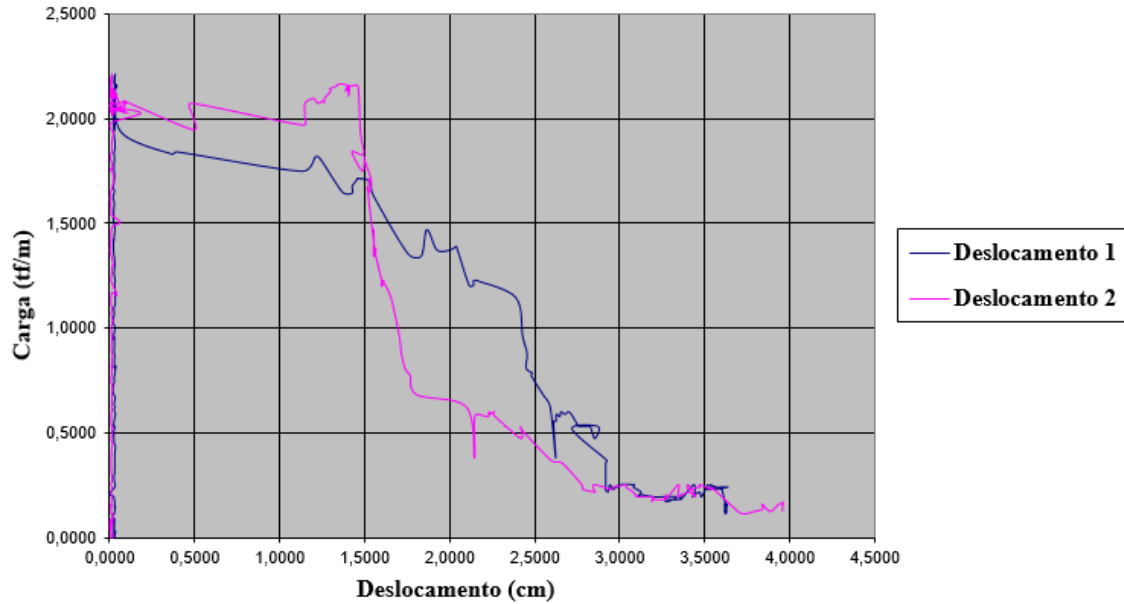
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 96 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



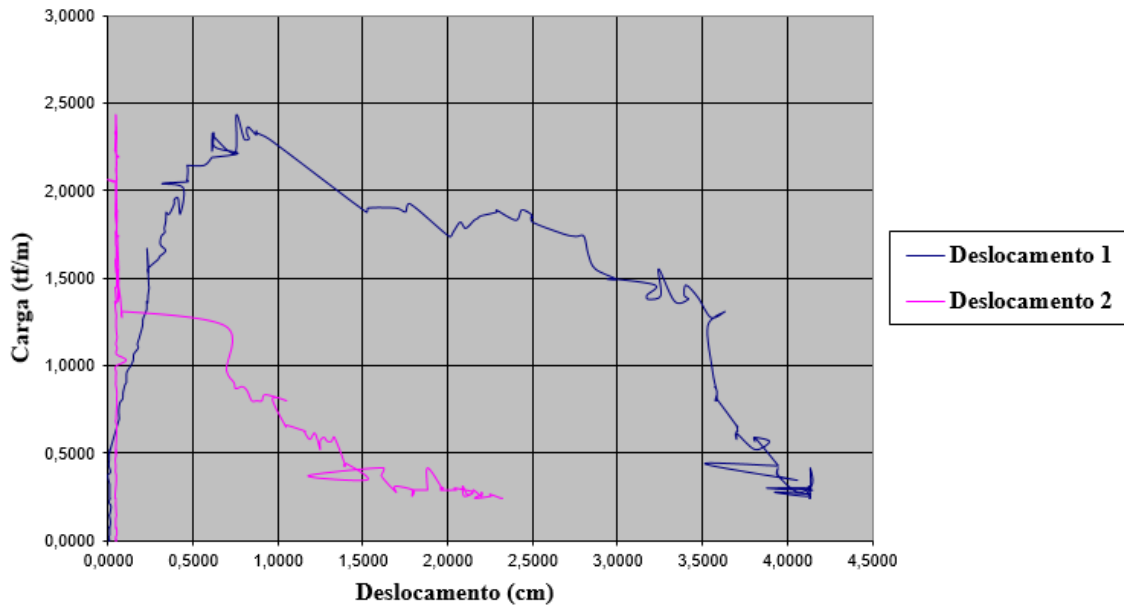
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 97 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



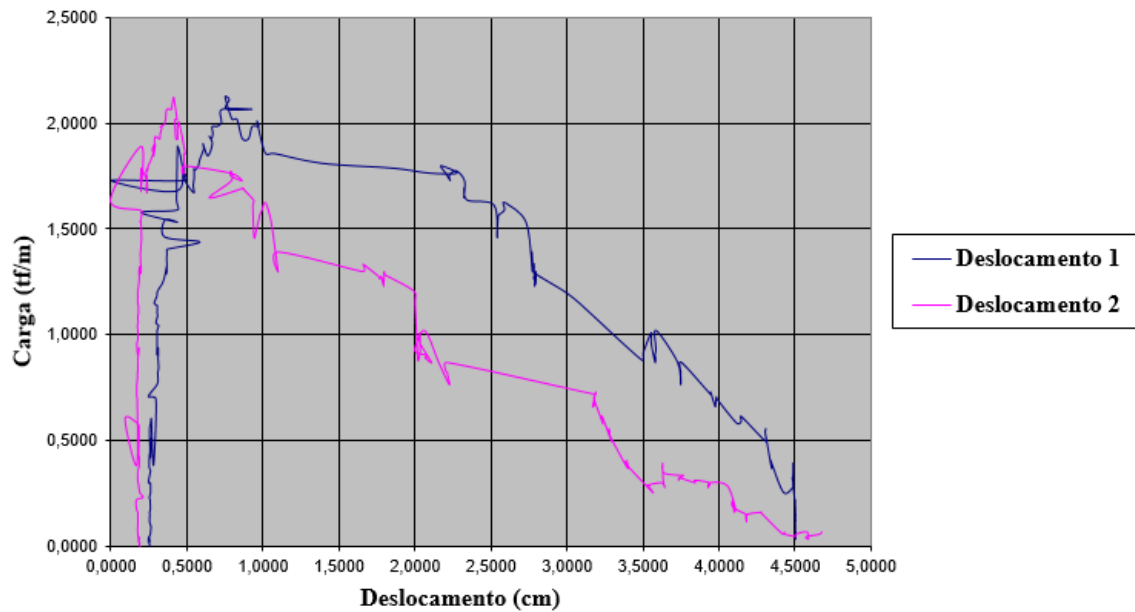
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 98 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



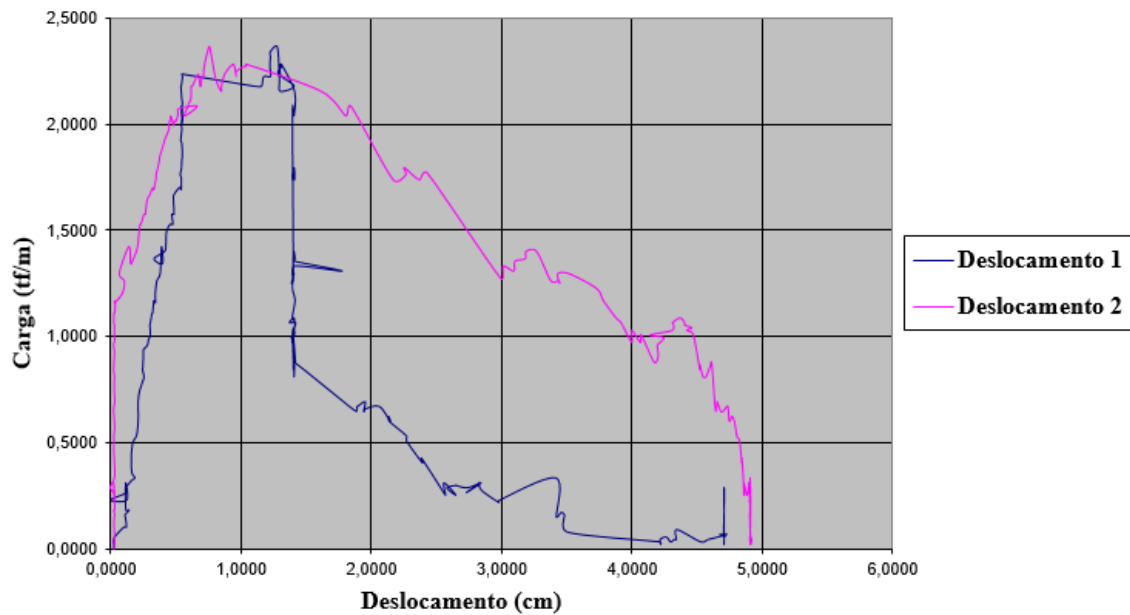
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 99 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

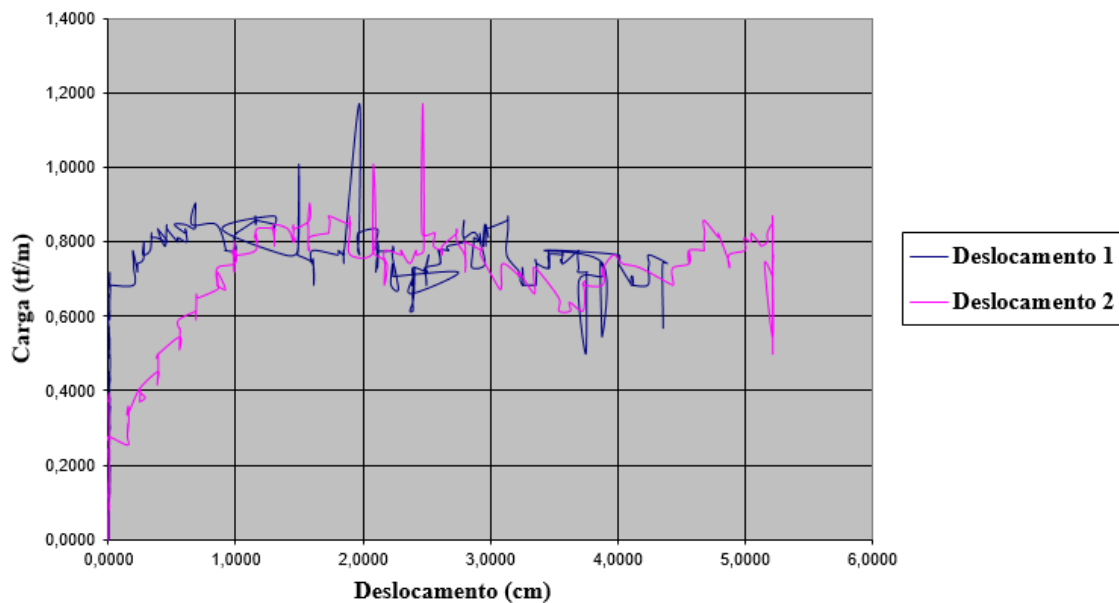
Figura 100 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

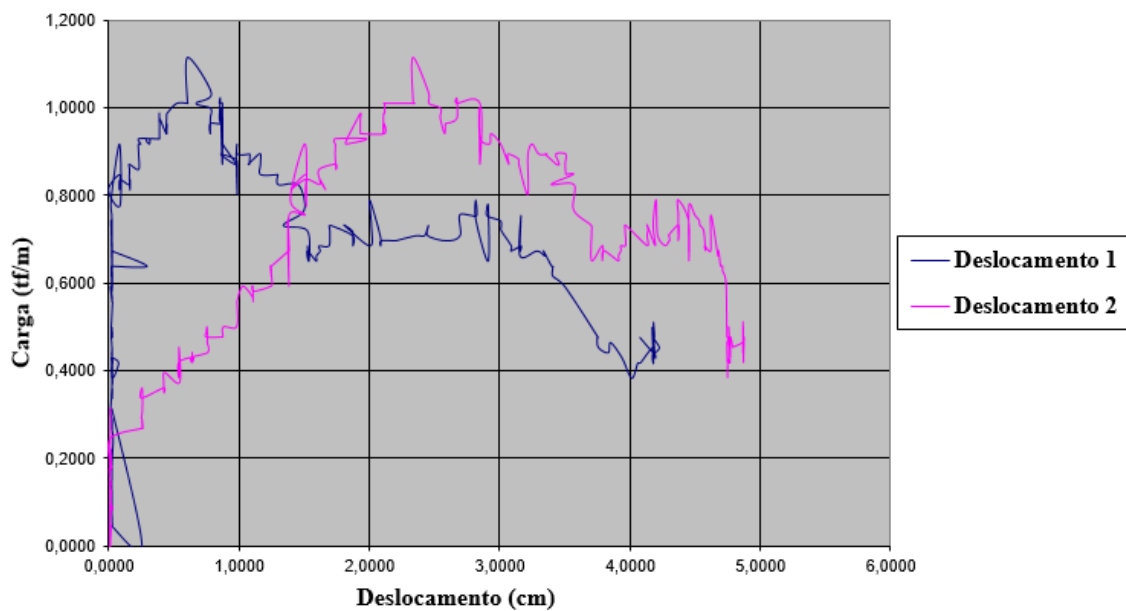
ANEXO B - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30-20 com camada simples e dupla

Figura 101 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



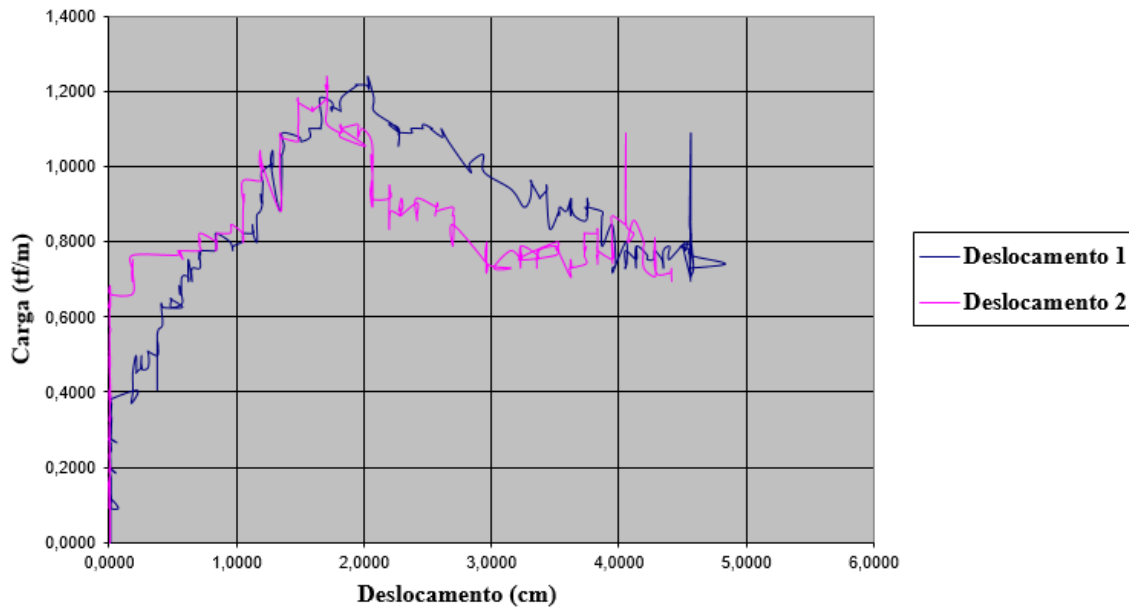
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 102 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



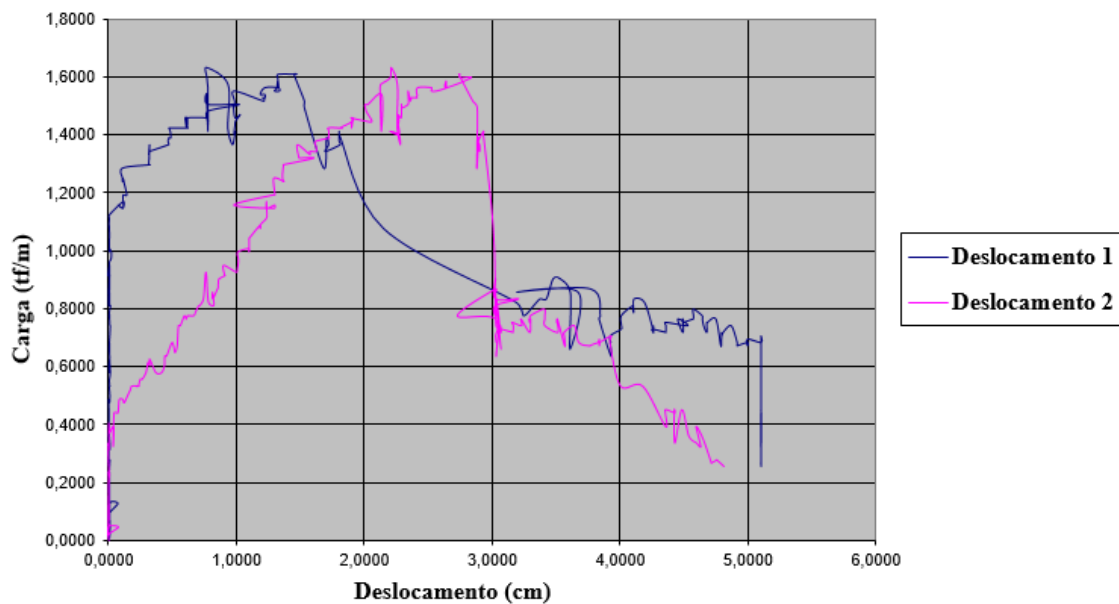
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 103 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



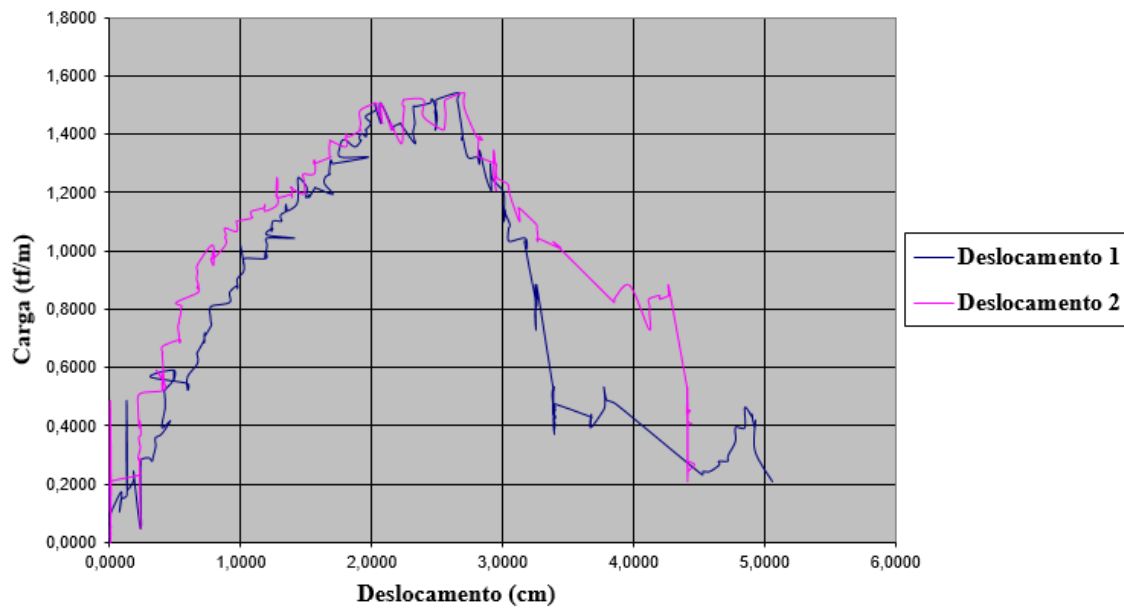
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 104 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



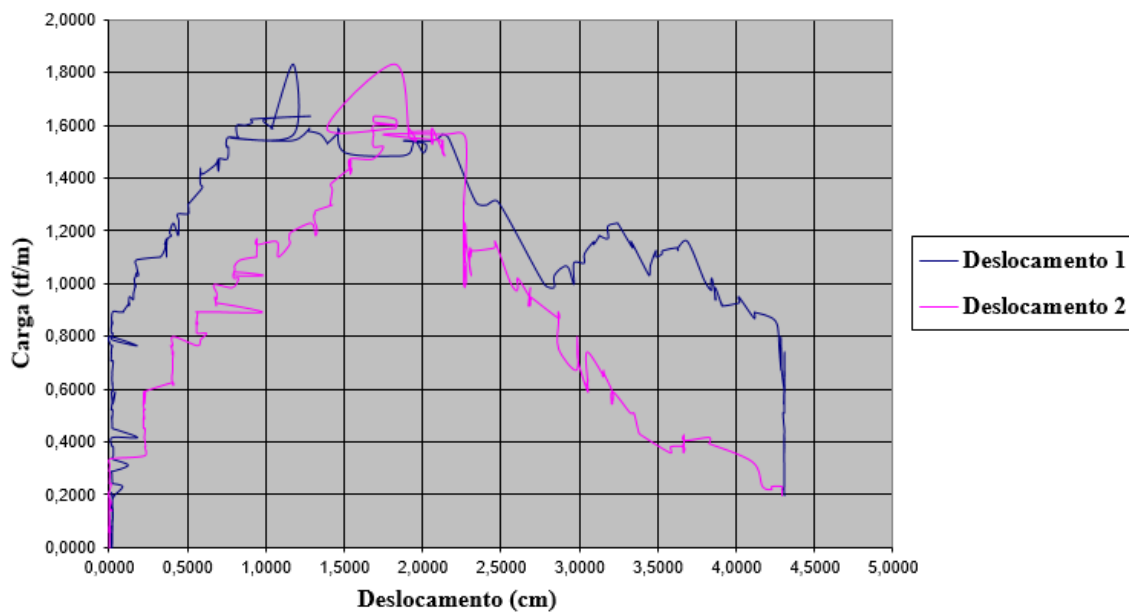
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 105 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



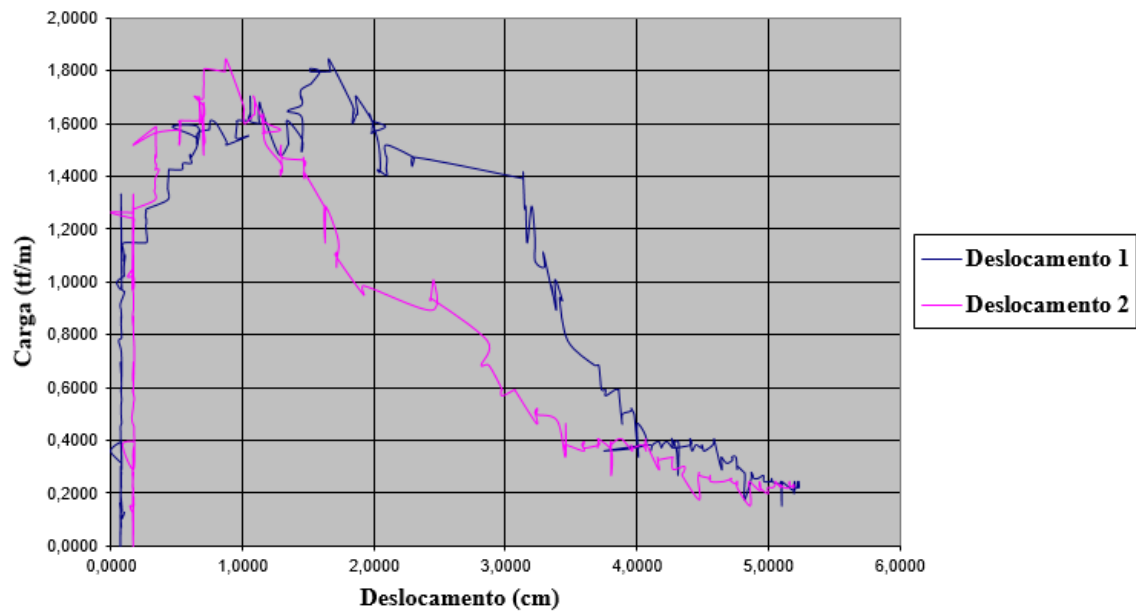
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 106 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



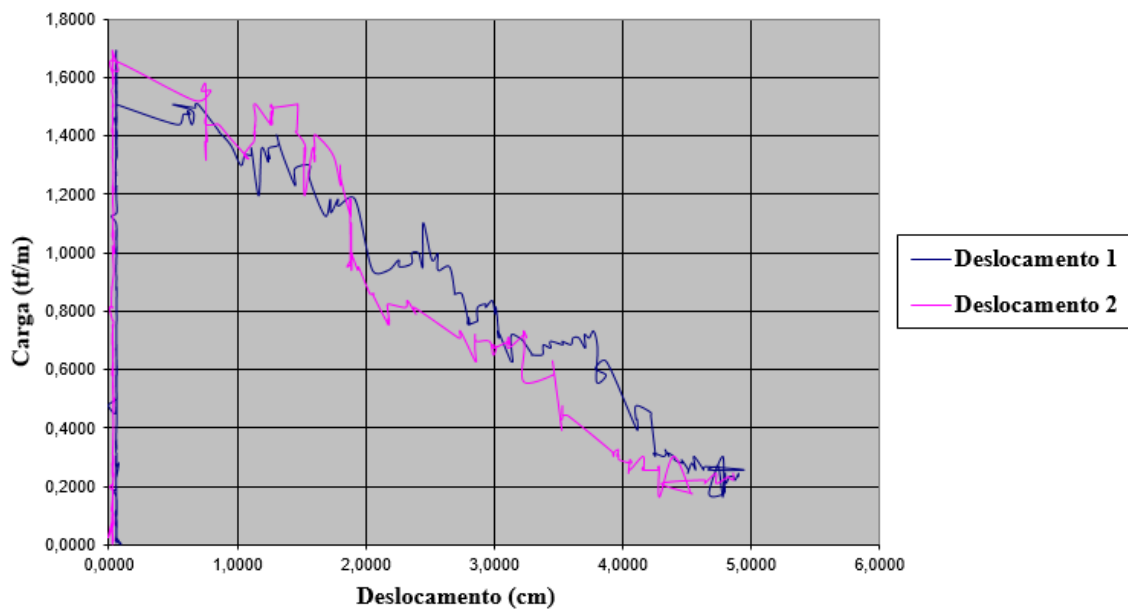
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 107 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



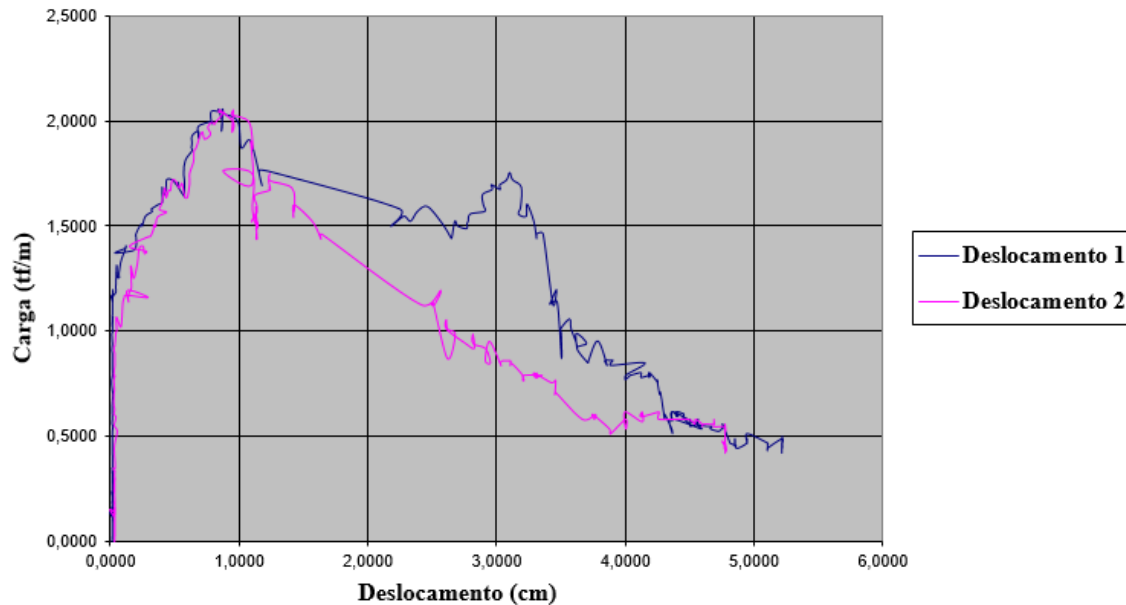
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 108 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



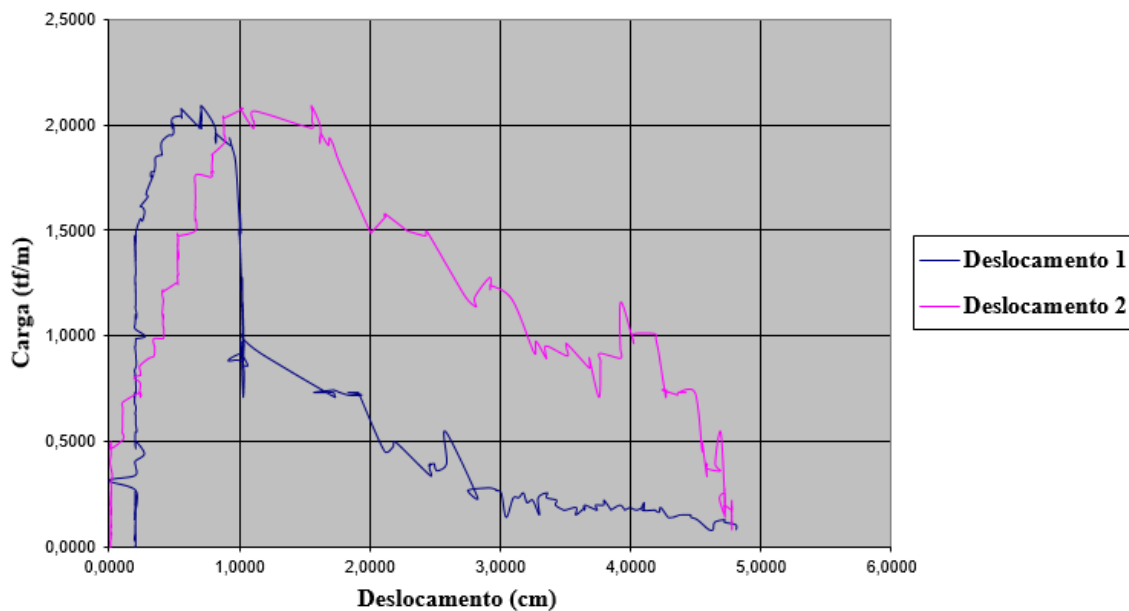
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 109 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



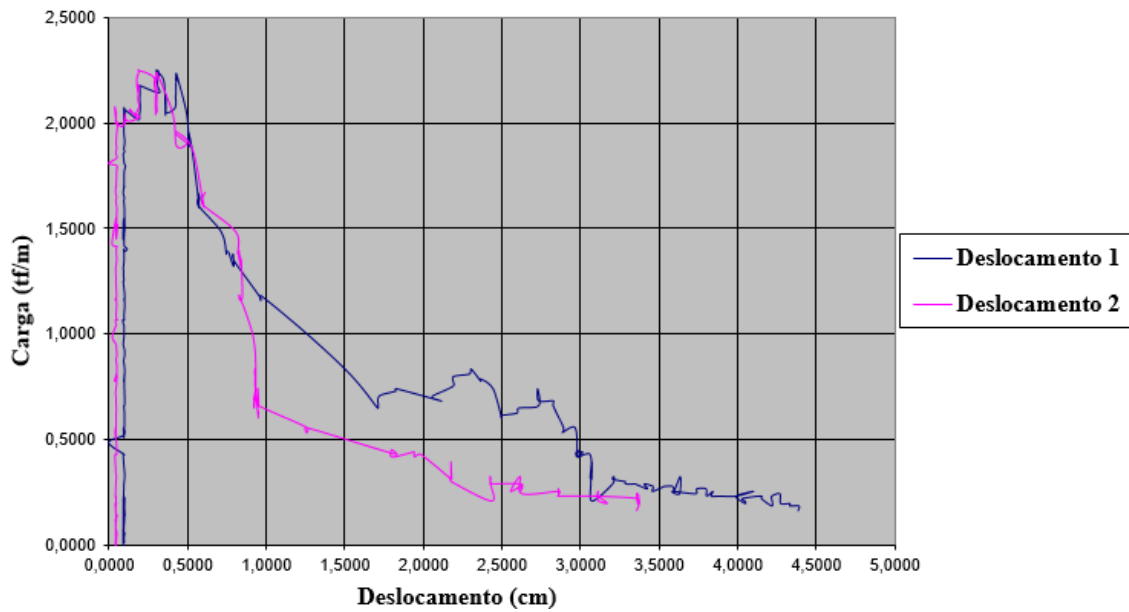
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 110 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



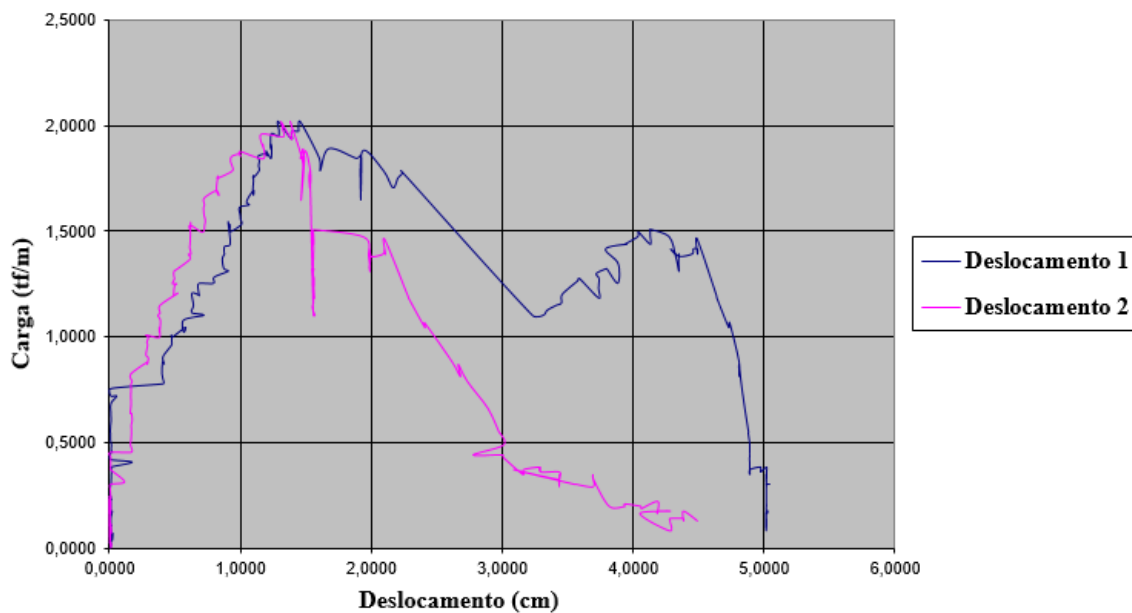
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 111 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



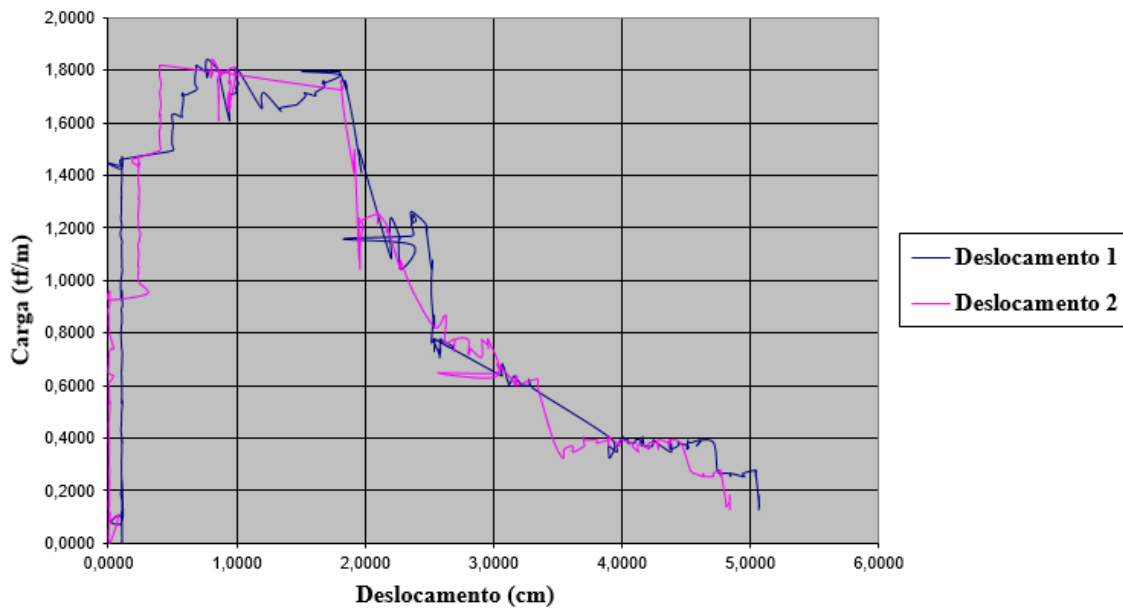
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 112 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



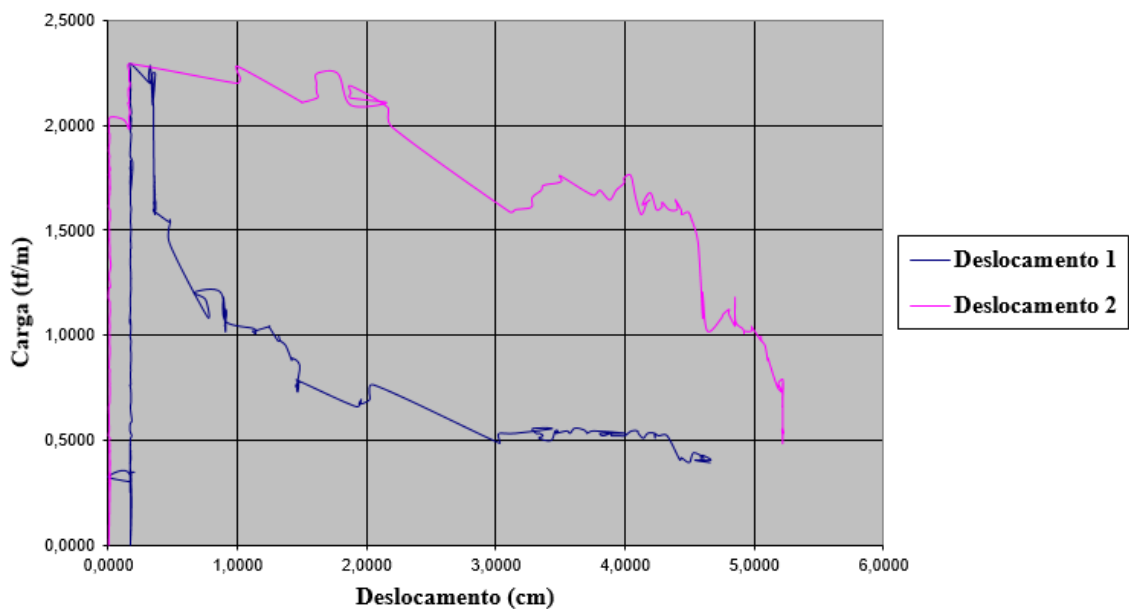
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 113 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



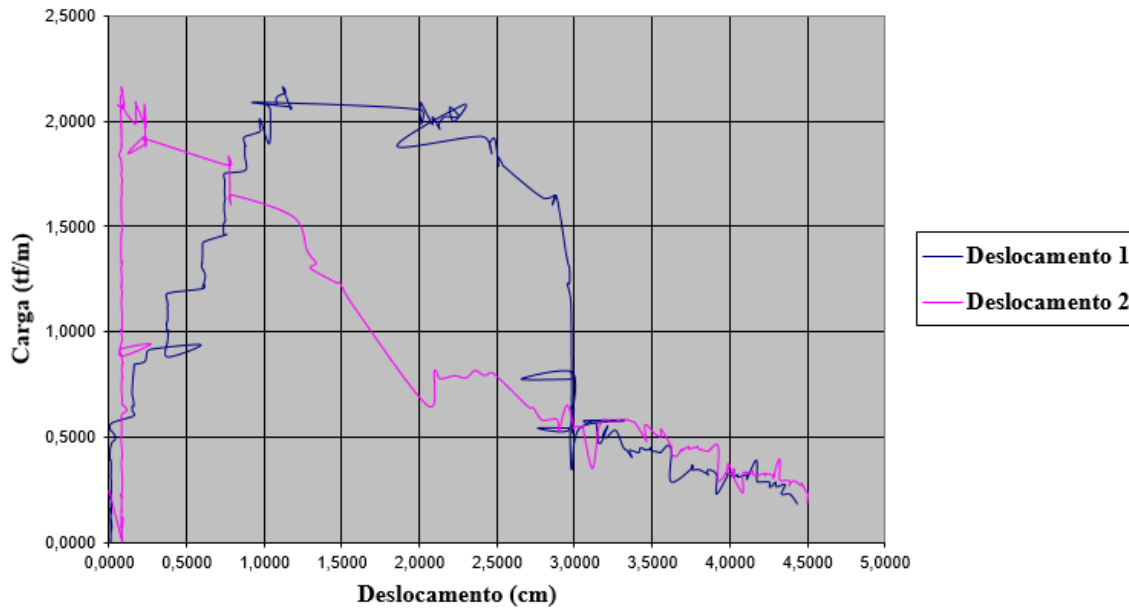
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 114 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



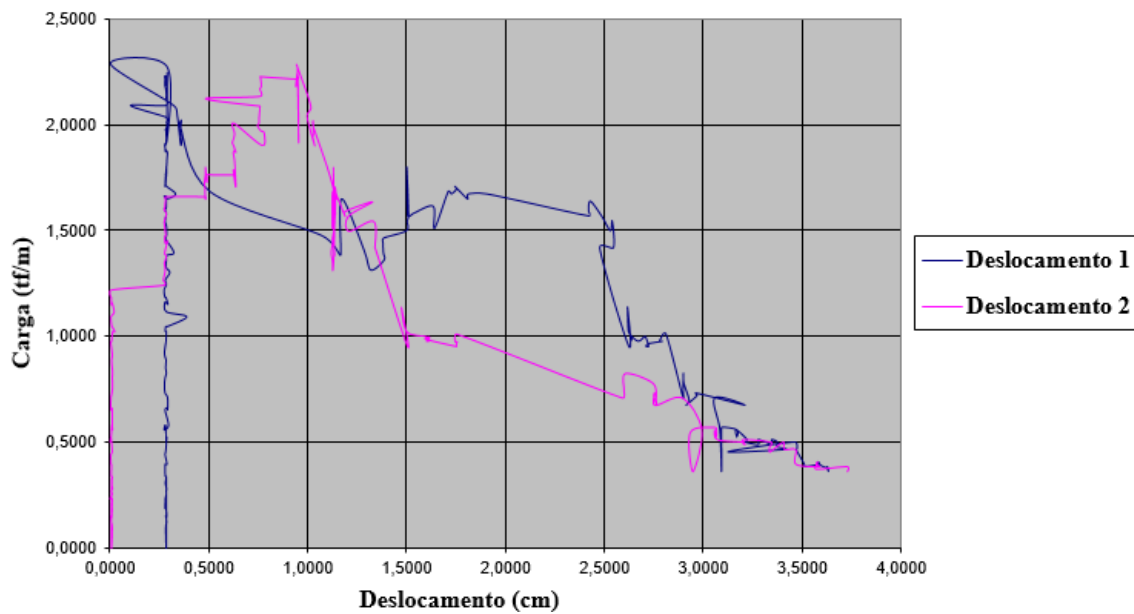
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 115 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



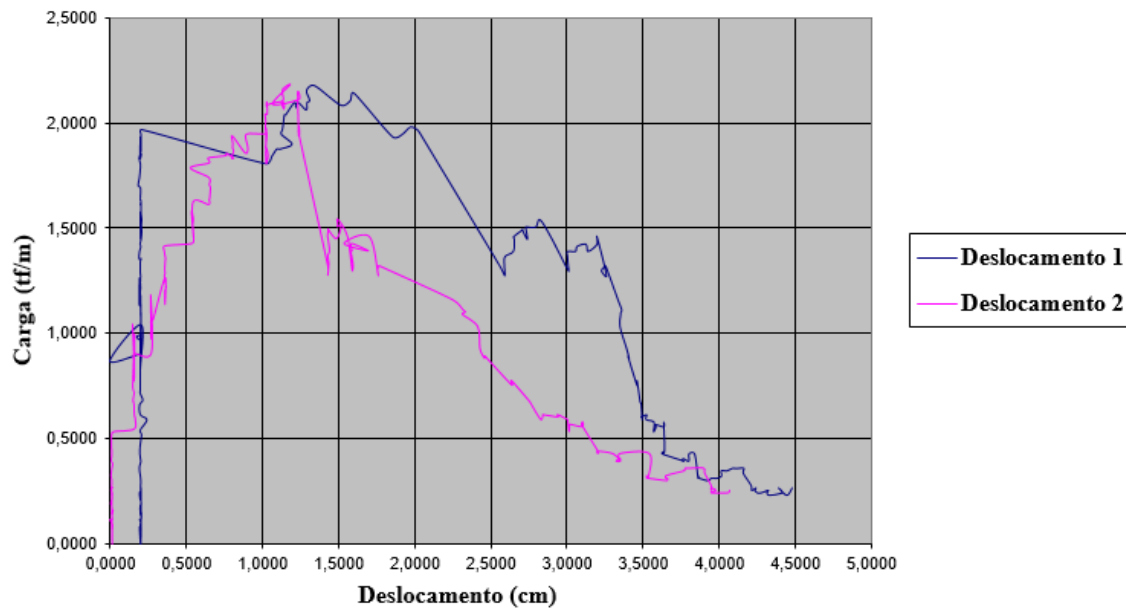
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 116 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



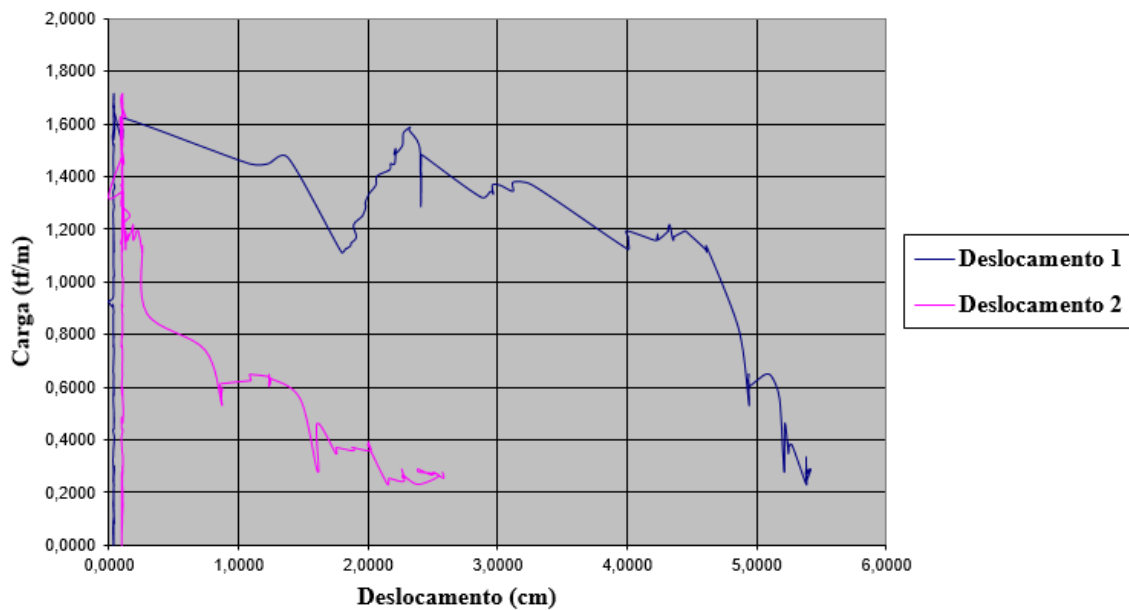
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 117 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



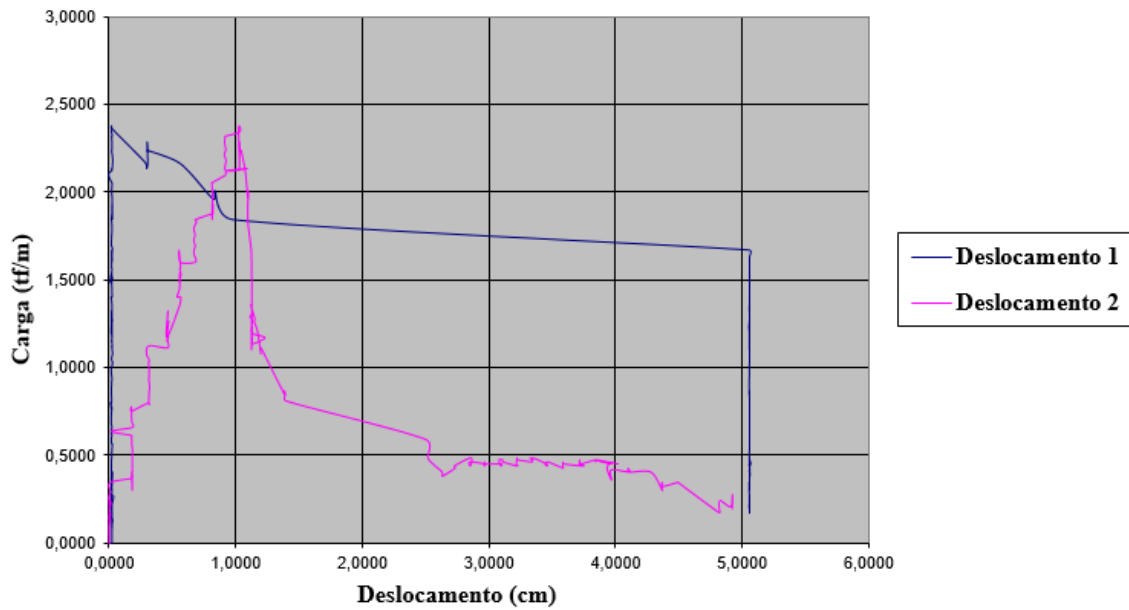
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 118 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



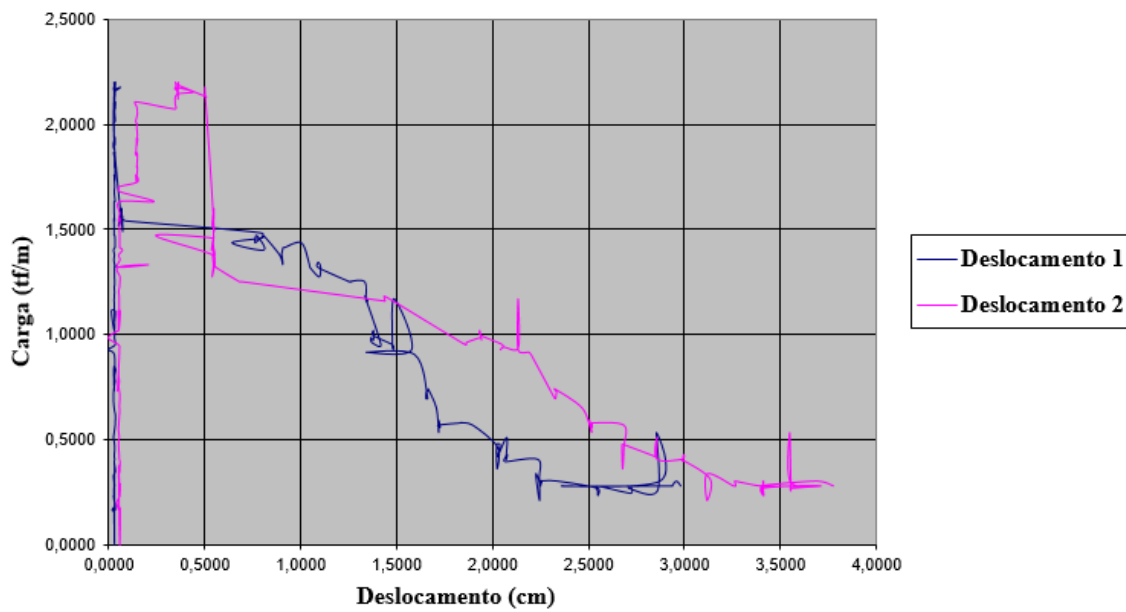
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 119 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



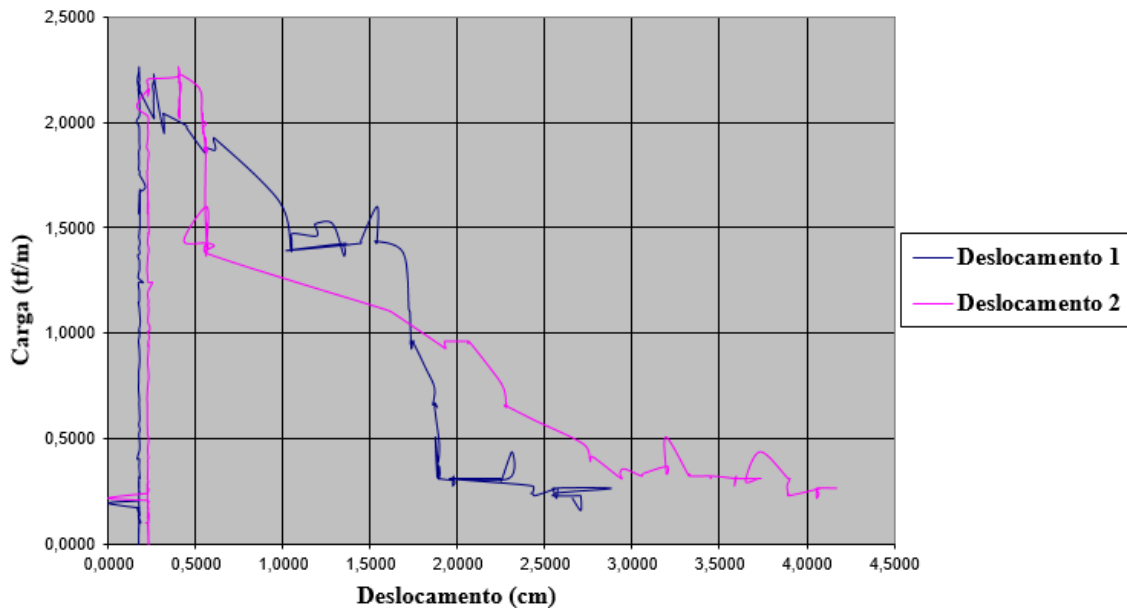
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 120 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



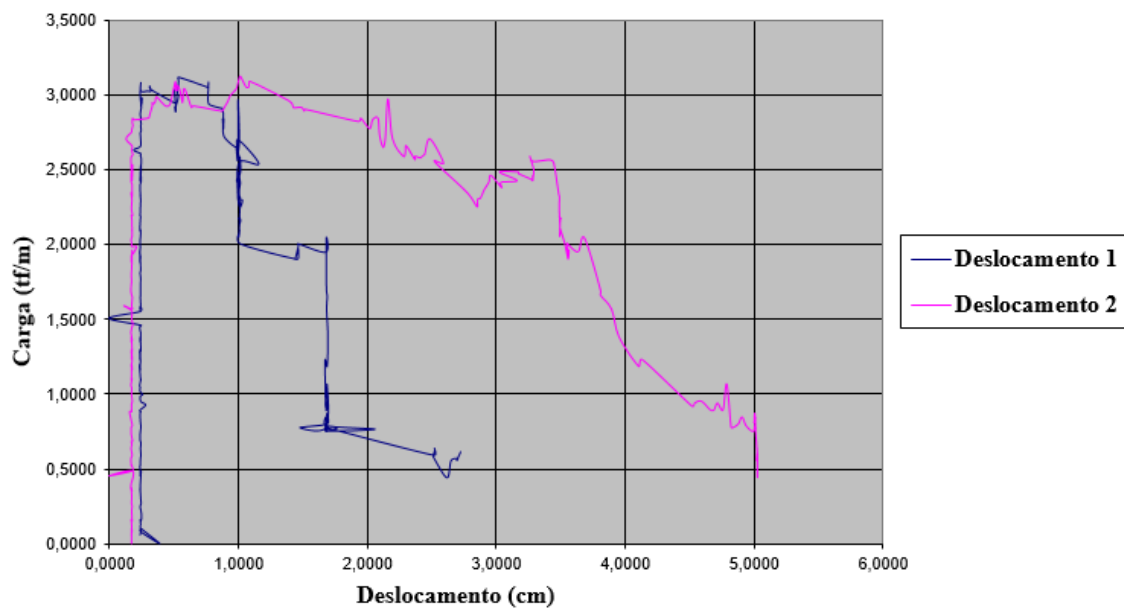
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 121 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



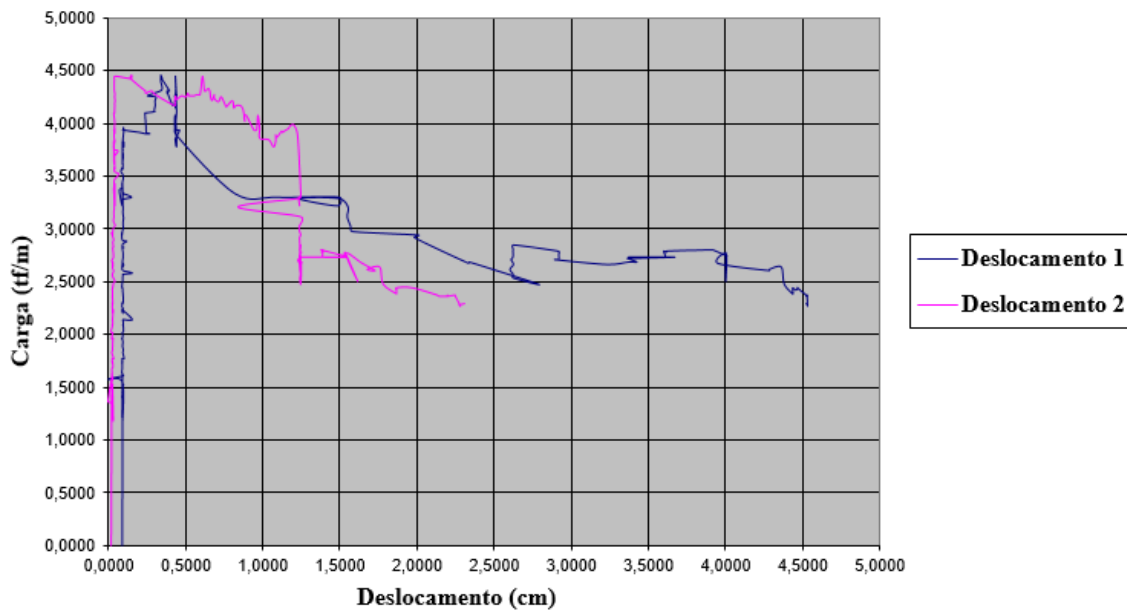
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 122 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



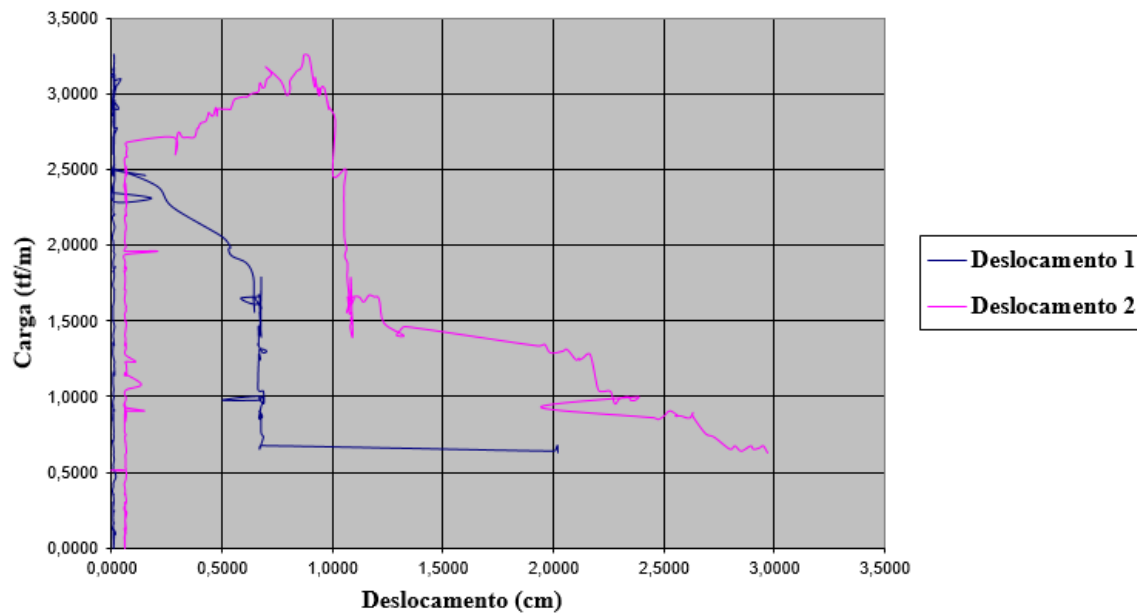
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 123 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



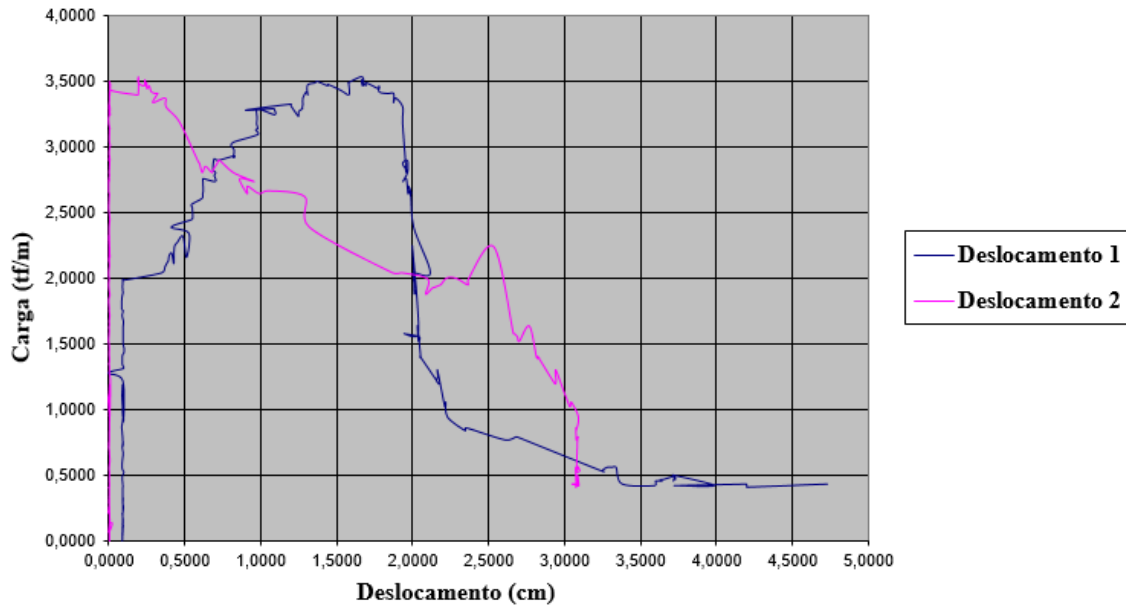
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 124 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



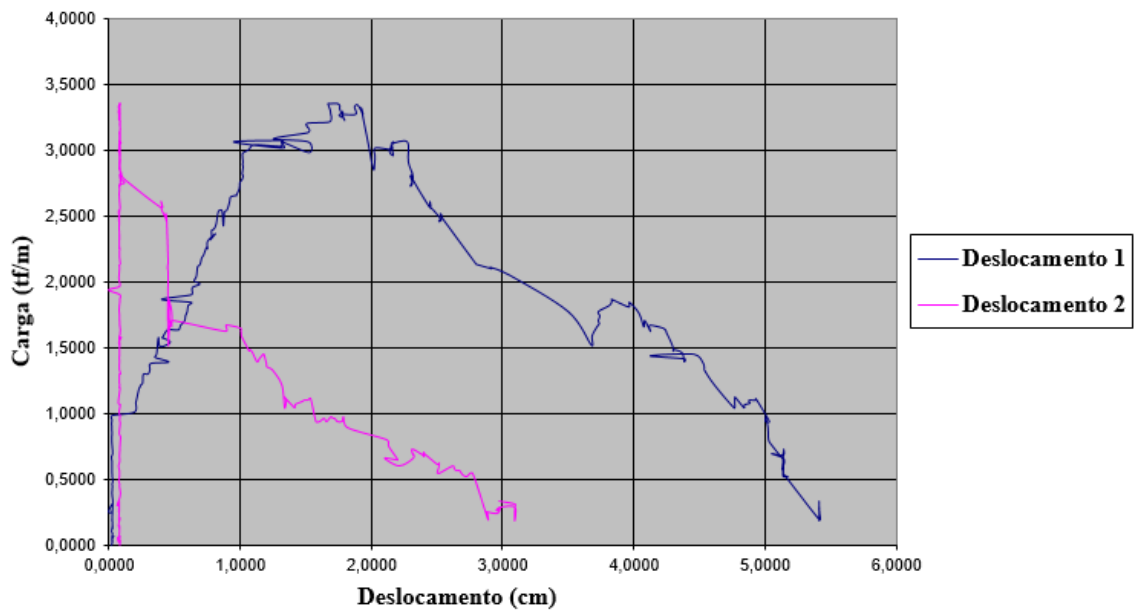
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 125 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



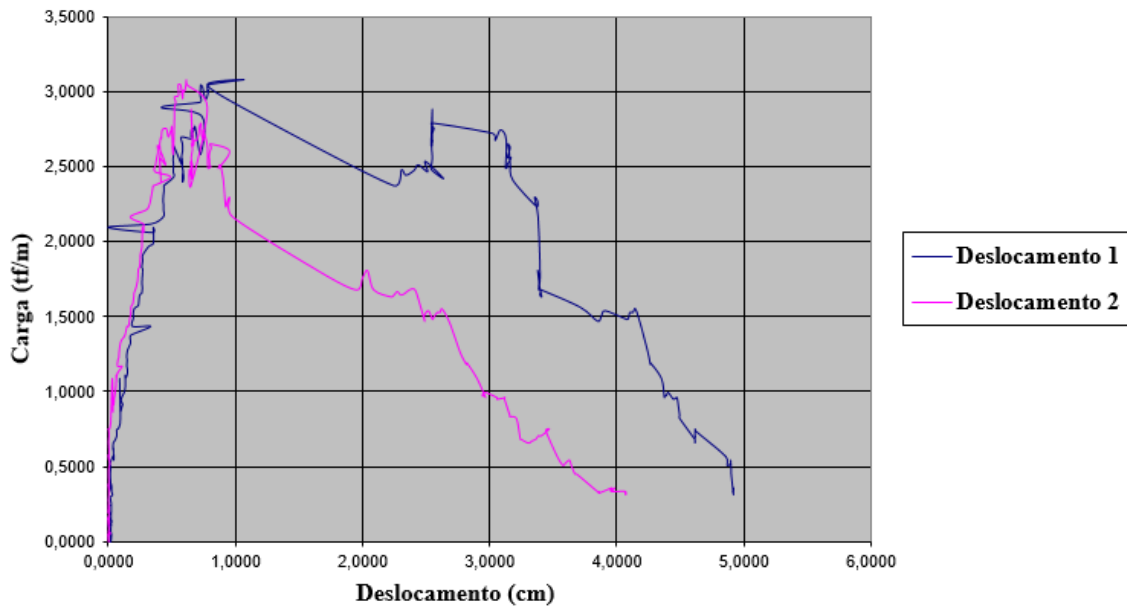
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 126 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



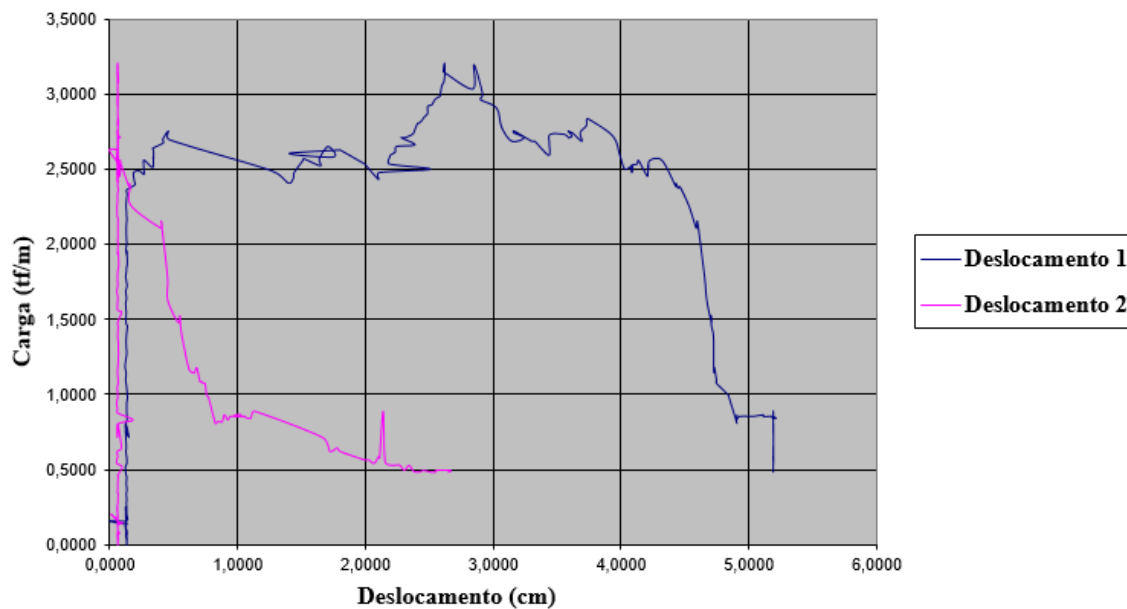
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 127 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



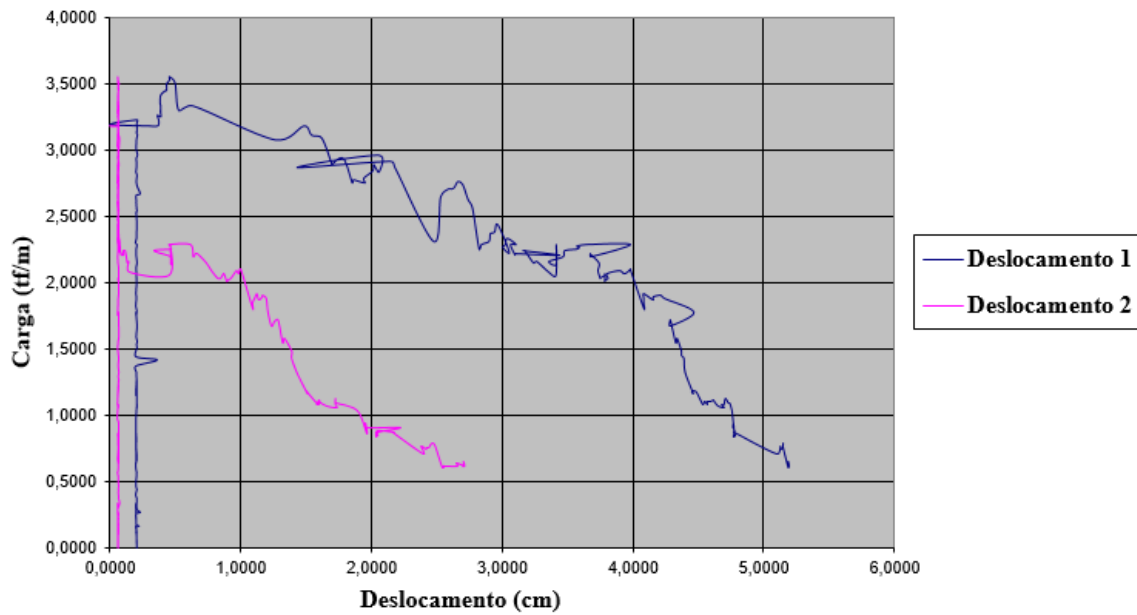
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 128 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



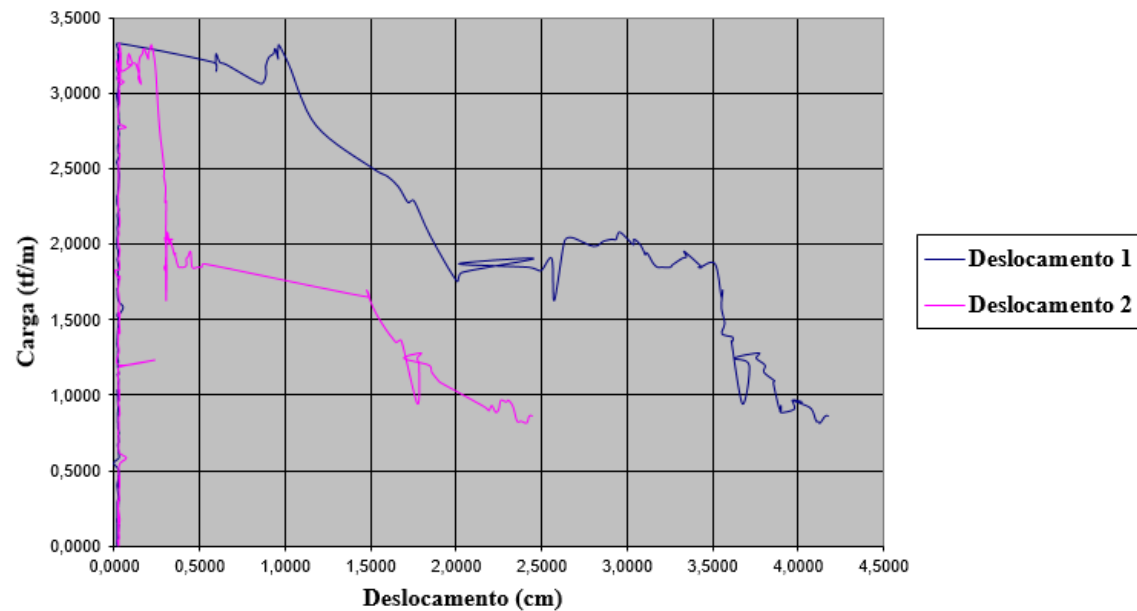
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 129 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



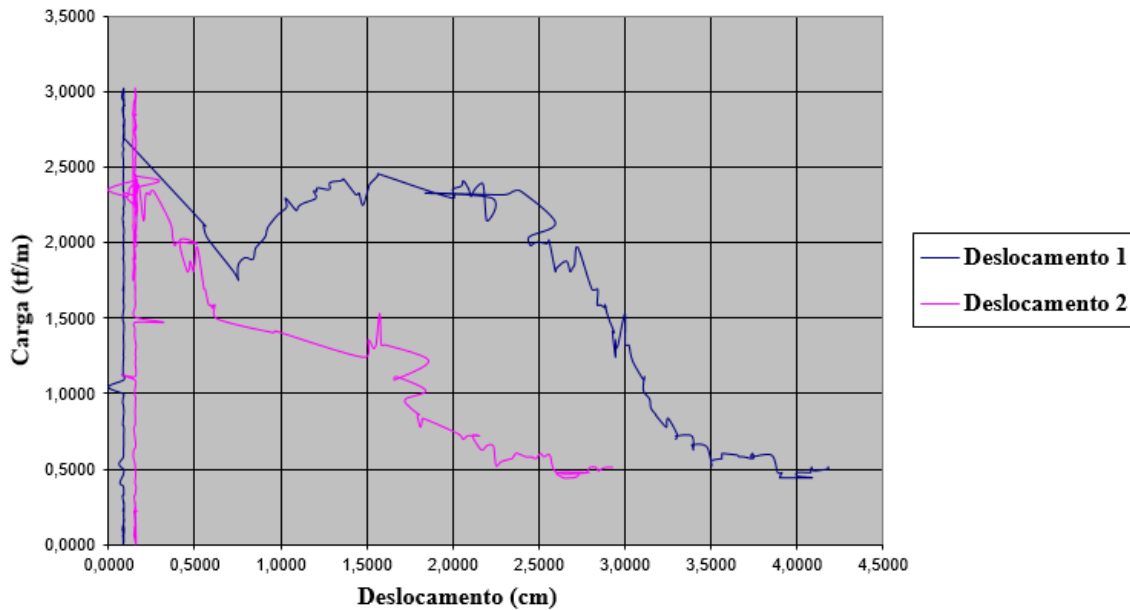
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 130 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



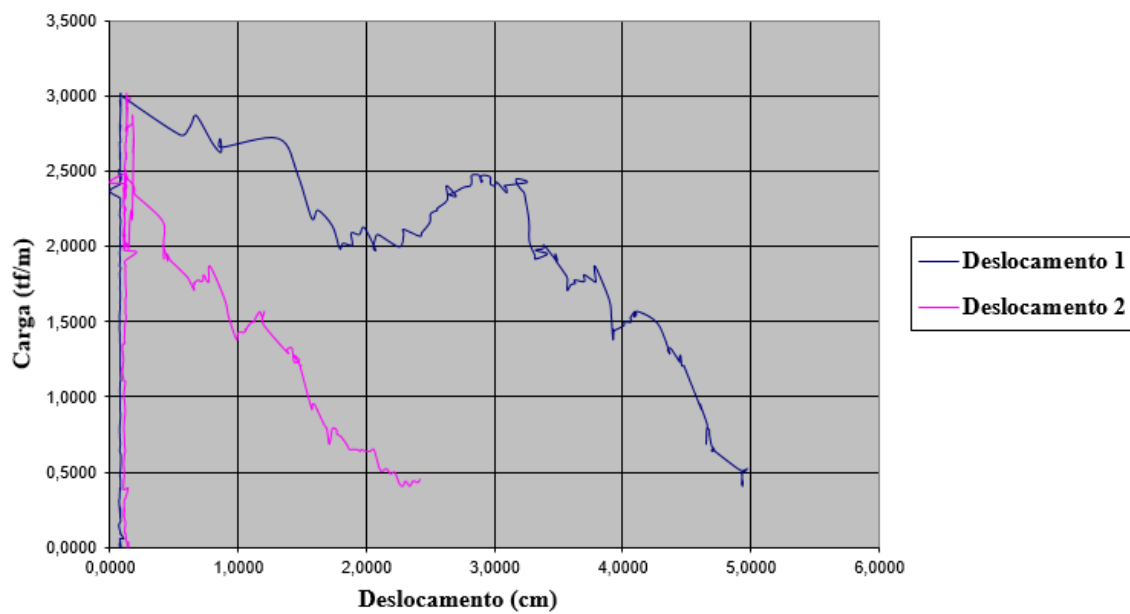
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 131 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



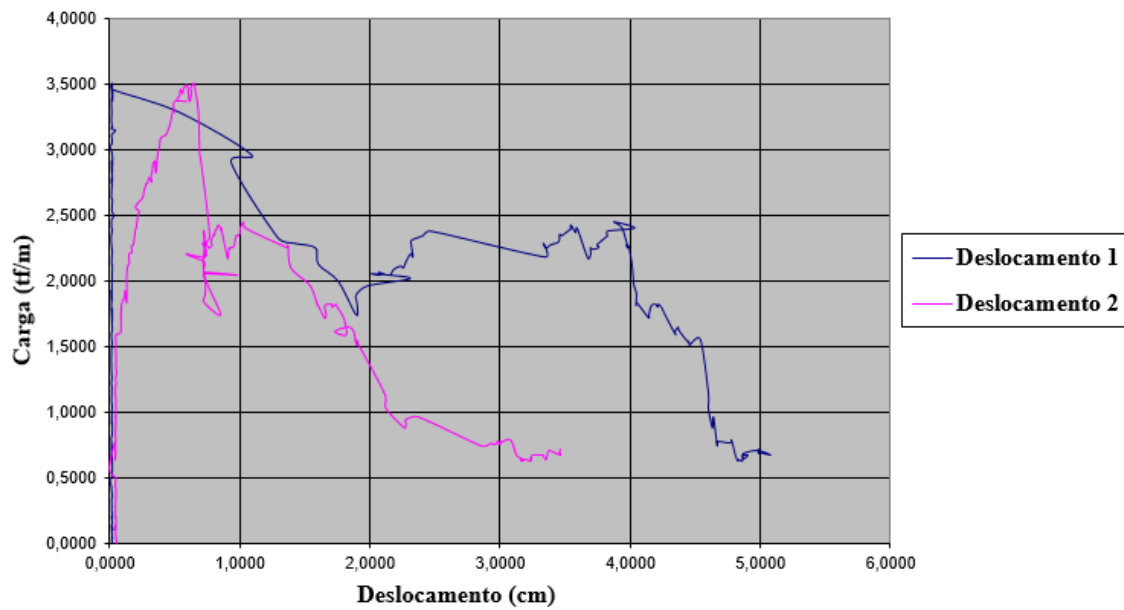
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 132 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



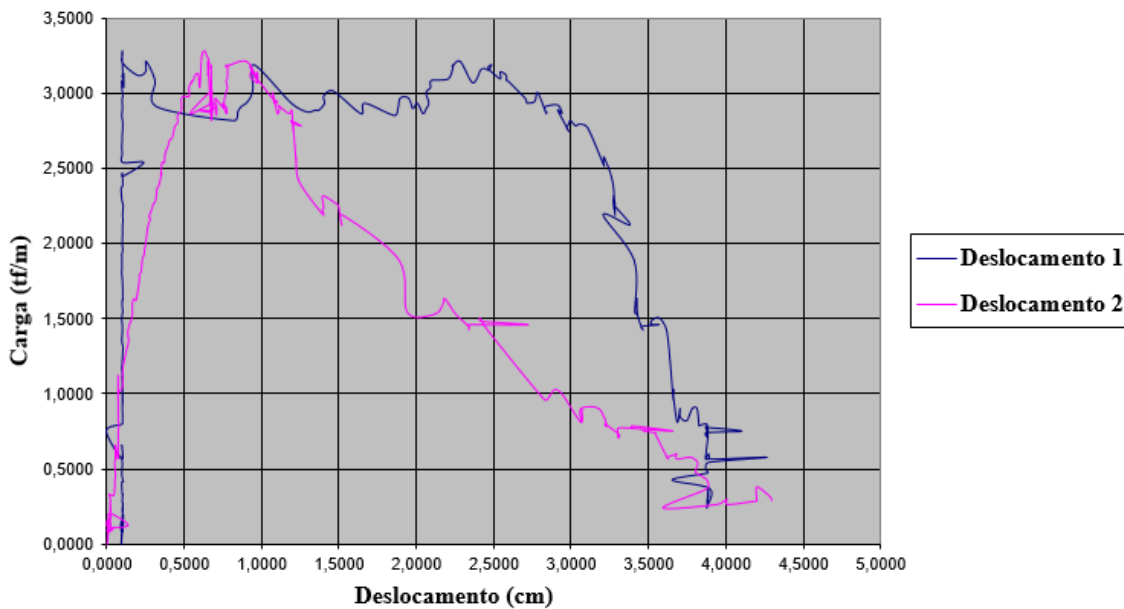
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 133 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



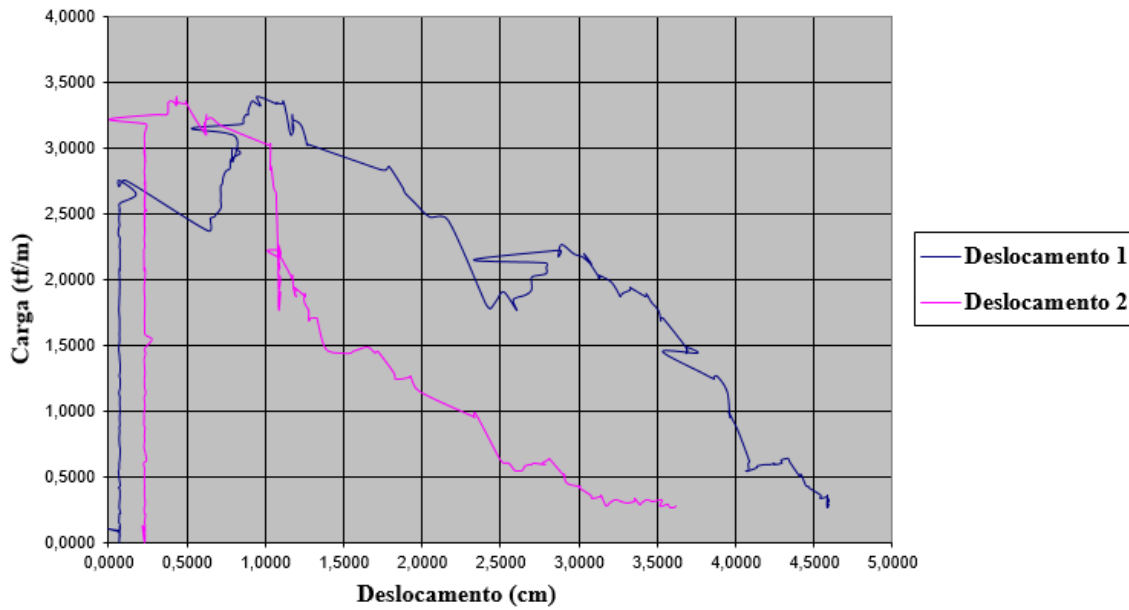
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 134 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



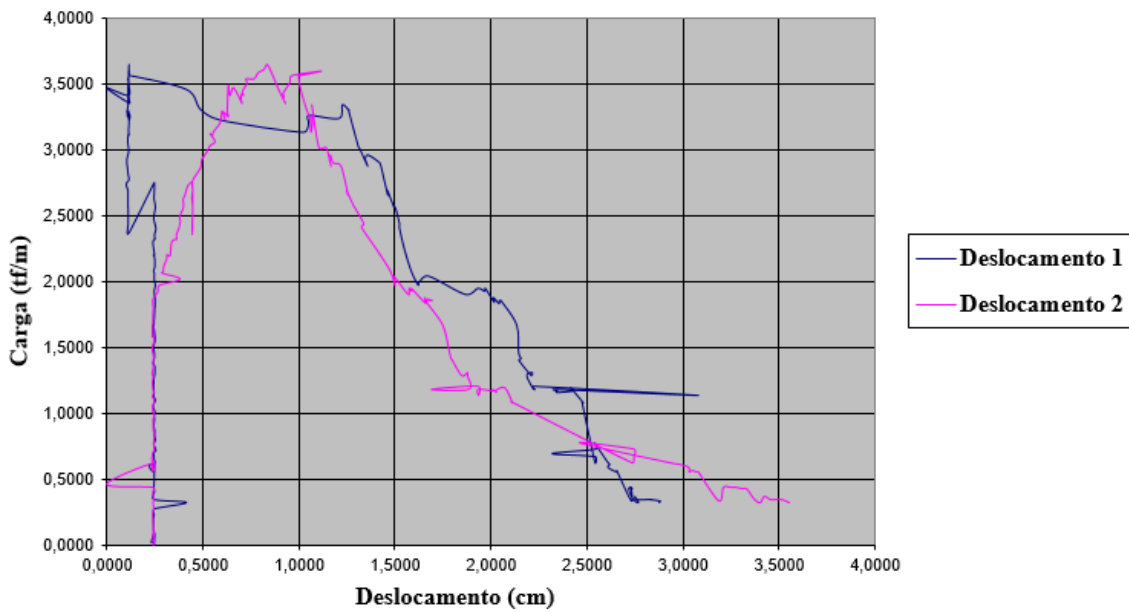
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 135 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

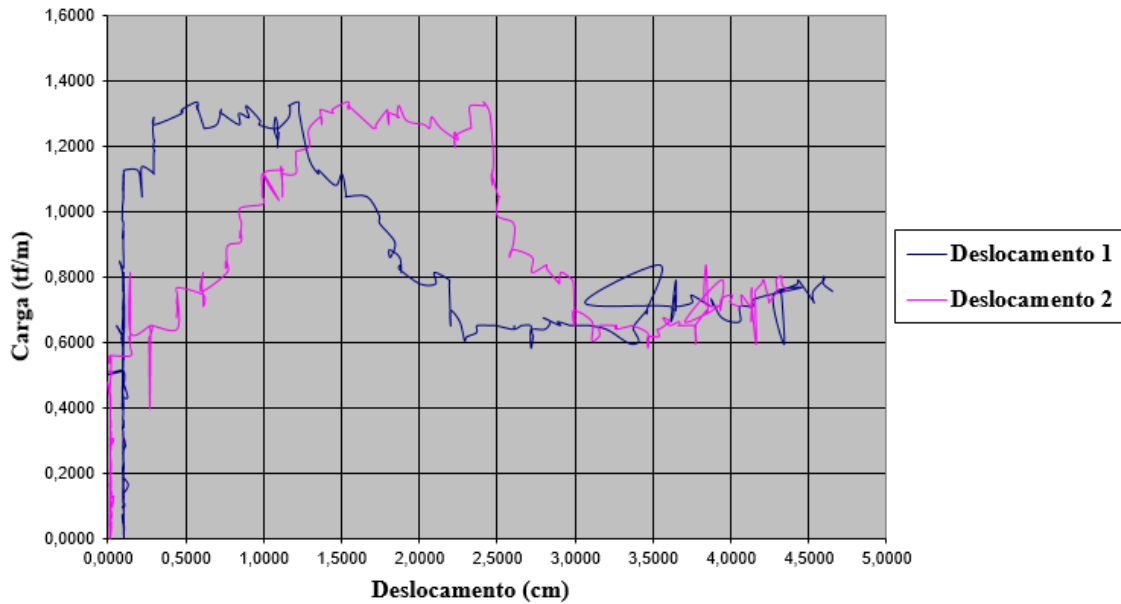
Figura 136 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

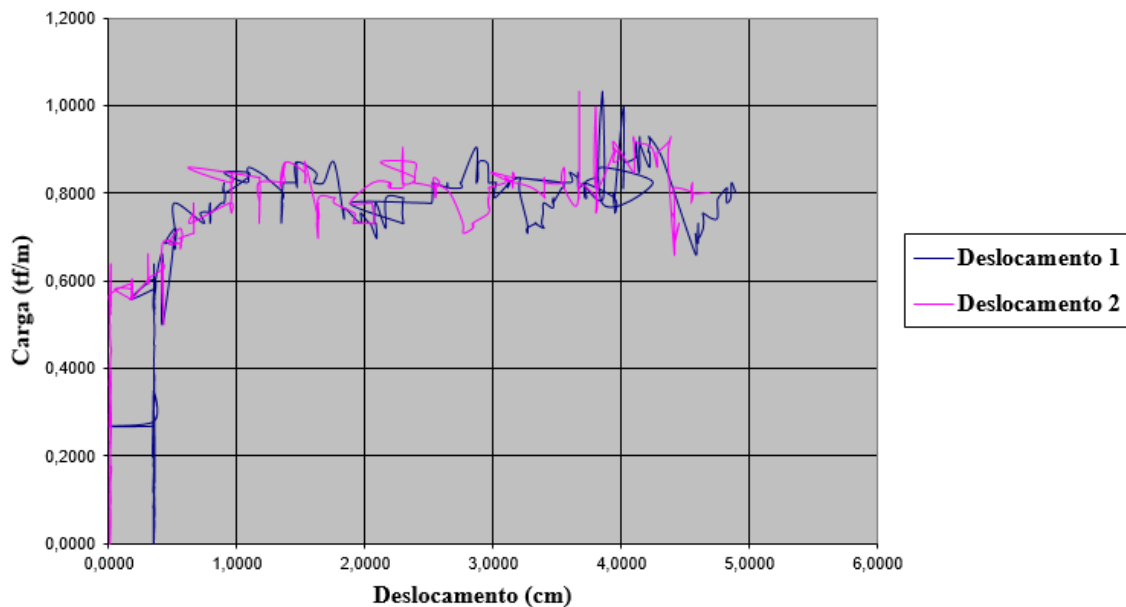
ANEXO C - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 80/30-20 com camada simples e dupla

Figura 137 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



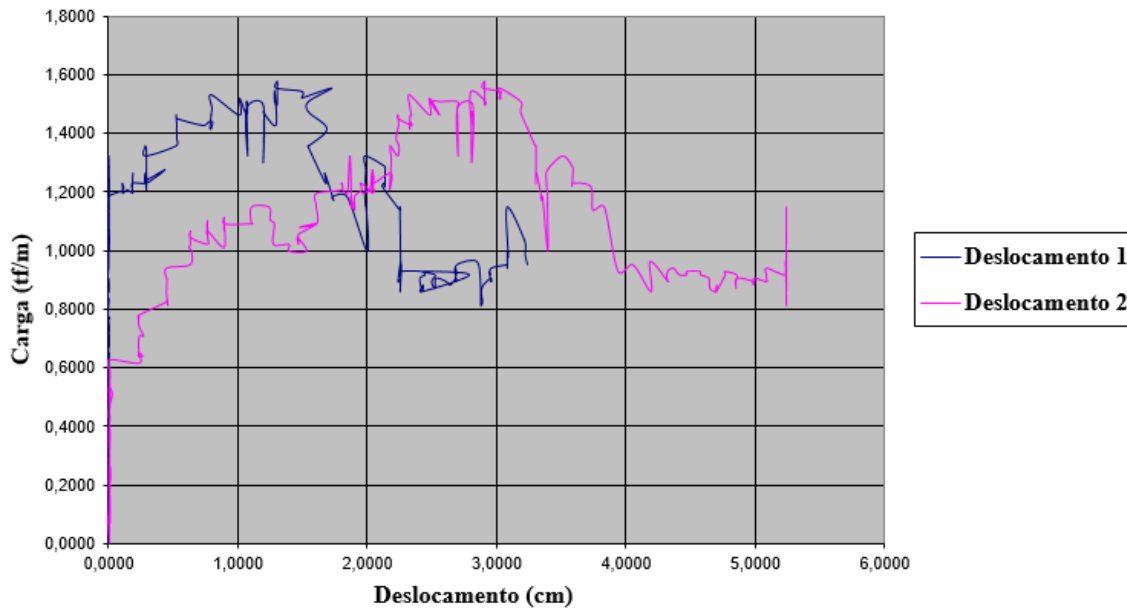
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 138 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



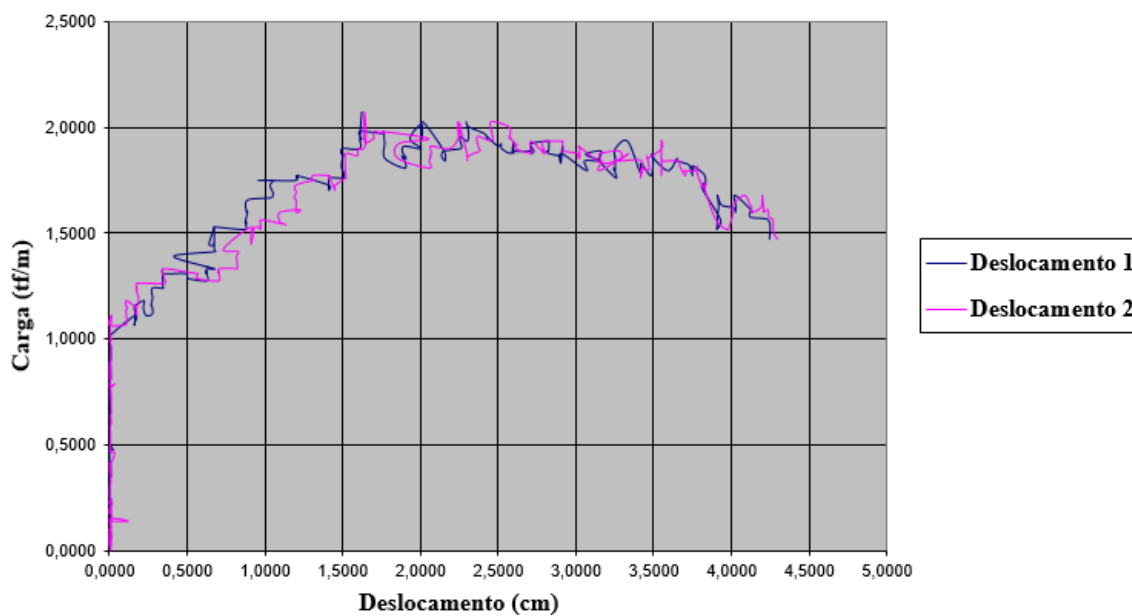
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 139 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



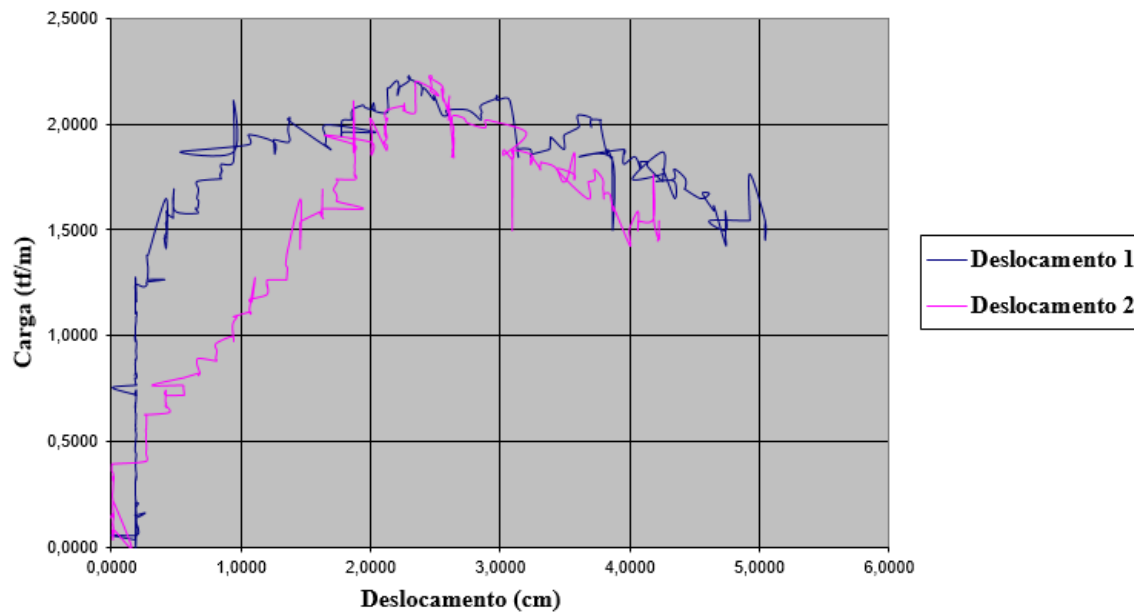
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 140 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



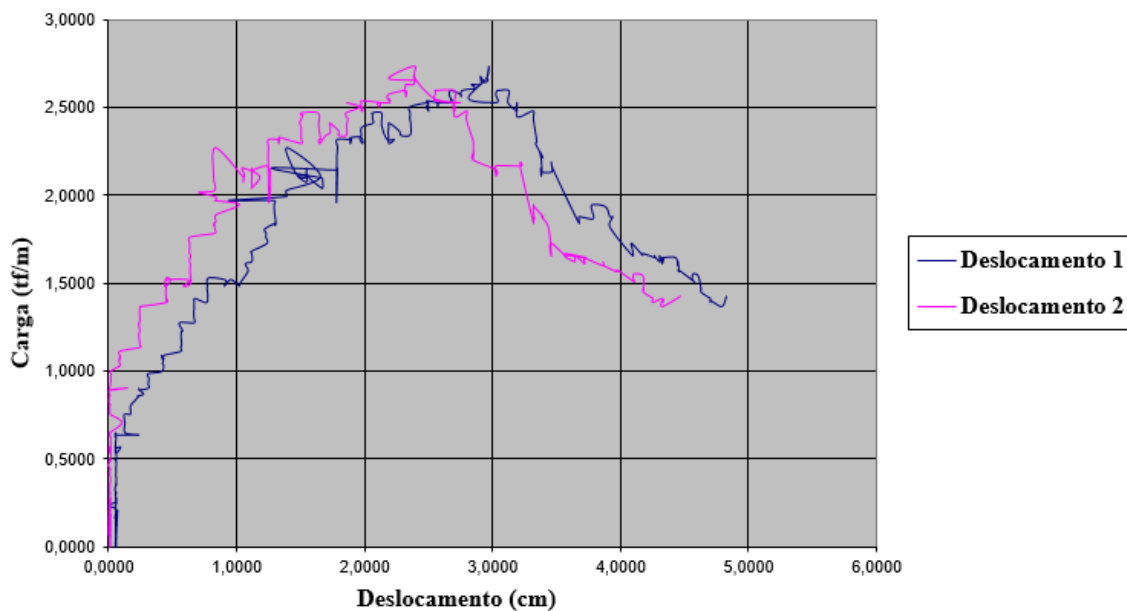
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 141 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



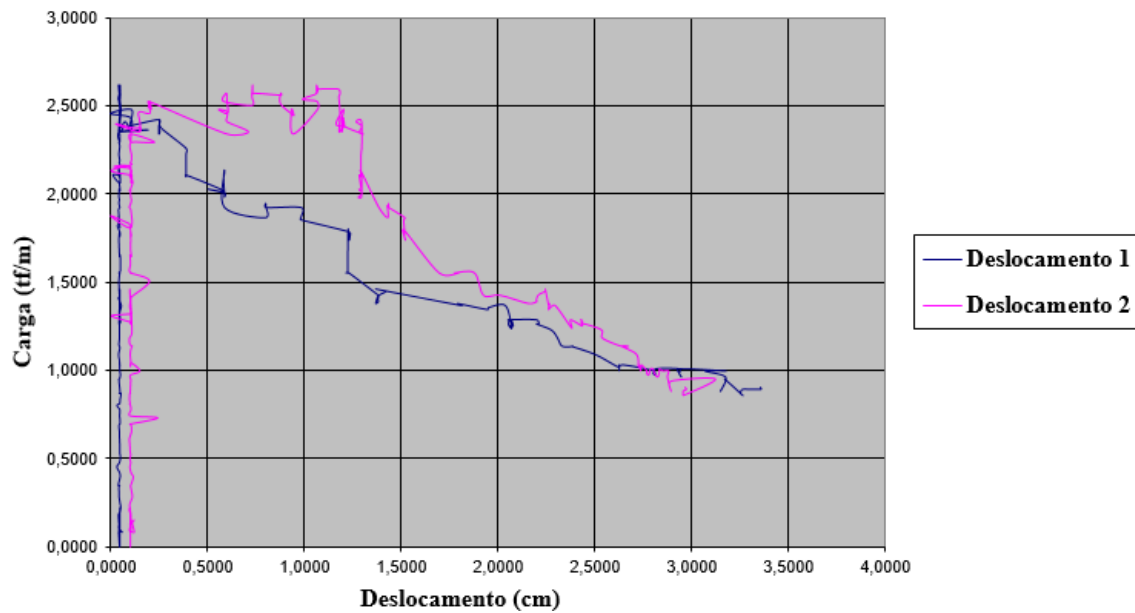
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 142 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



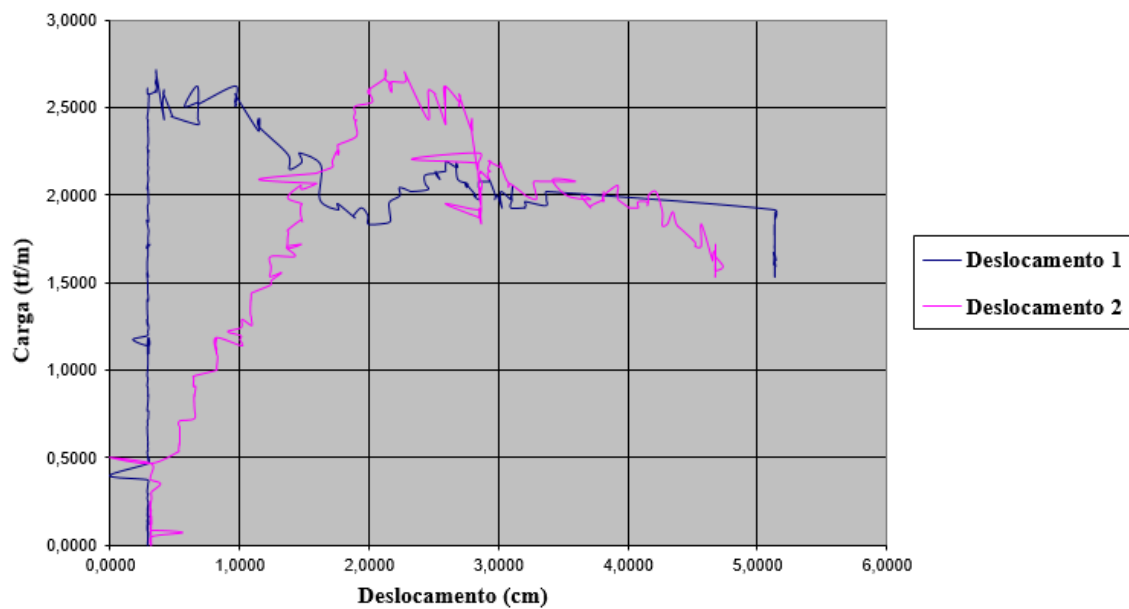
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 143 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



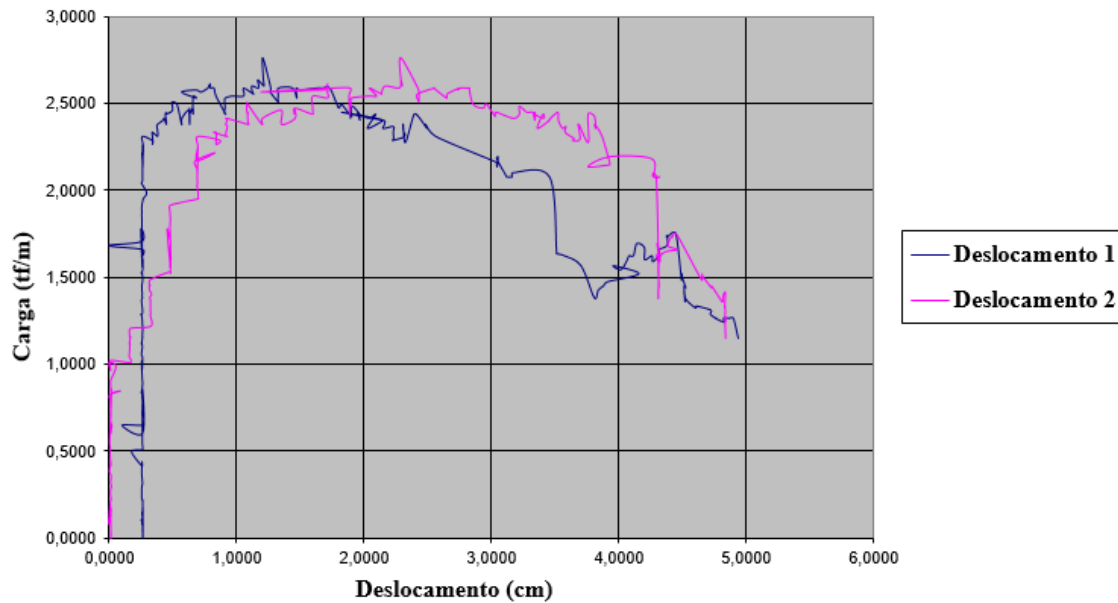
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 144 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



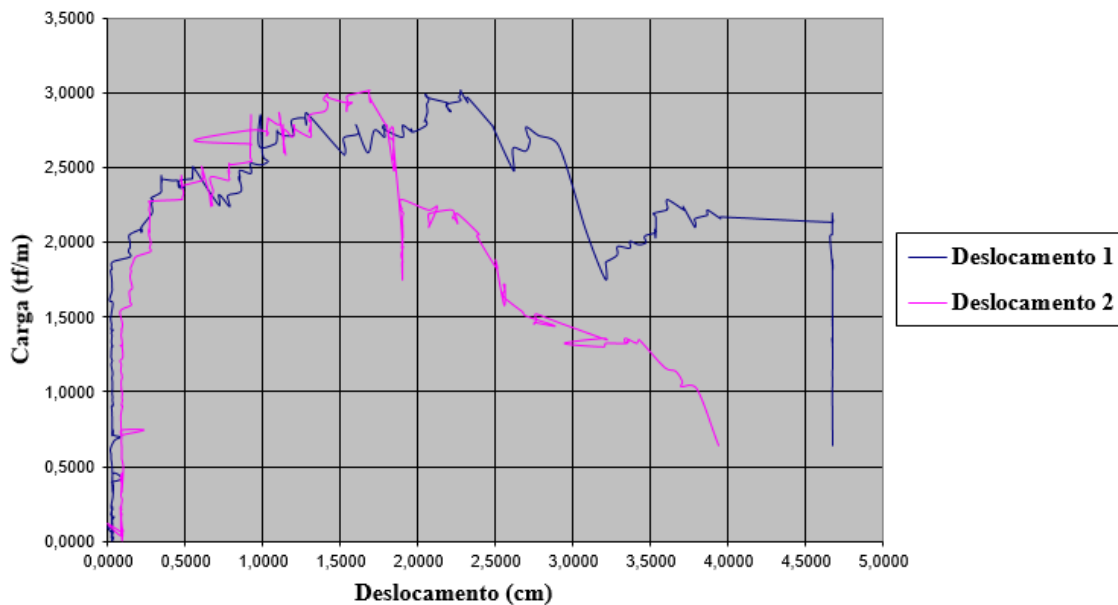
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 145 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



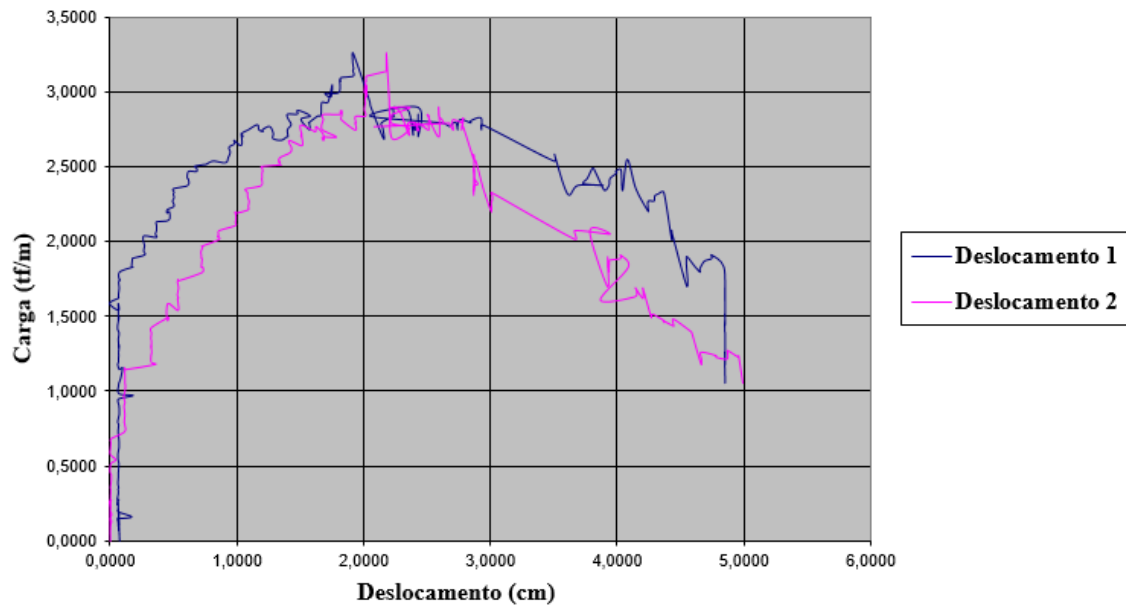
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 146 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



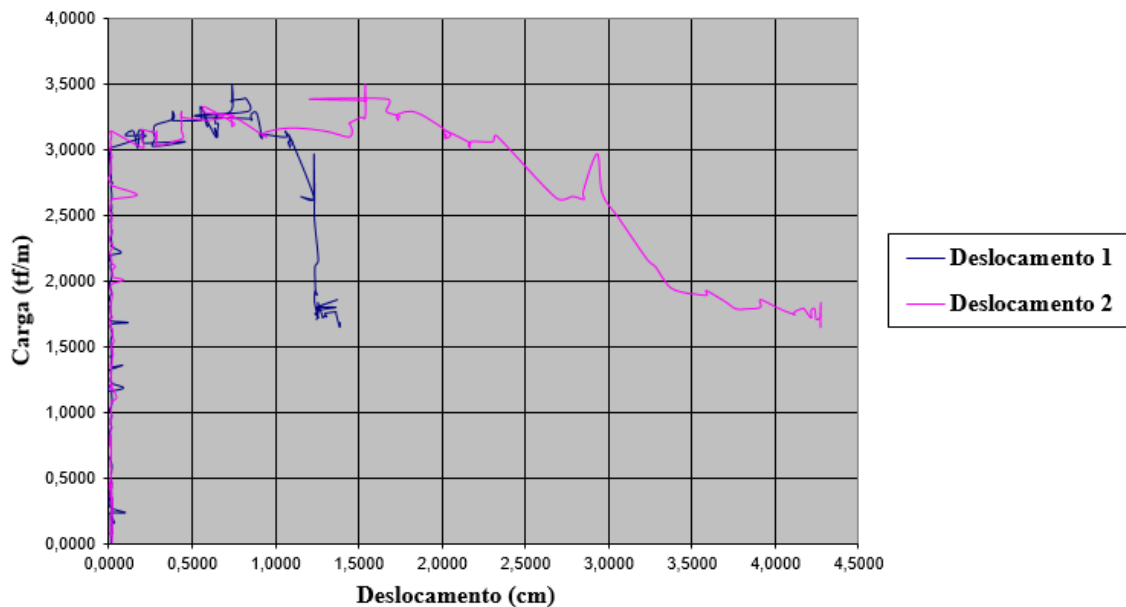
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 147 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



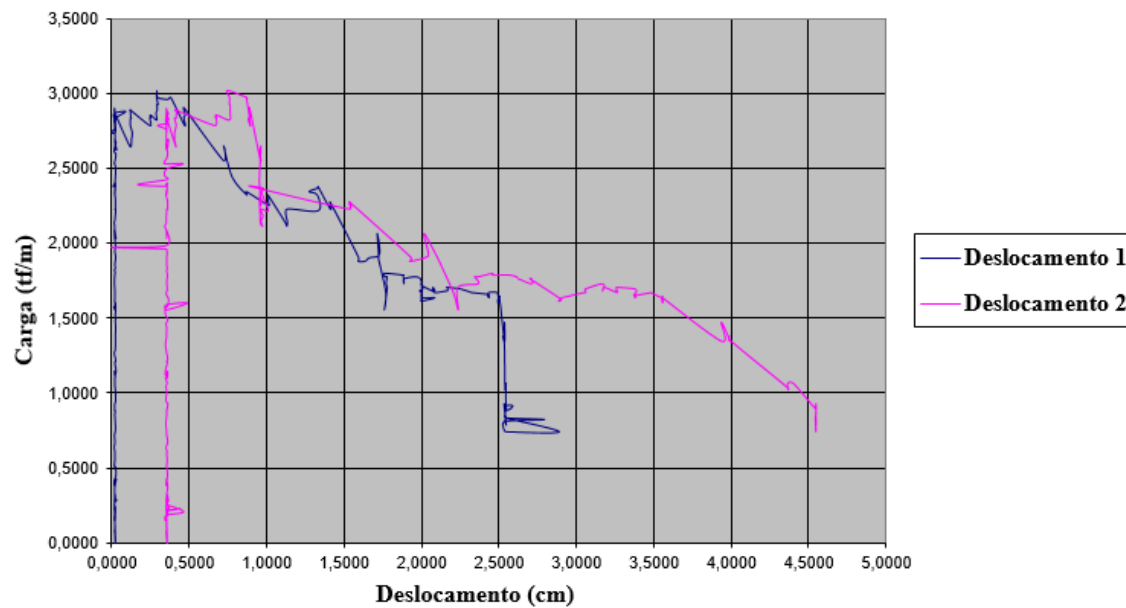
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 148 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



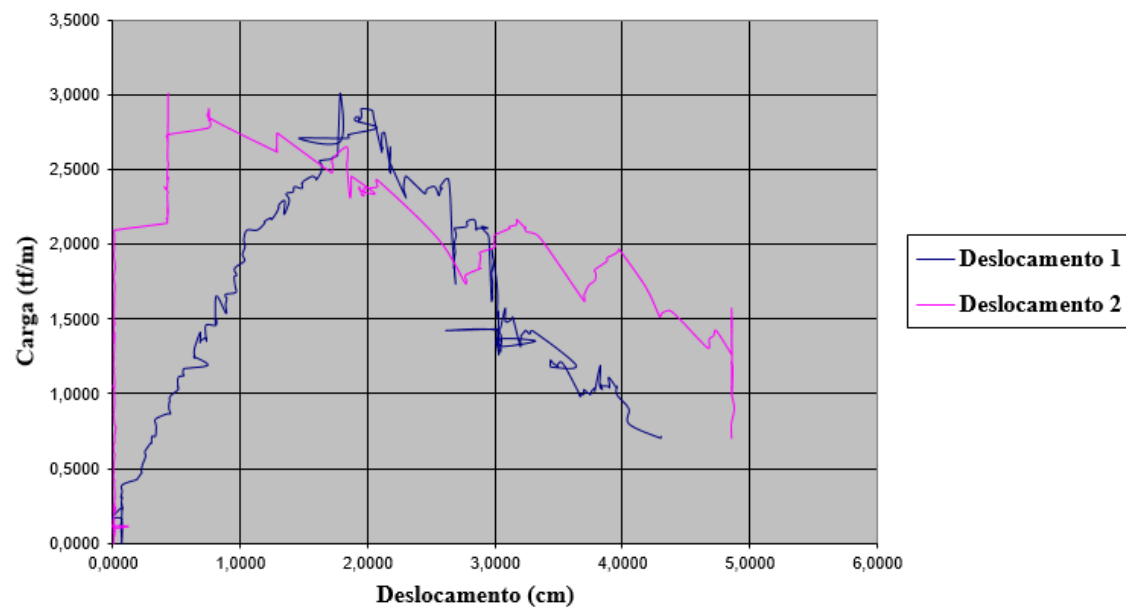
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 149 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



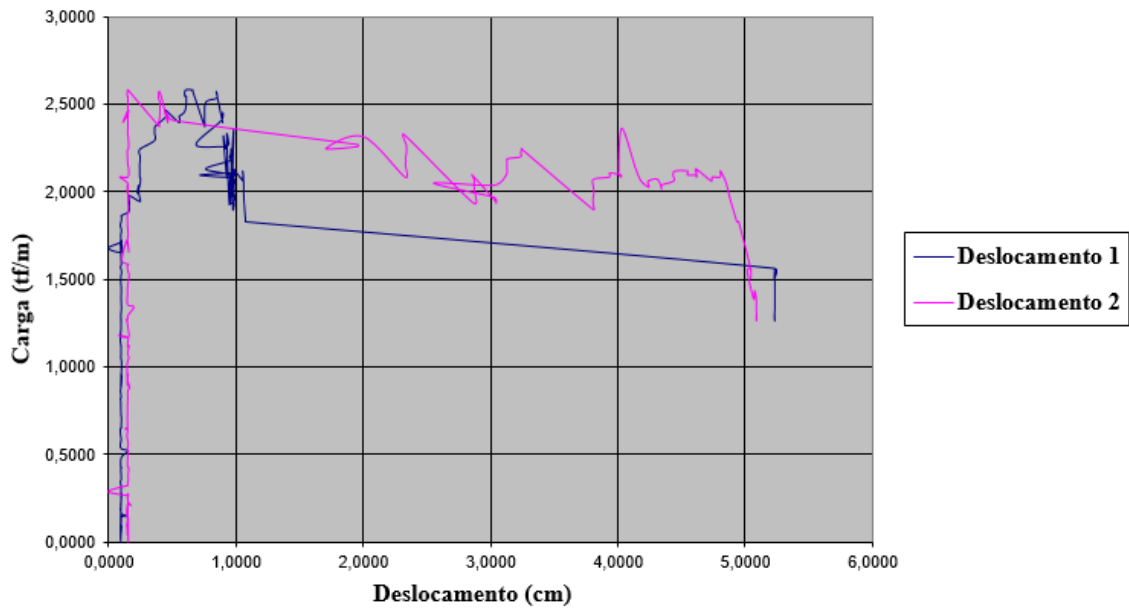
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 150 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



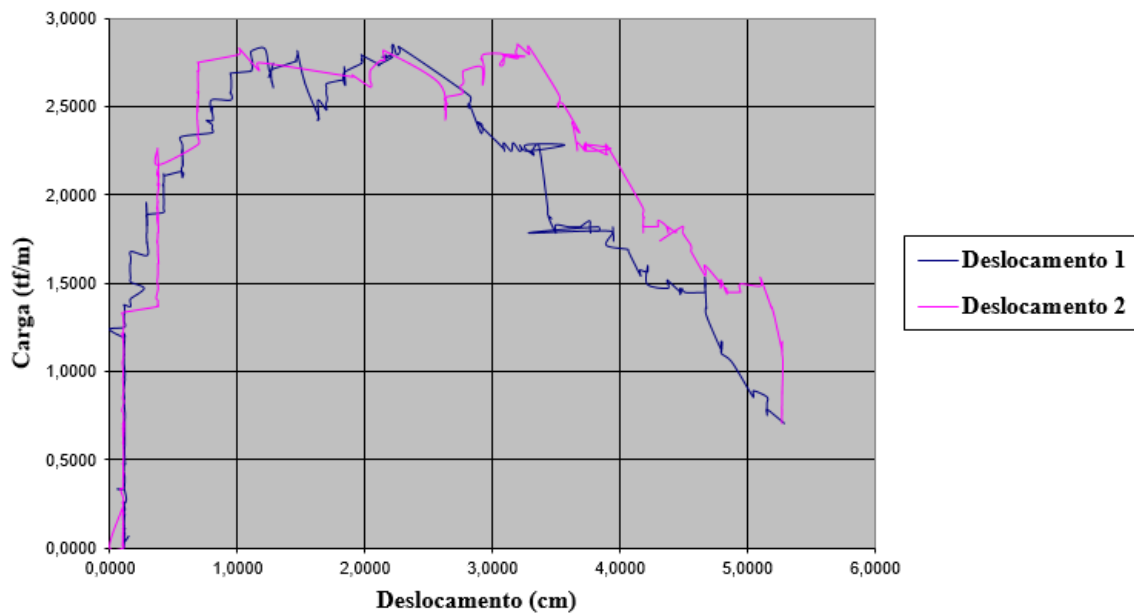
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 151 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



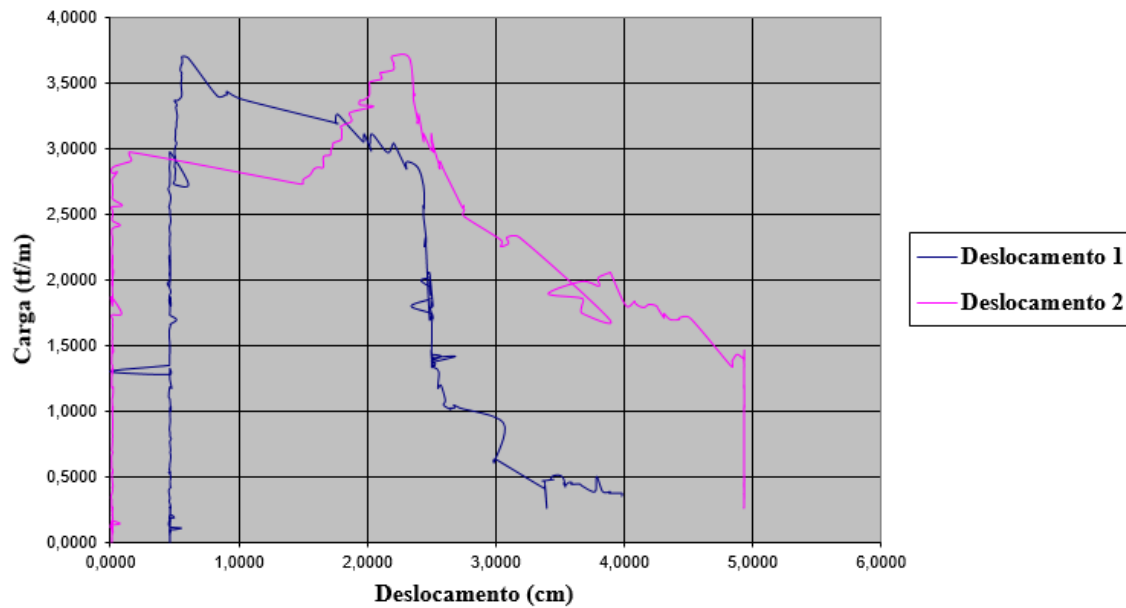
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 152 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



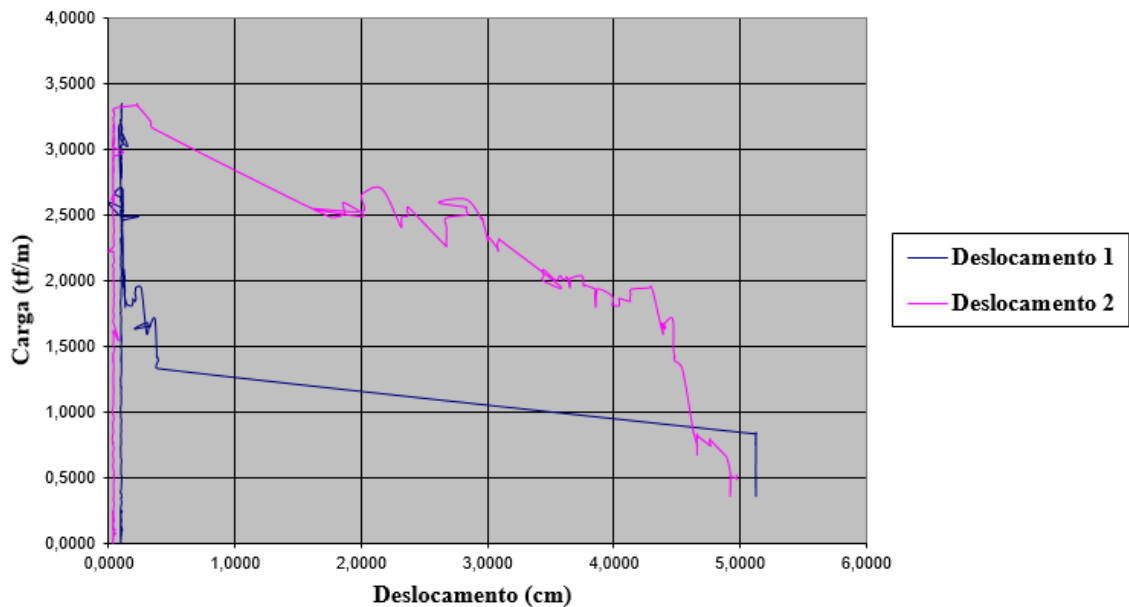
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 153 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



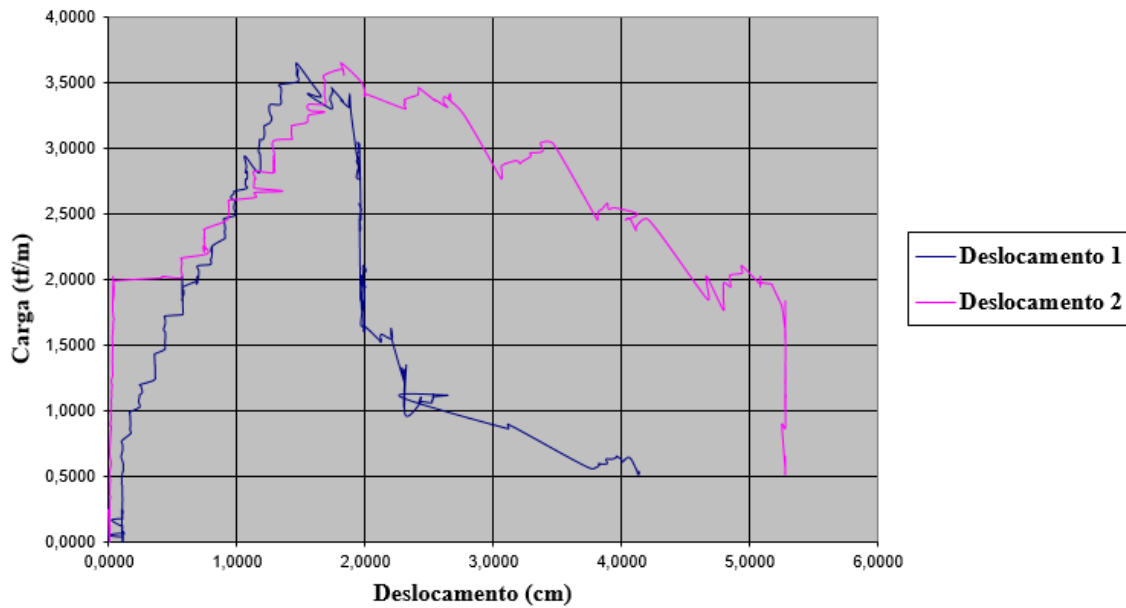
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 154 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



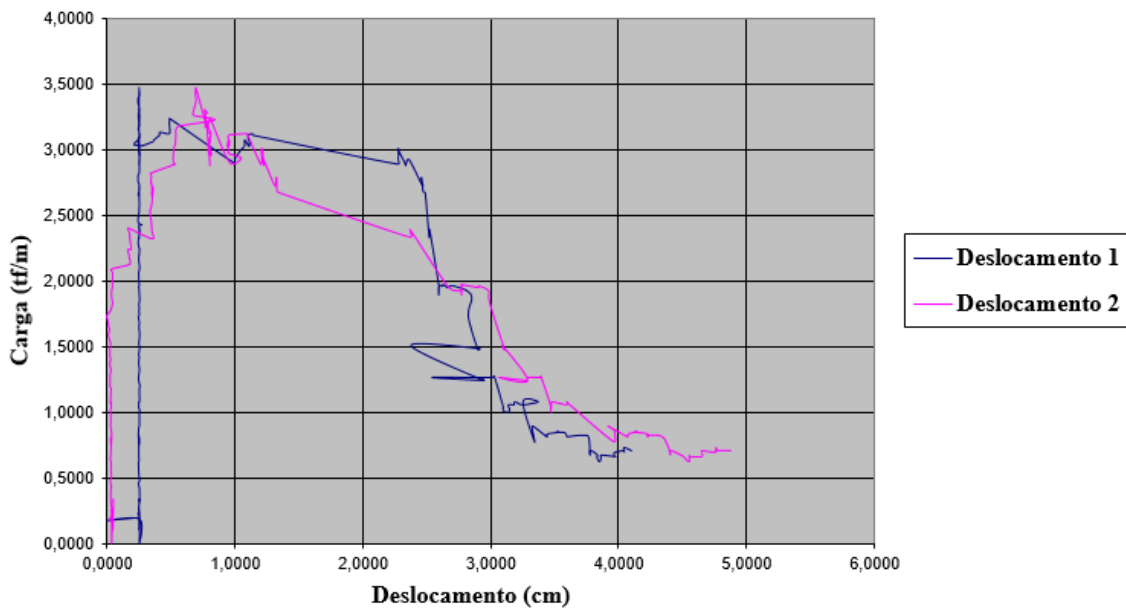
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 155 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



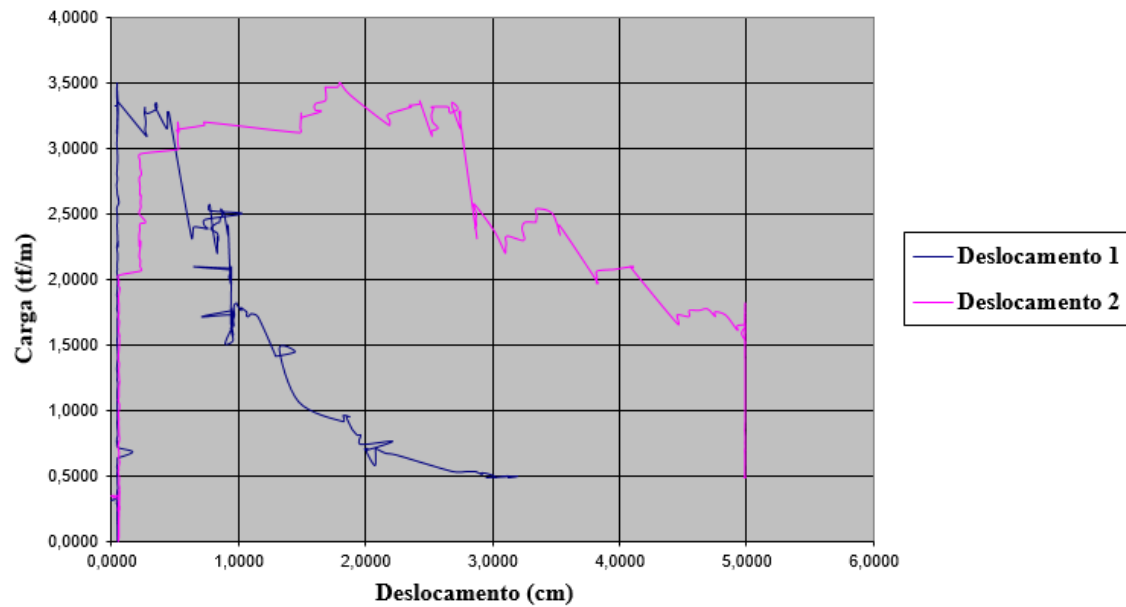
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 156 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



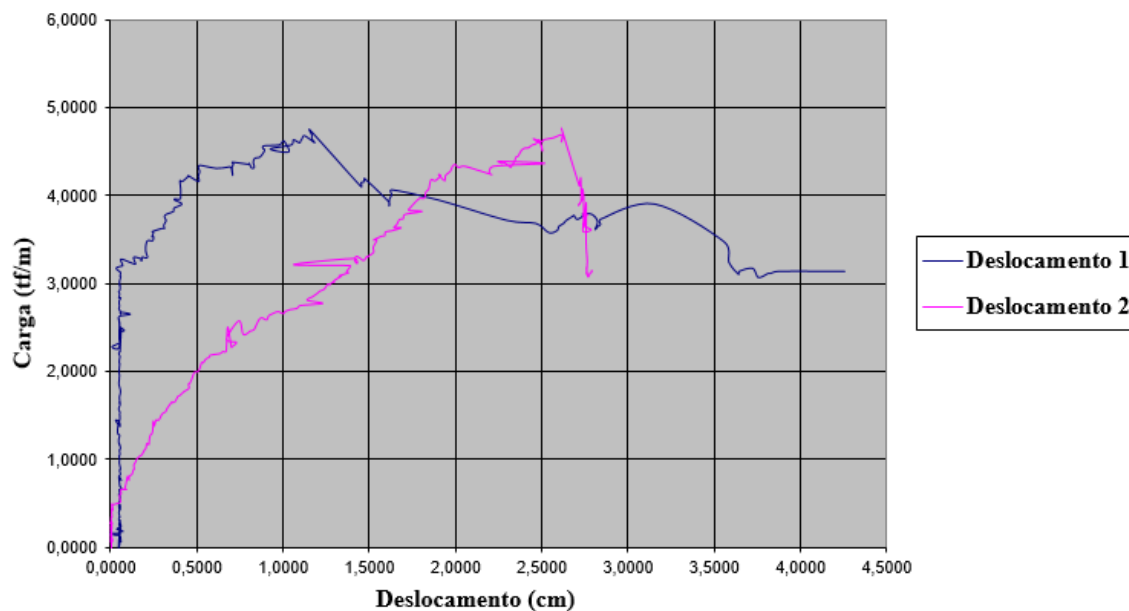
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 157 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



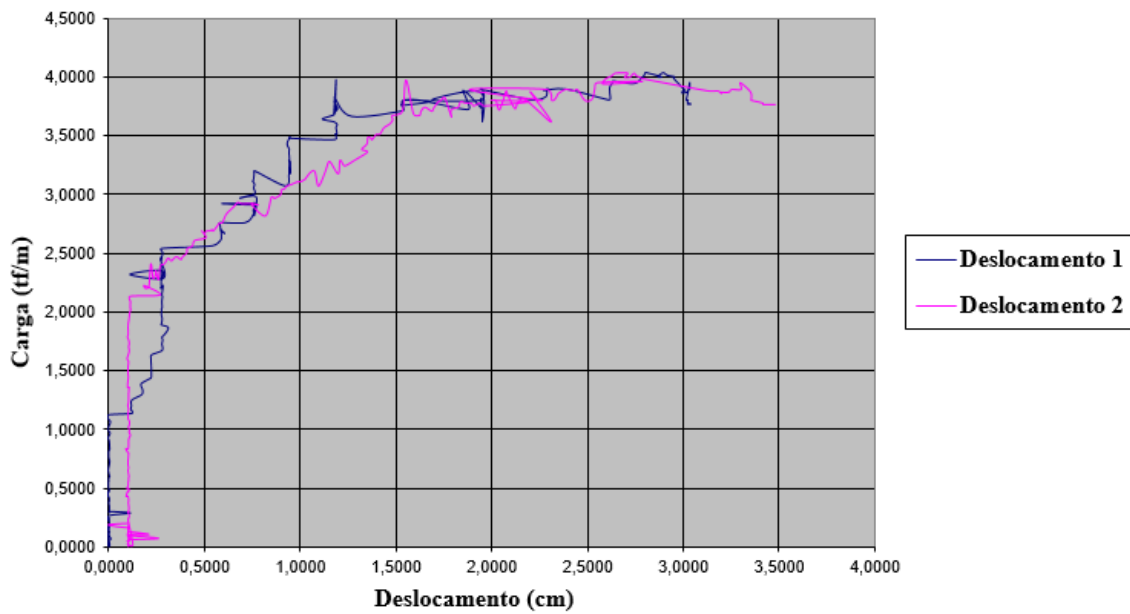
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 158 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



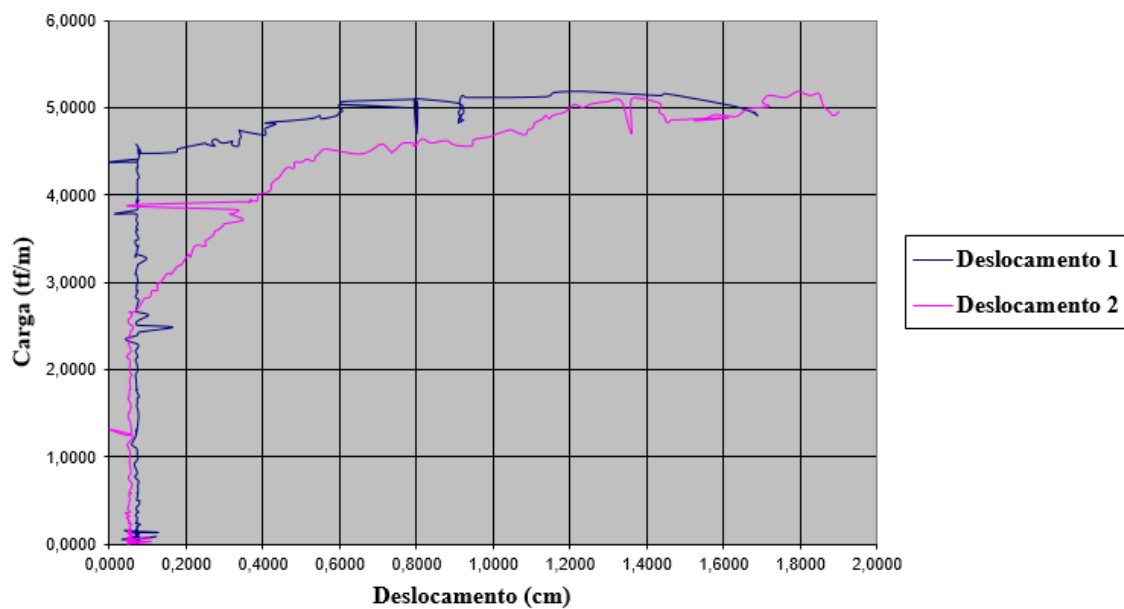
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 159 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



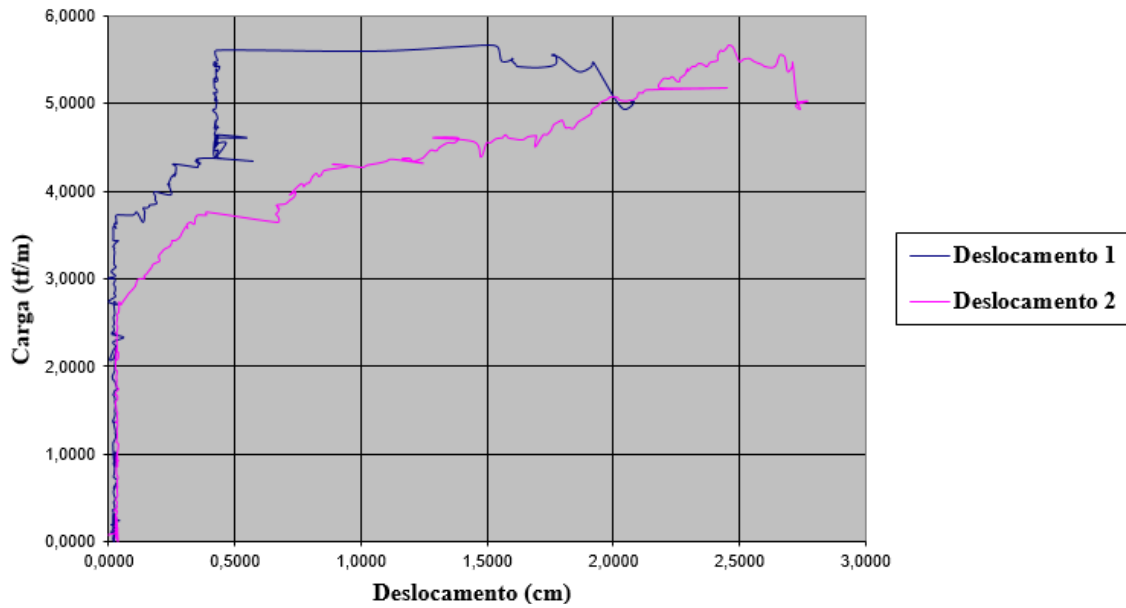
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 160 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



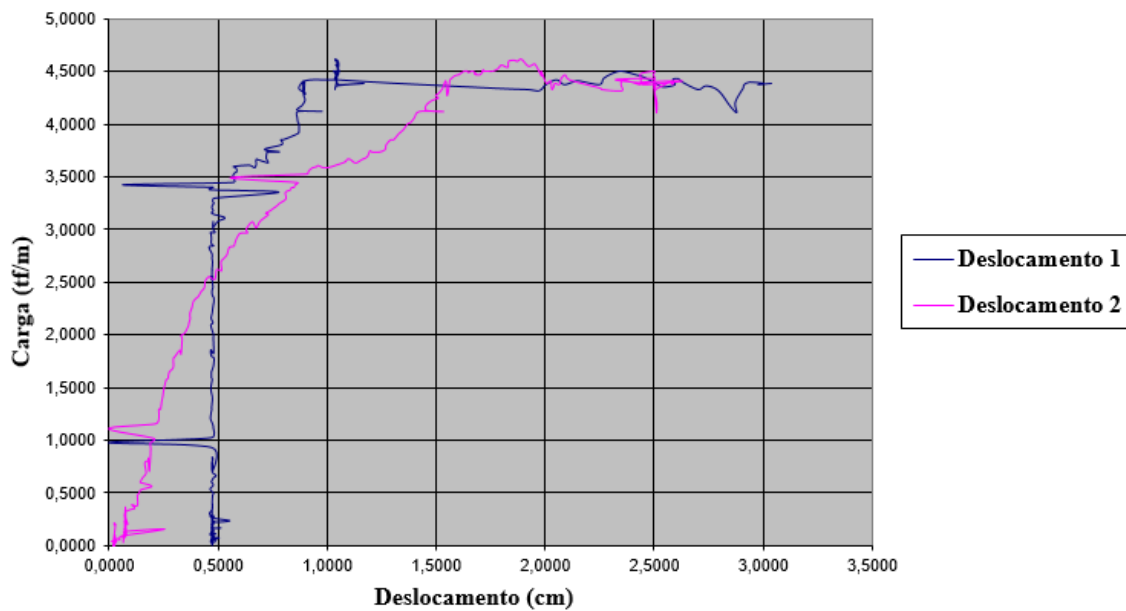
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 161 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



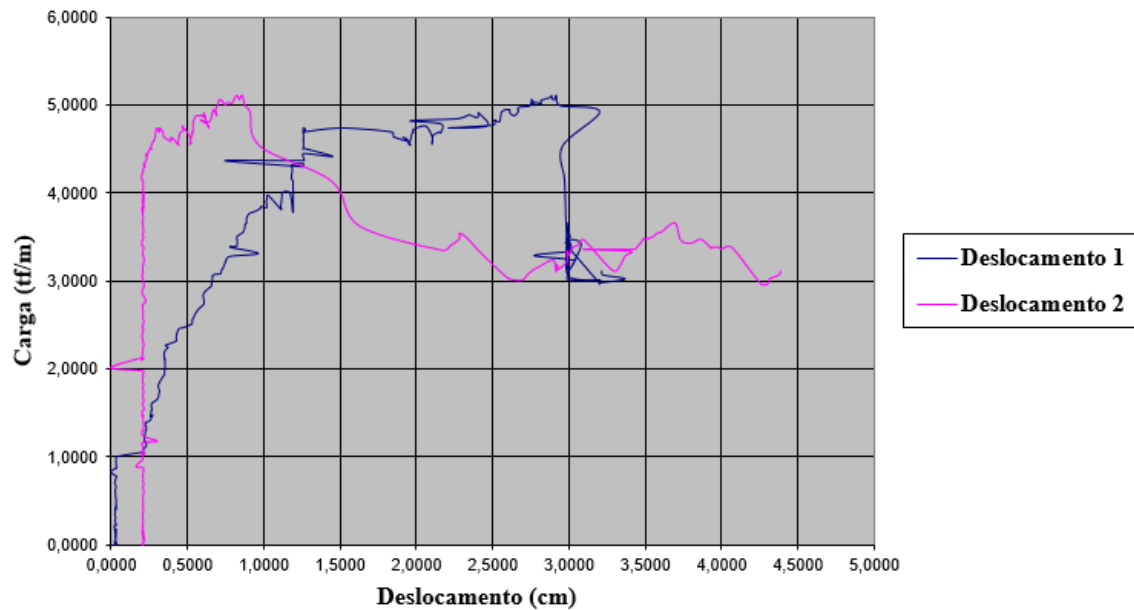
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 162 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



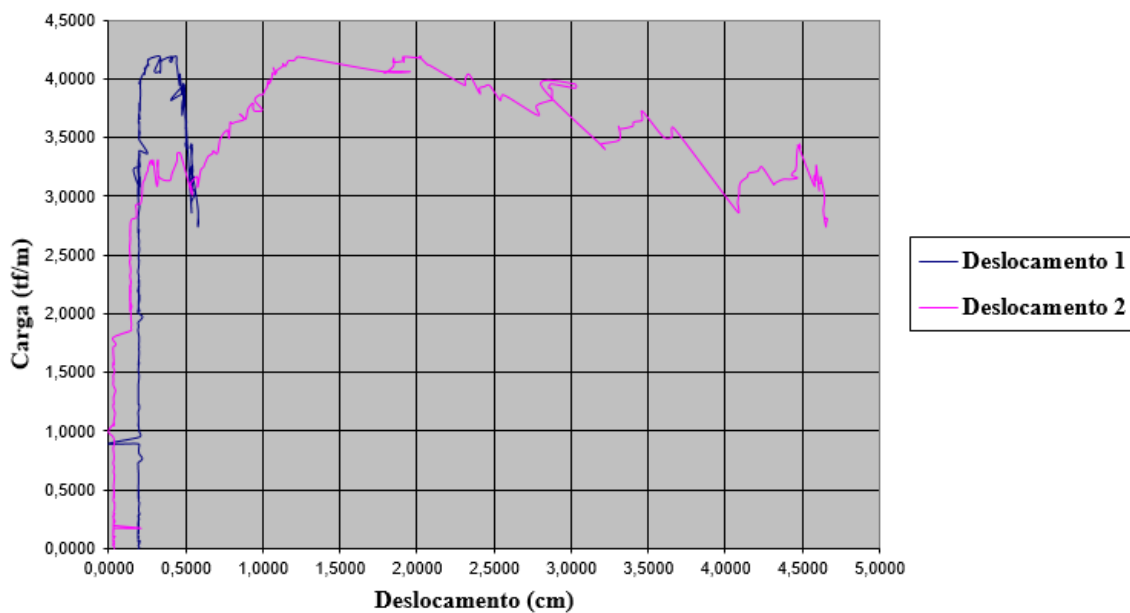
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 163 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 164 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 165 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)

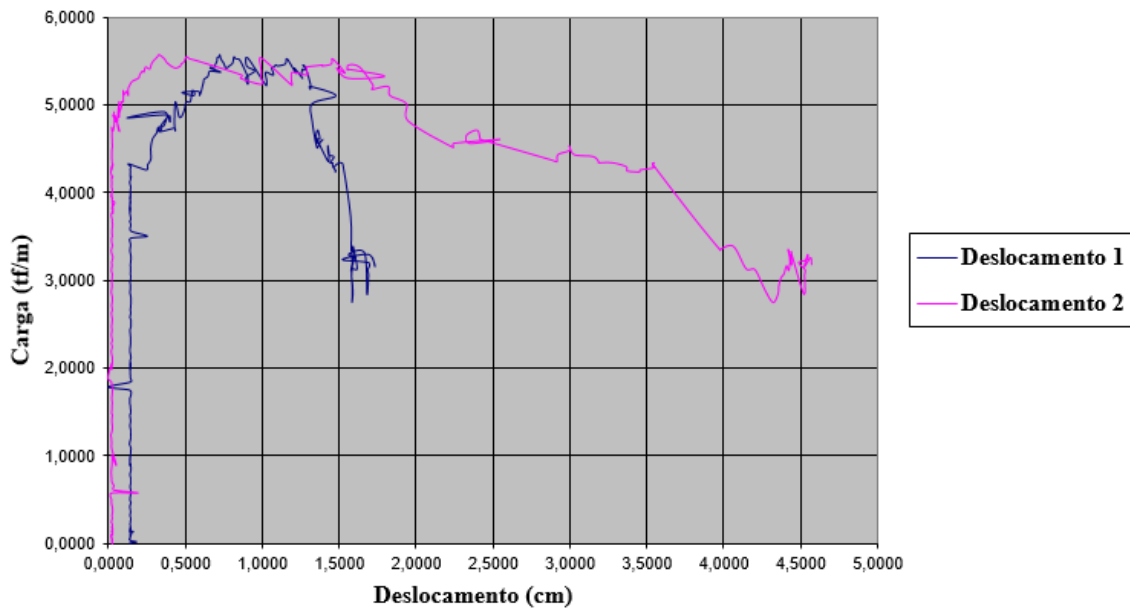


Figura 166 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)

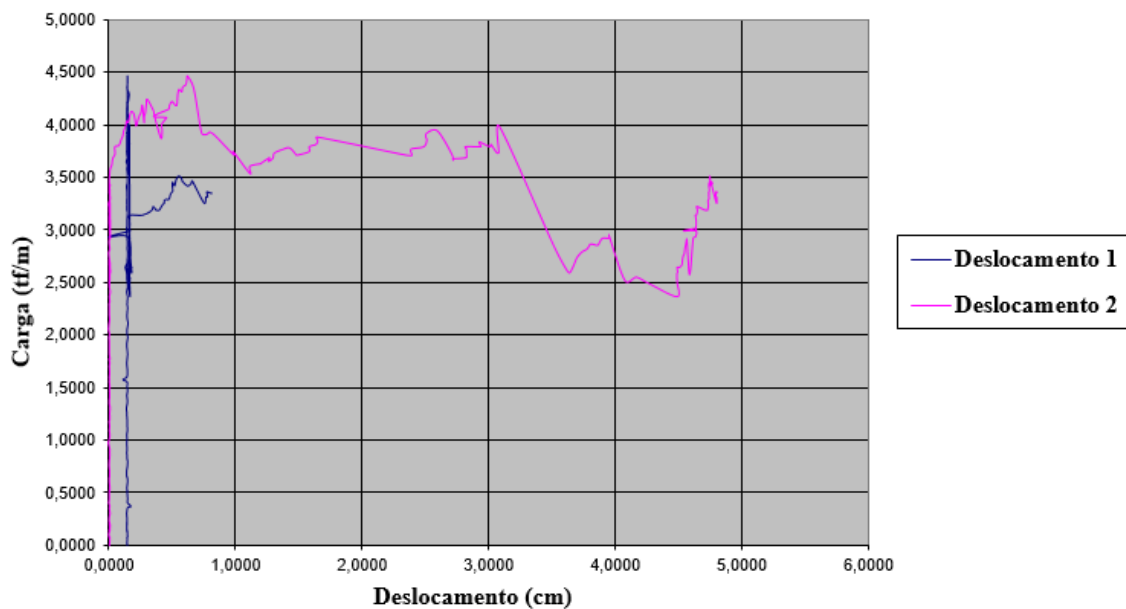
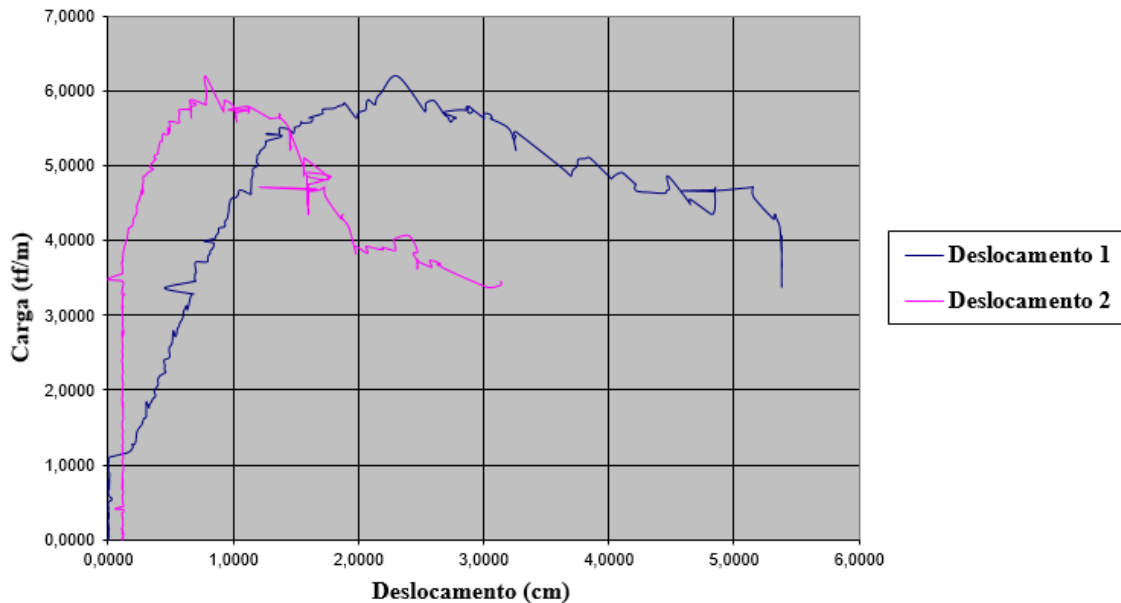
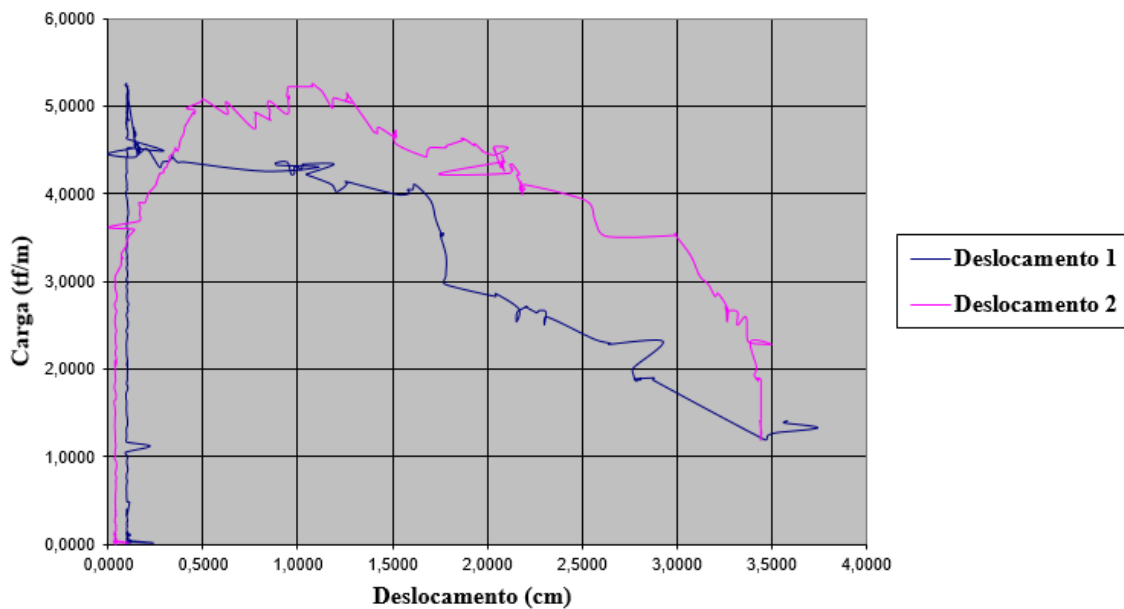


Figura 167 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



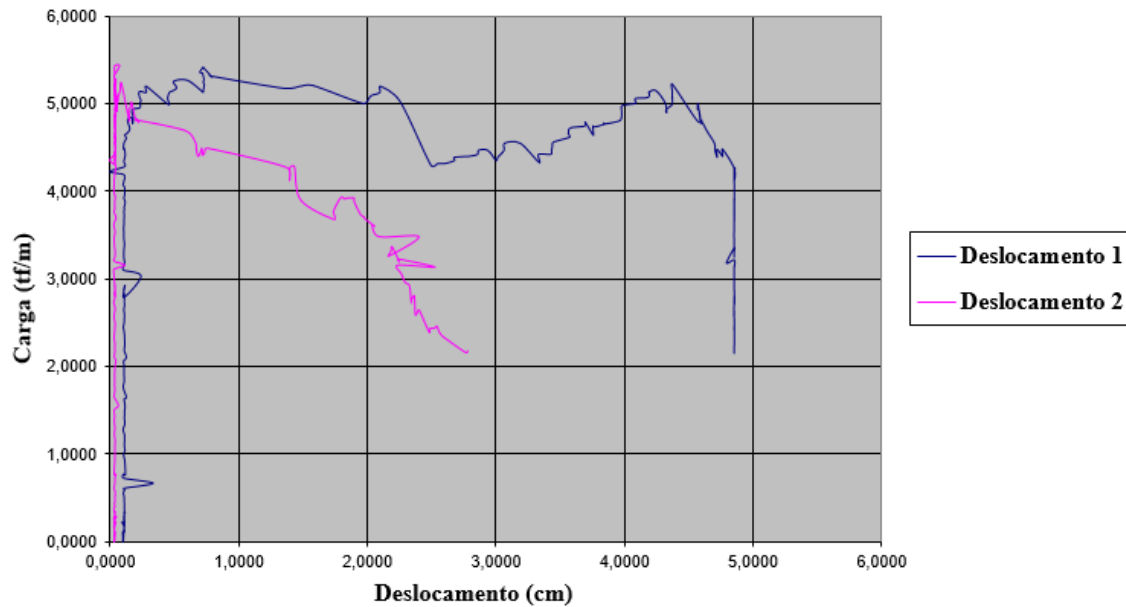
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 168 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



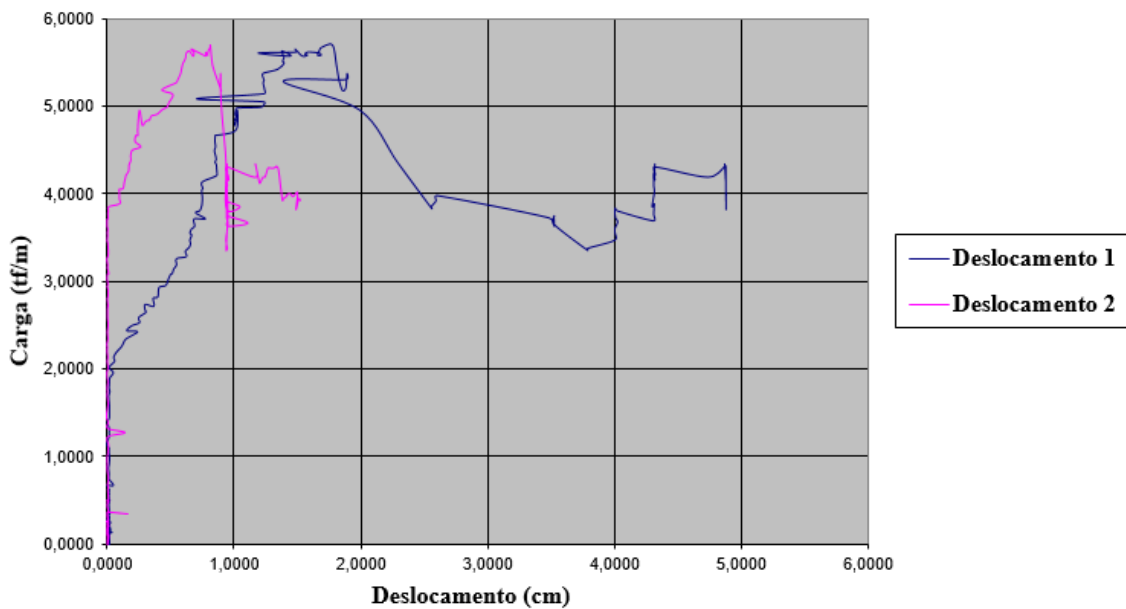
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 169 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



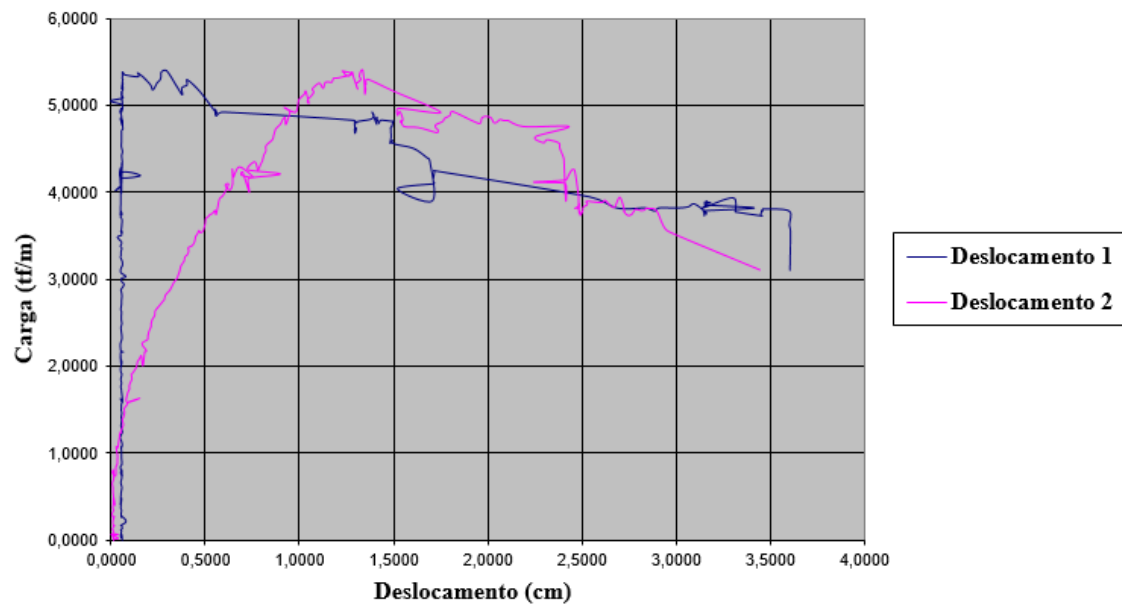
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 170 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

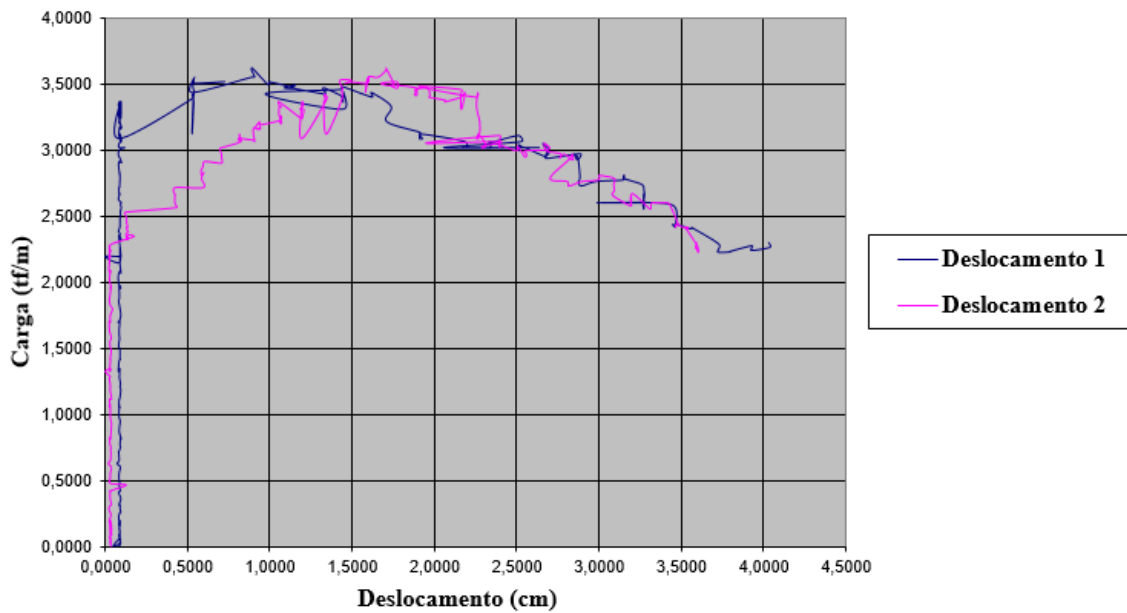
Figura 171 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

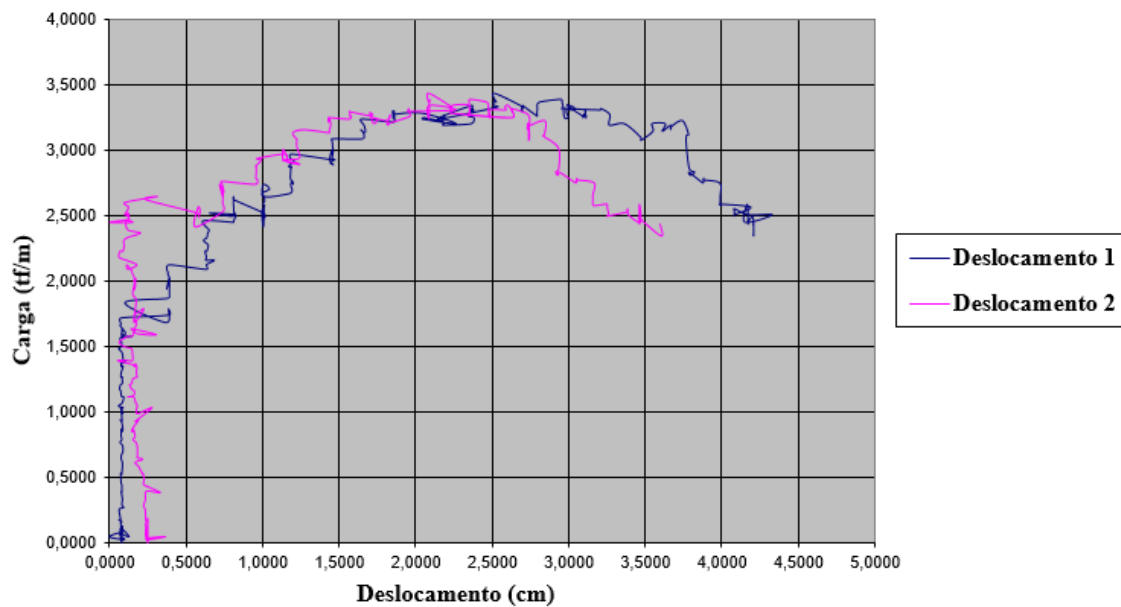
ANEXO D - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30-20 com camada simples e dupla

Figura 172 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



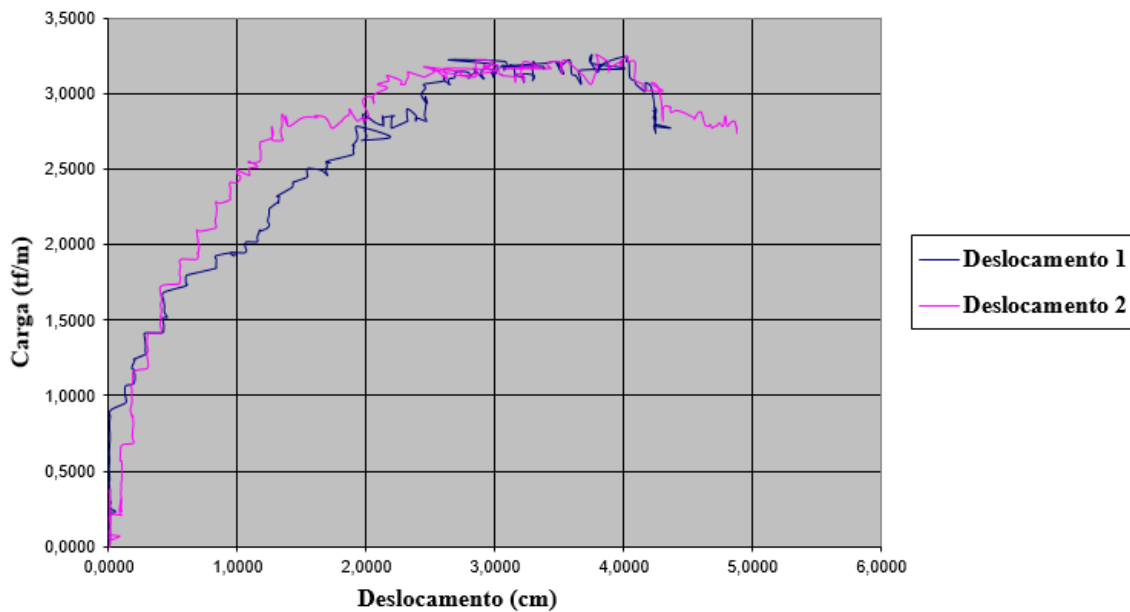
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 173 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



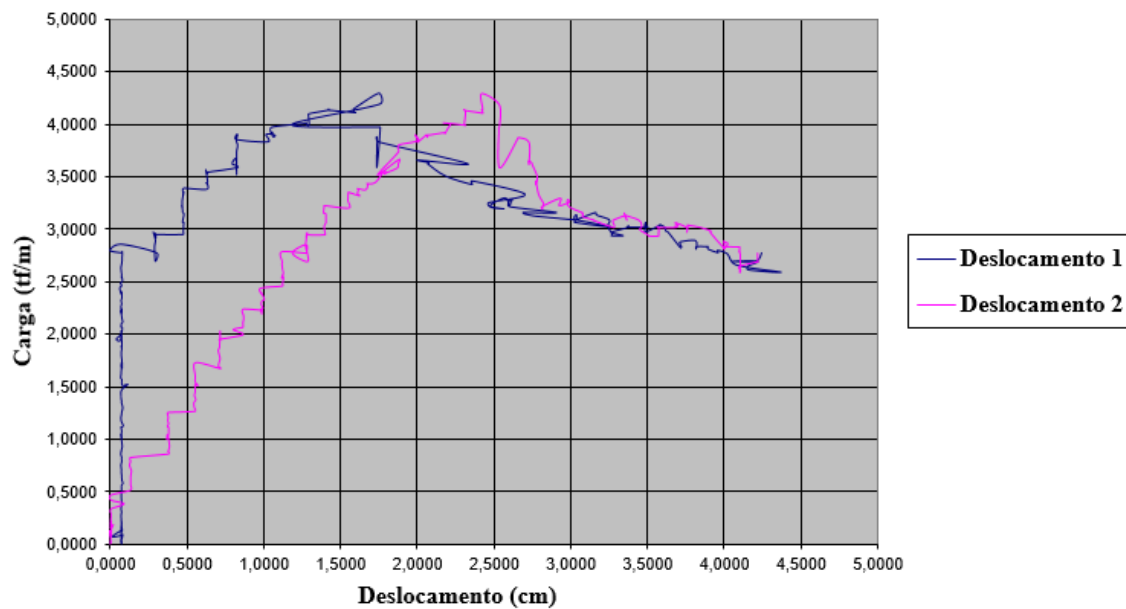
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 174 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



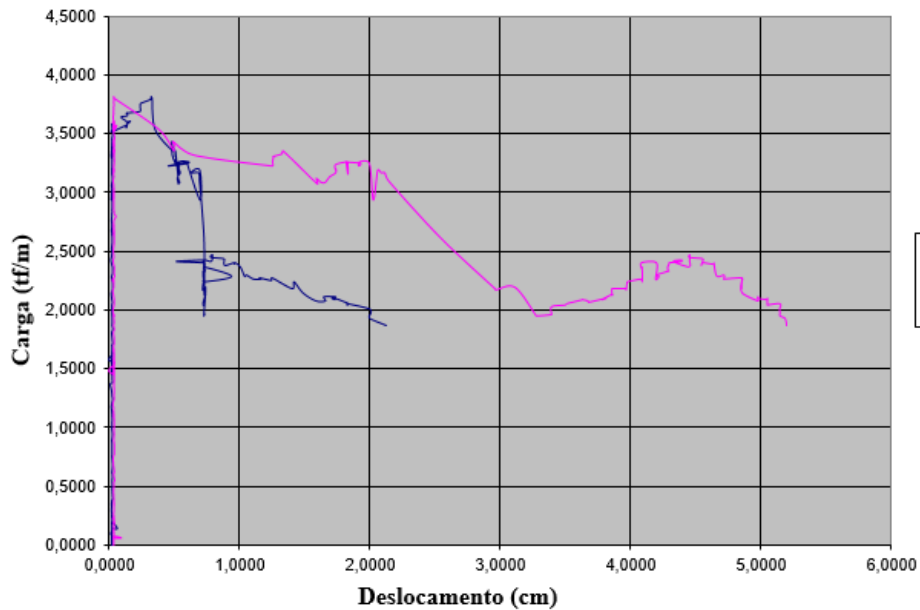
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 175 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



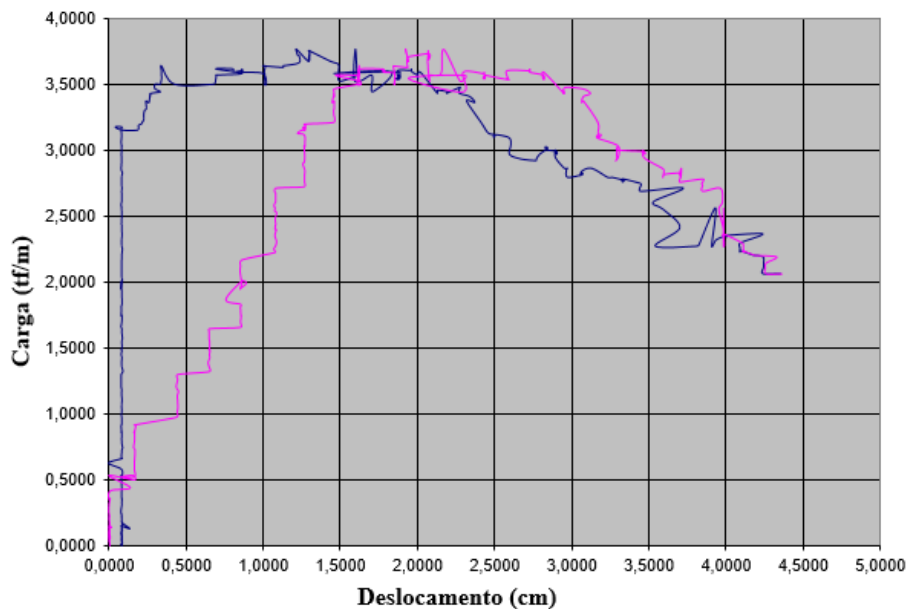
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 176 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



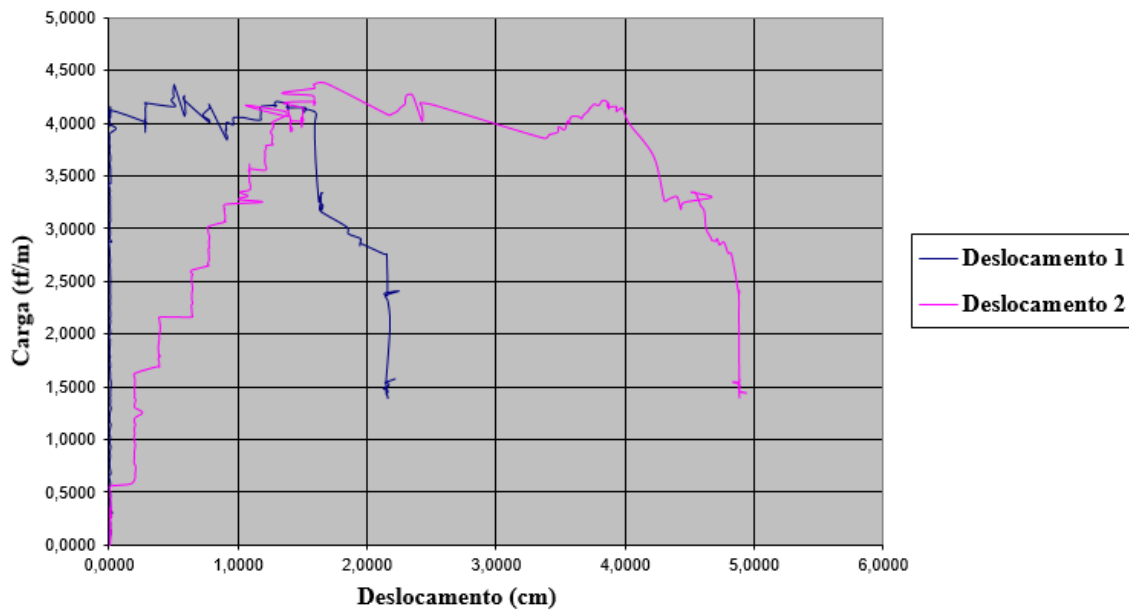
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 177 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



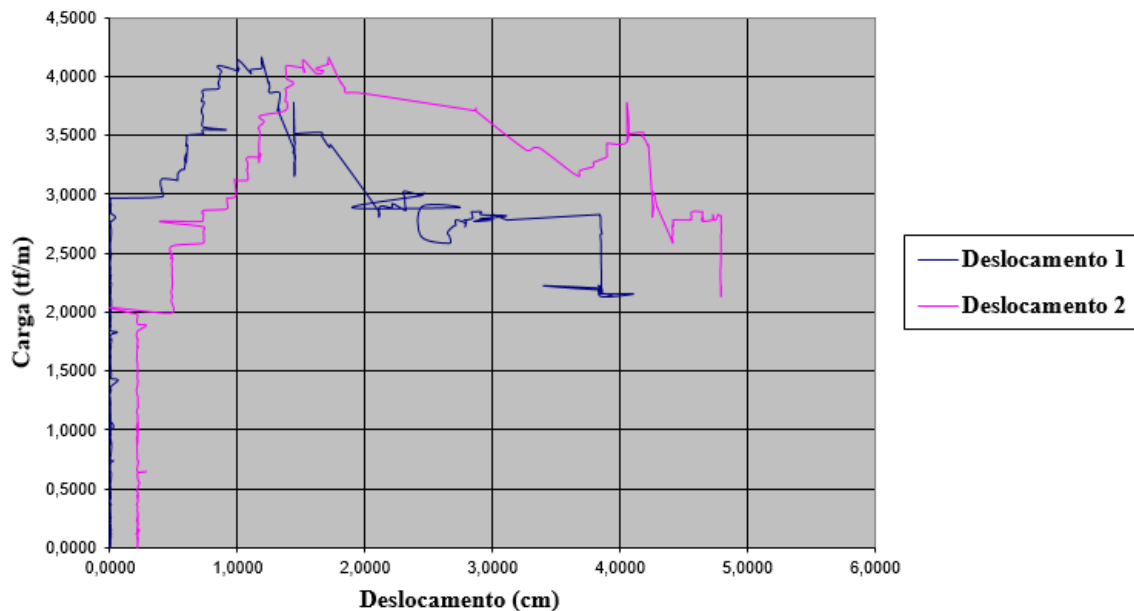
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 178 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



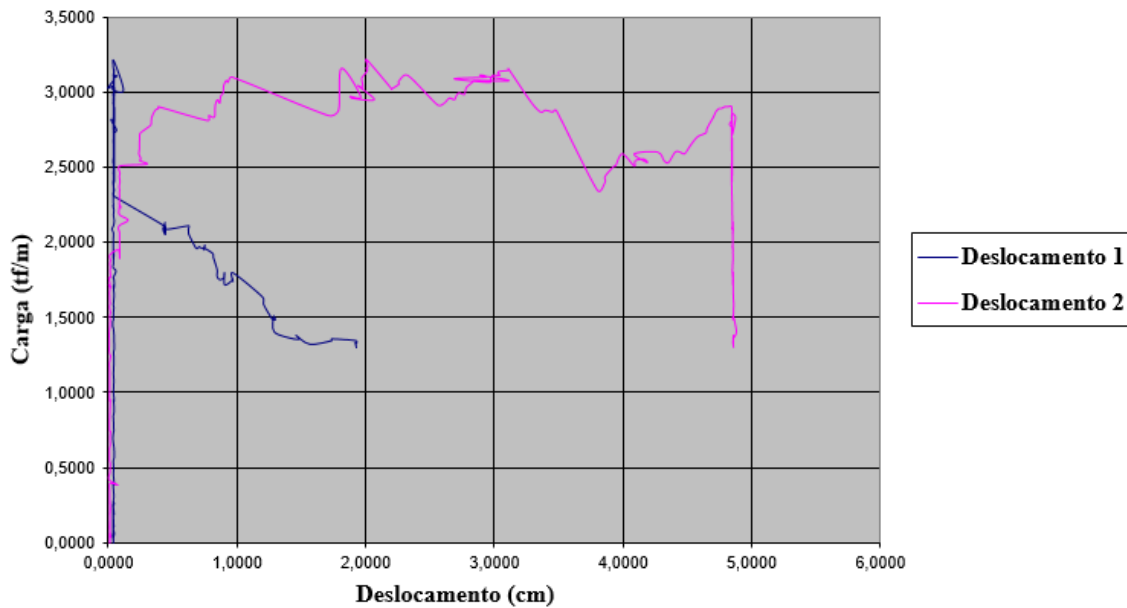
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 179 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



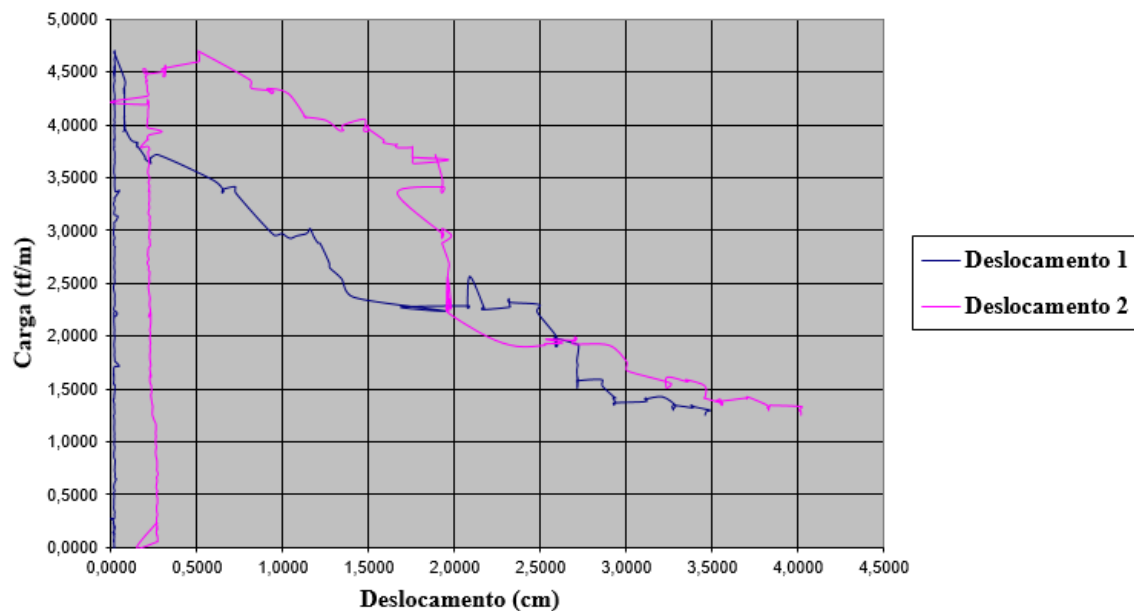
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 180 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



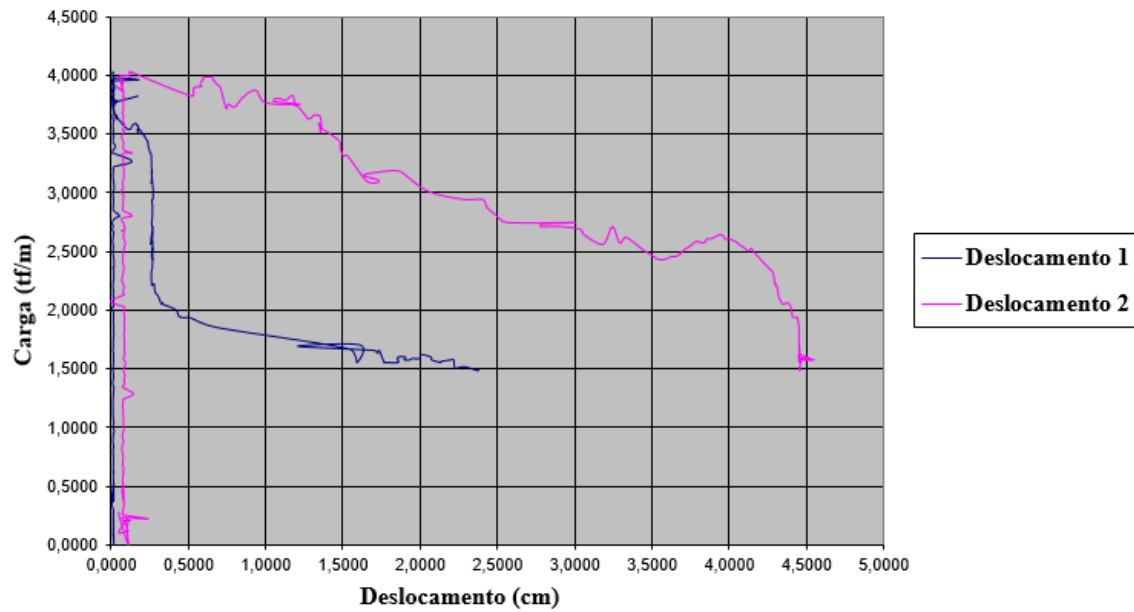
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 181 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



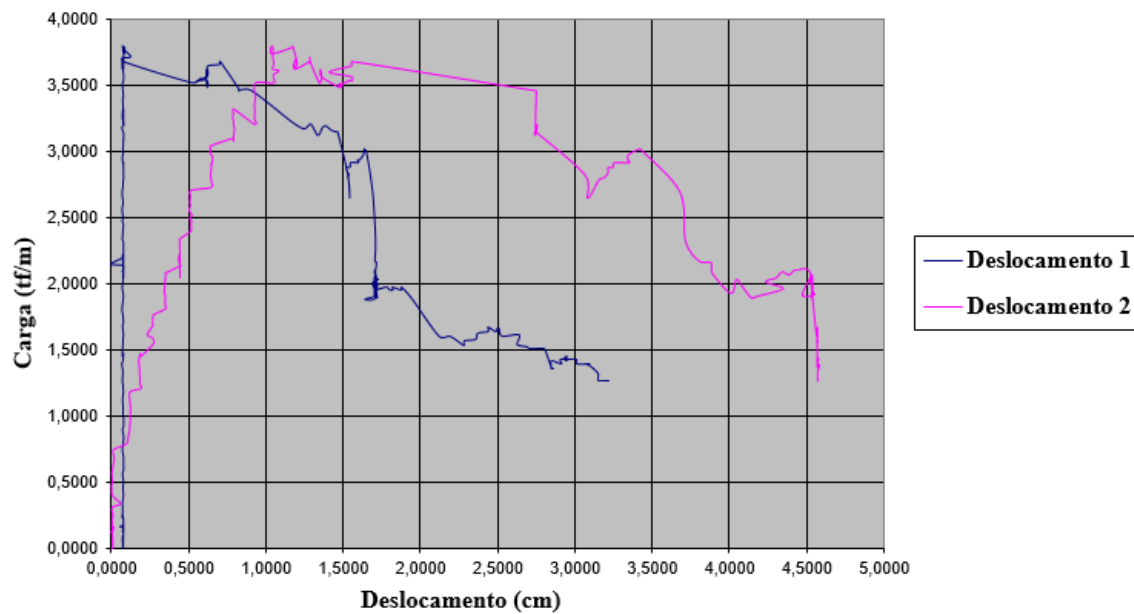
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 182 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobre carga de 85 kPa (Ensaio 2)



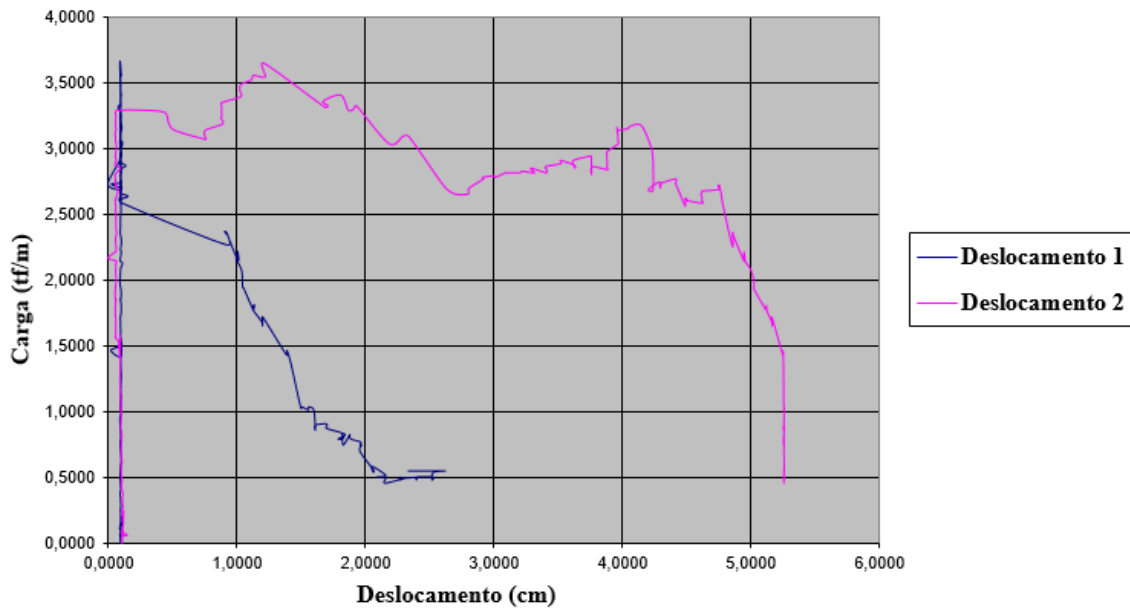
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 183 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobre carga de 85 kPa (Ensaio 3)



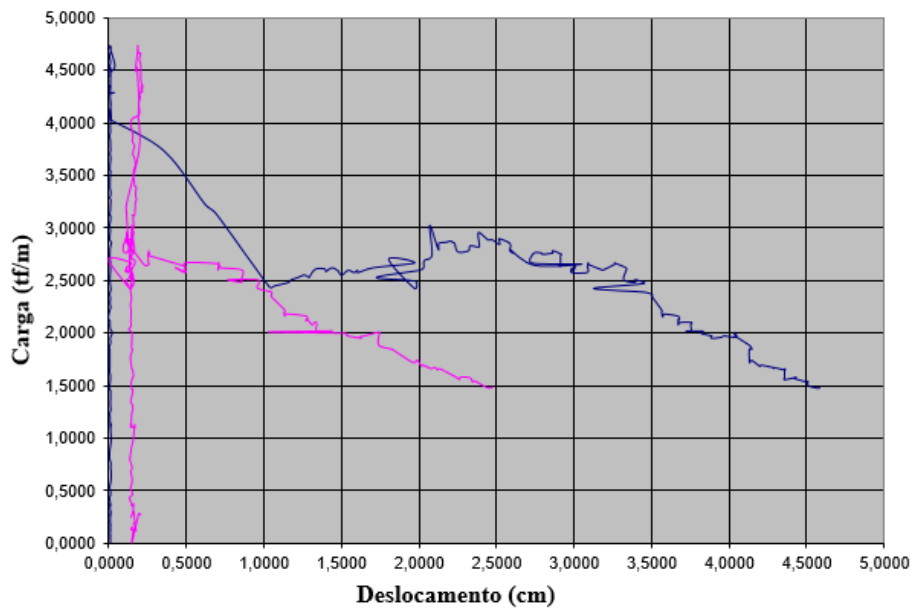
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 184 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



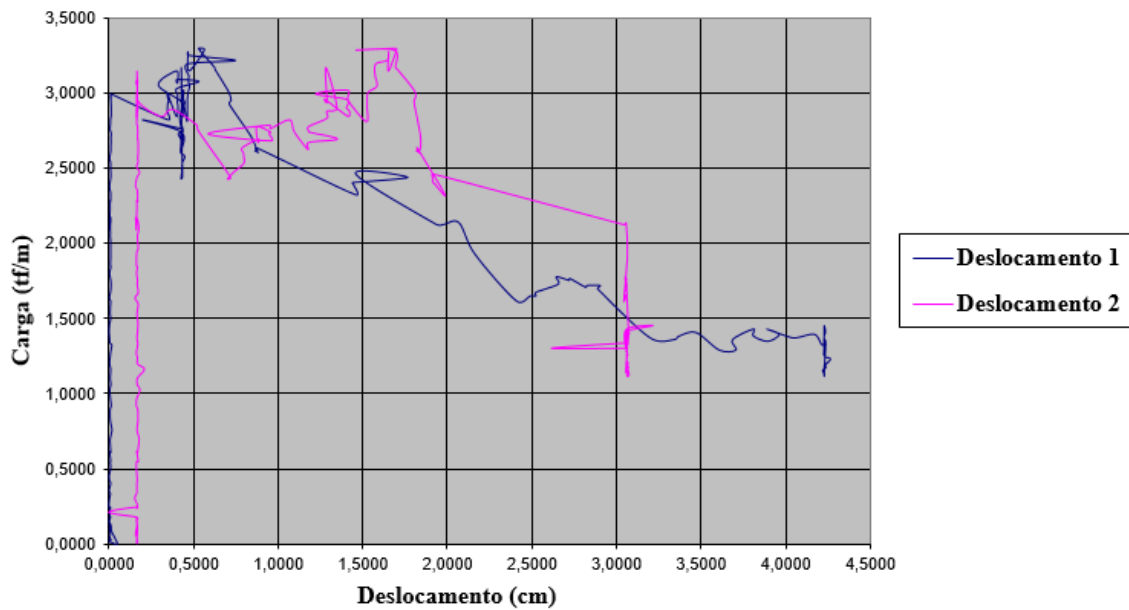
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 185 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



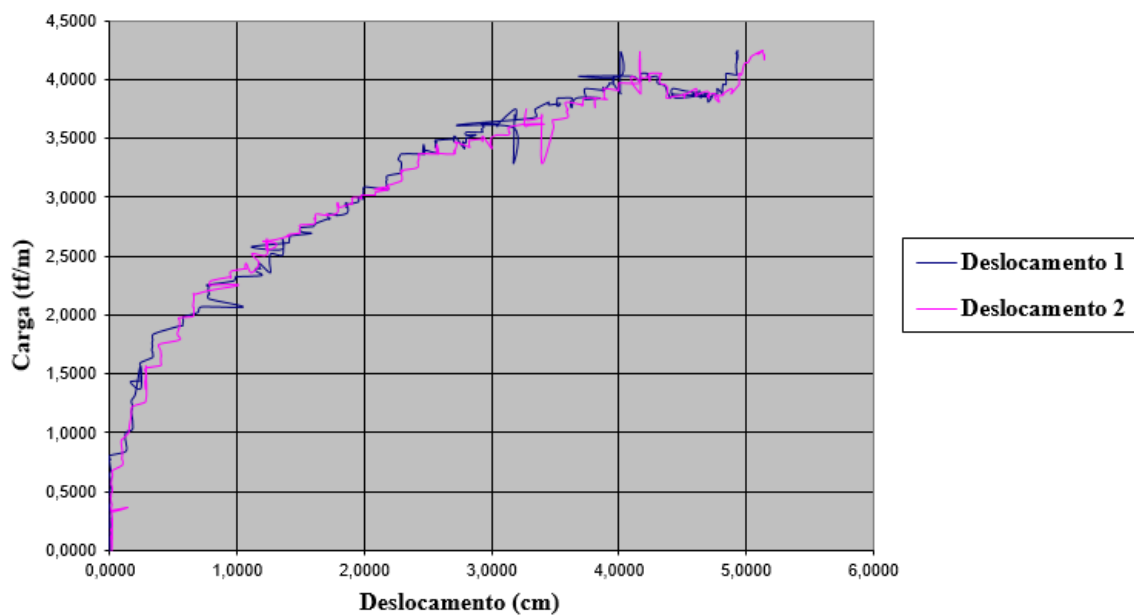
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 186 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



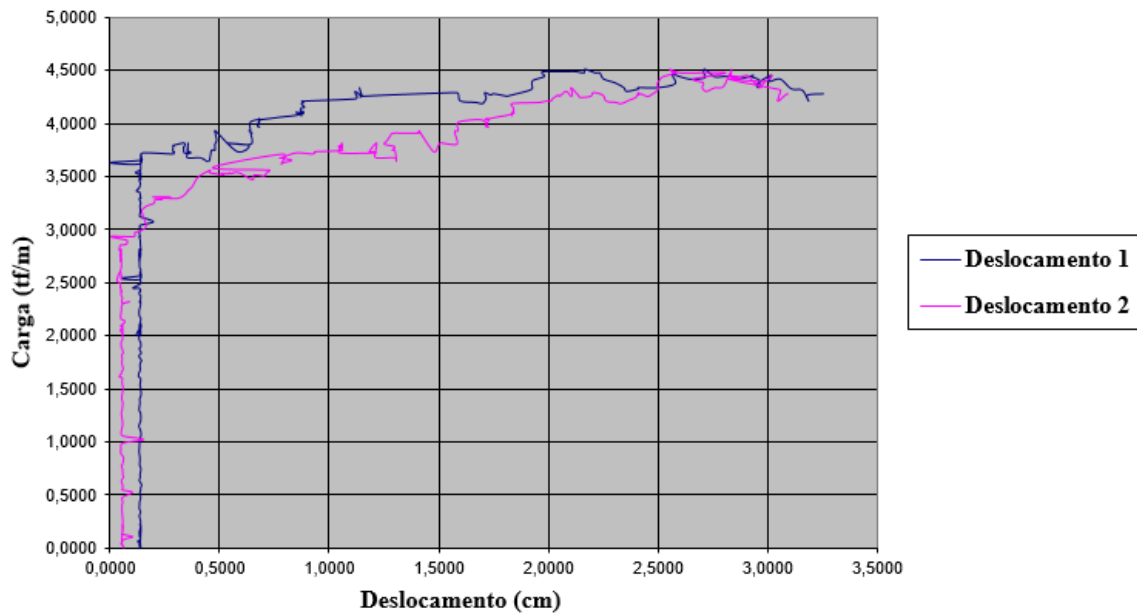
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 187 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



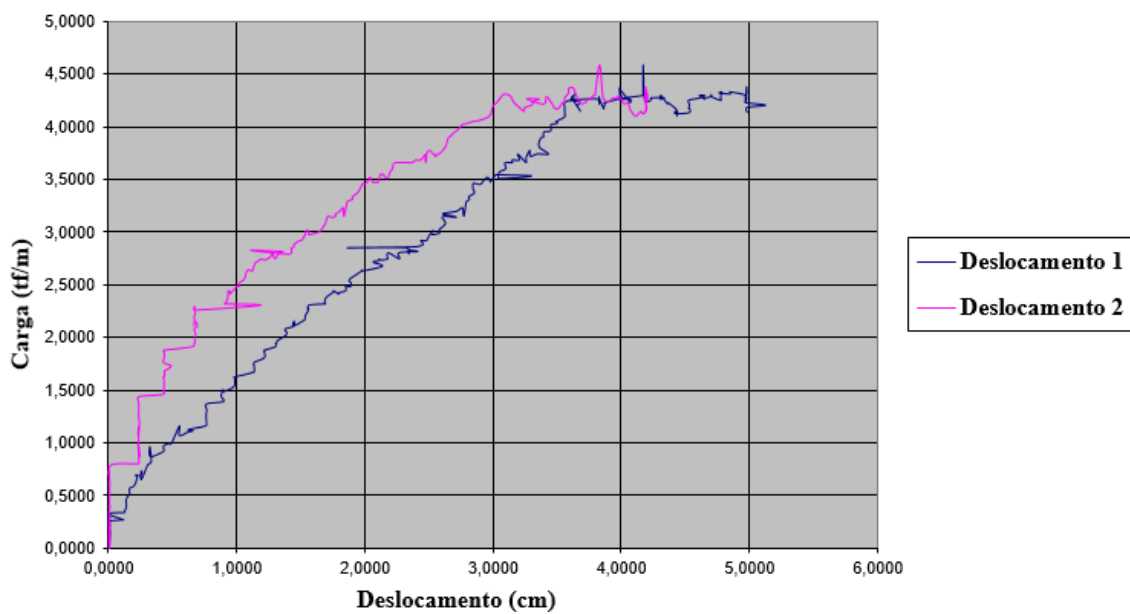
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 188 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



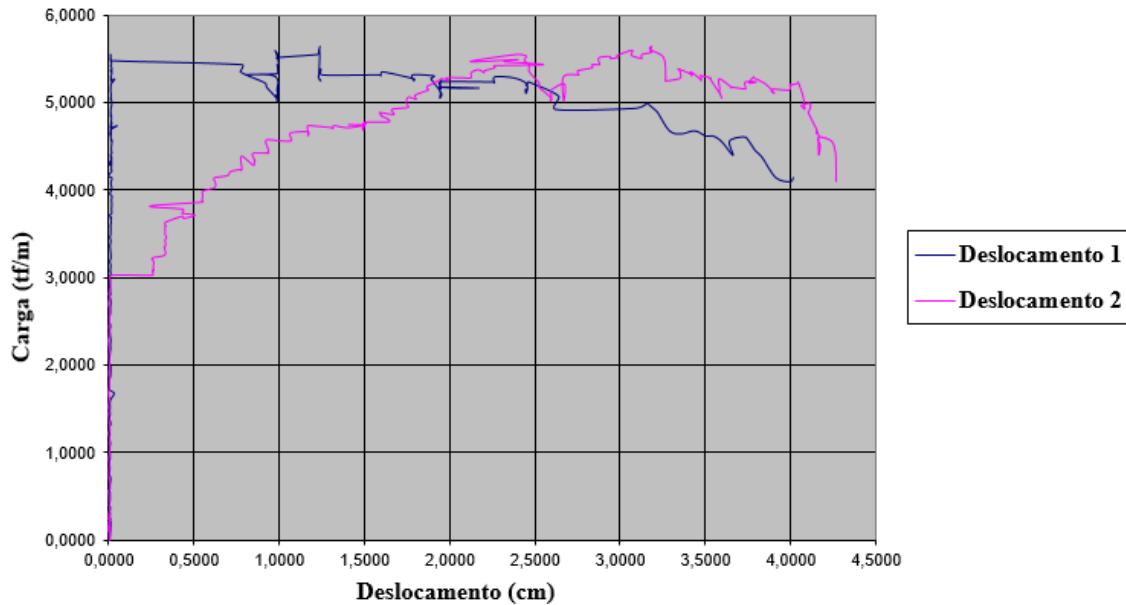
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 189 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



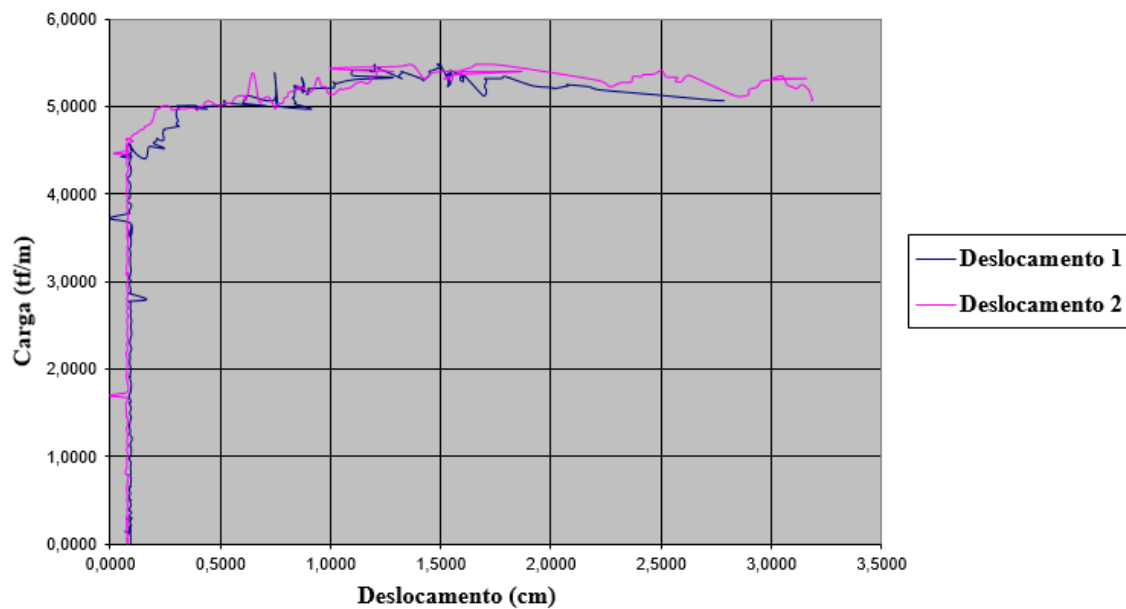
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 190 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



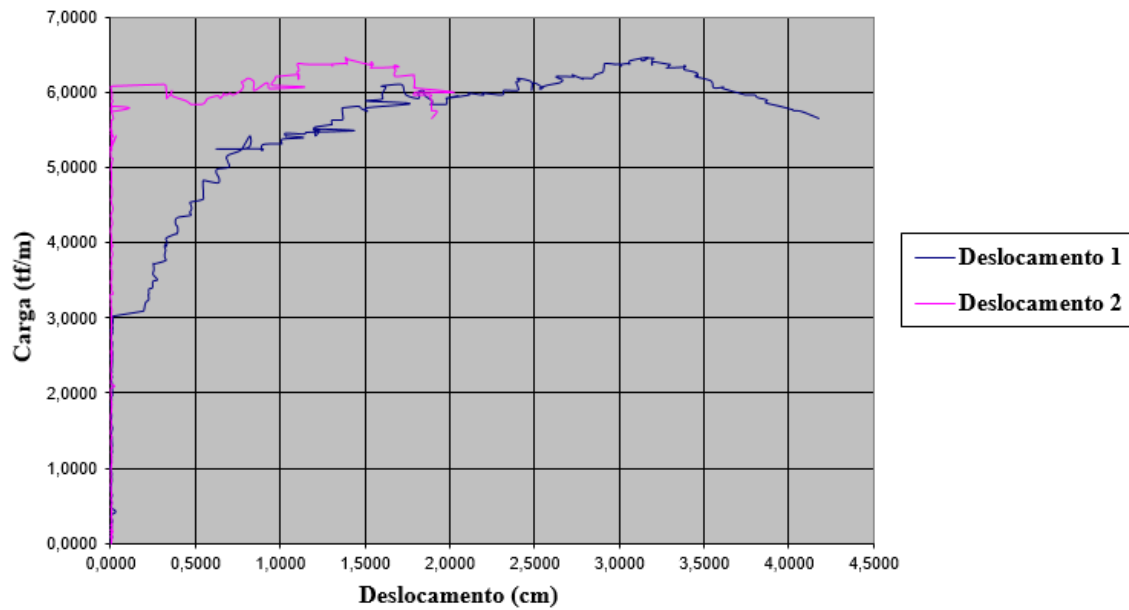
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 191 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



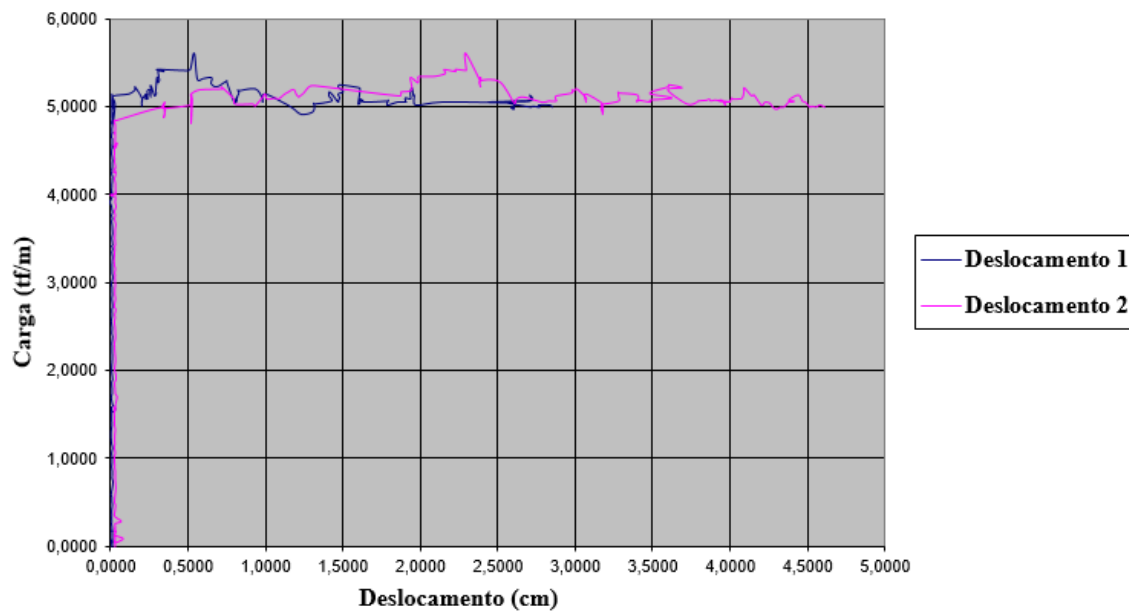
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 192 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



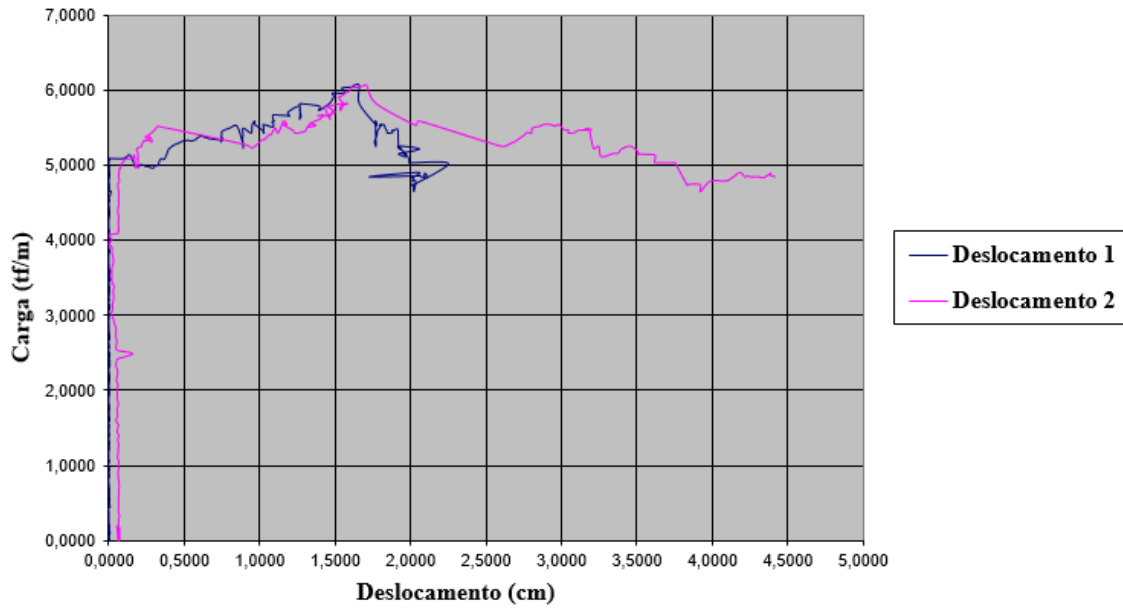
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 193 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



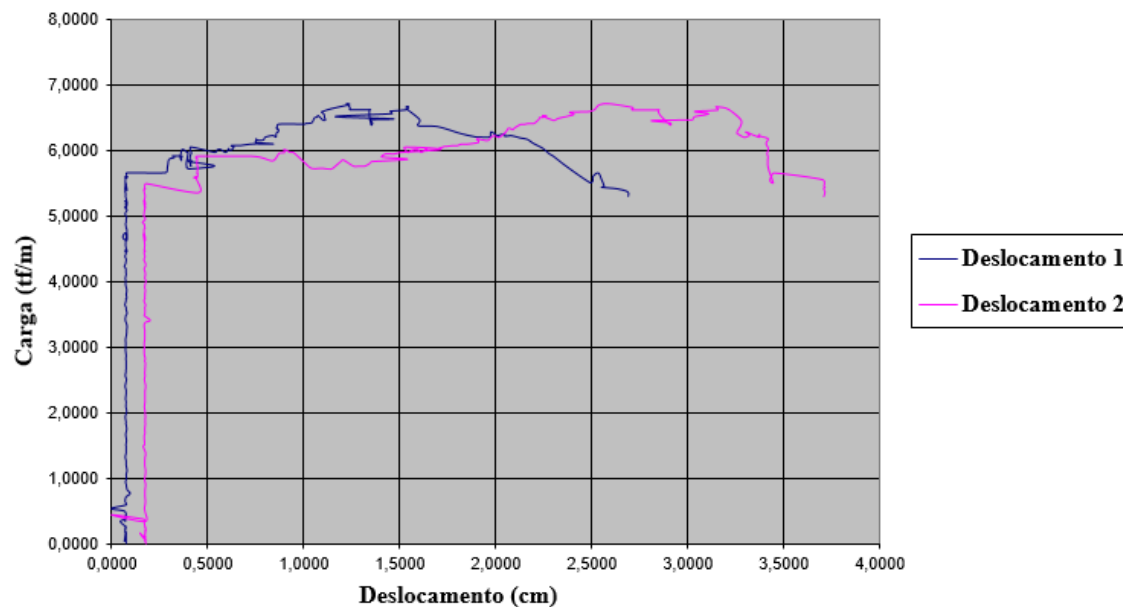
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 194 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



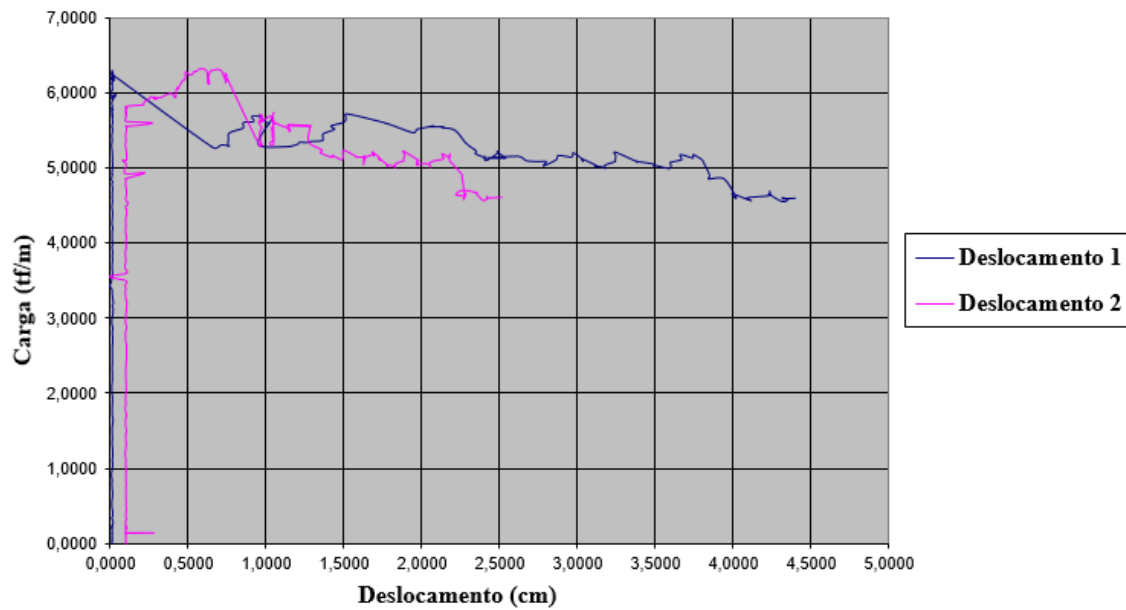
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 195 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



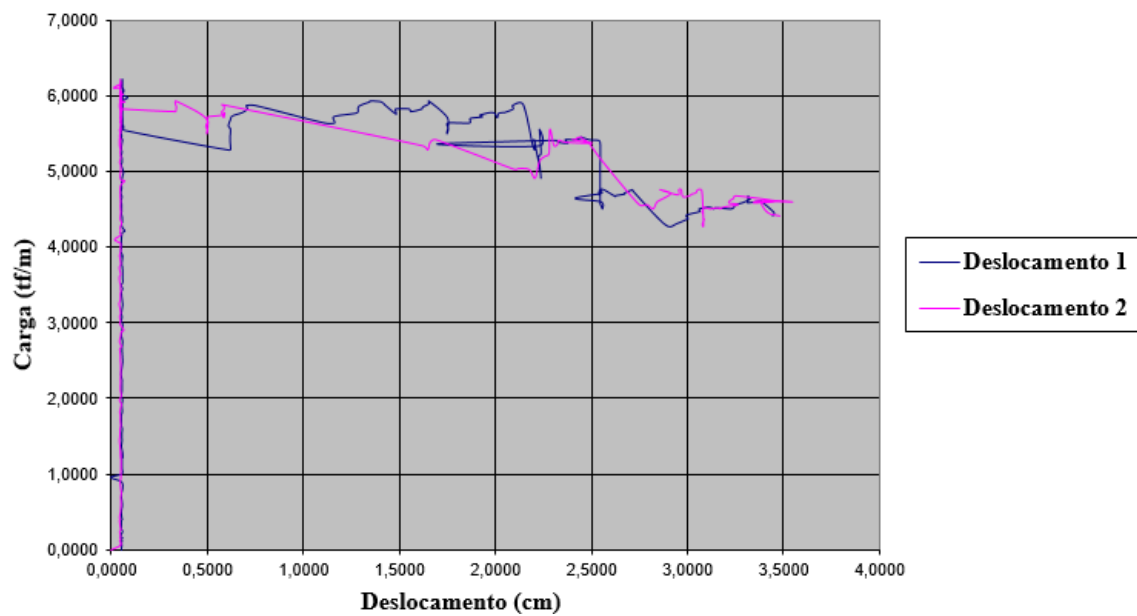
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 196 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



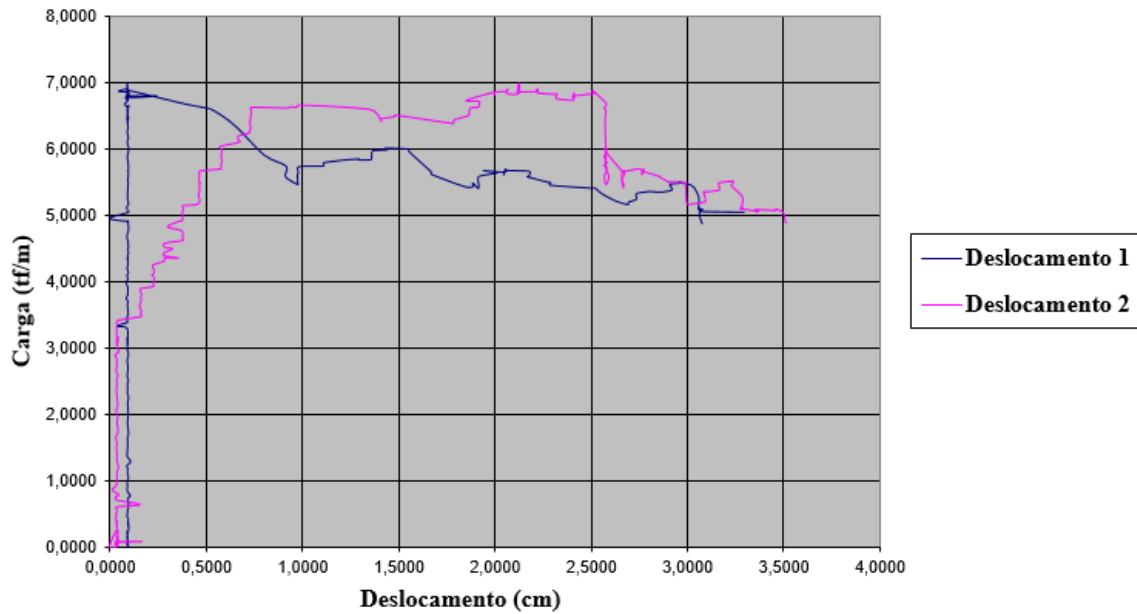
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 197 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



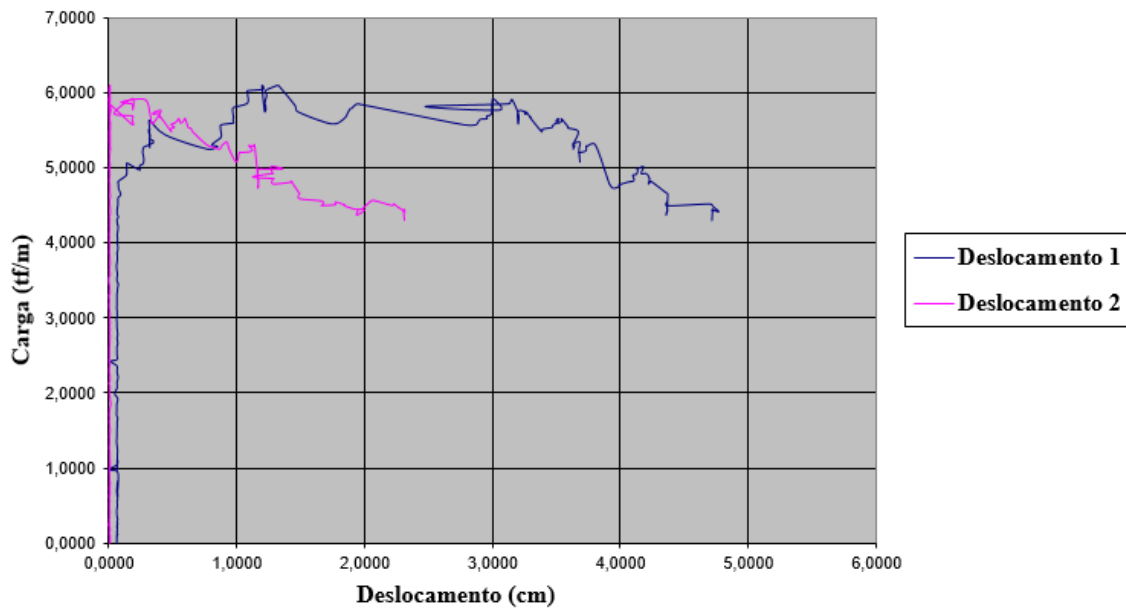
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 198 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



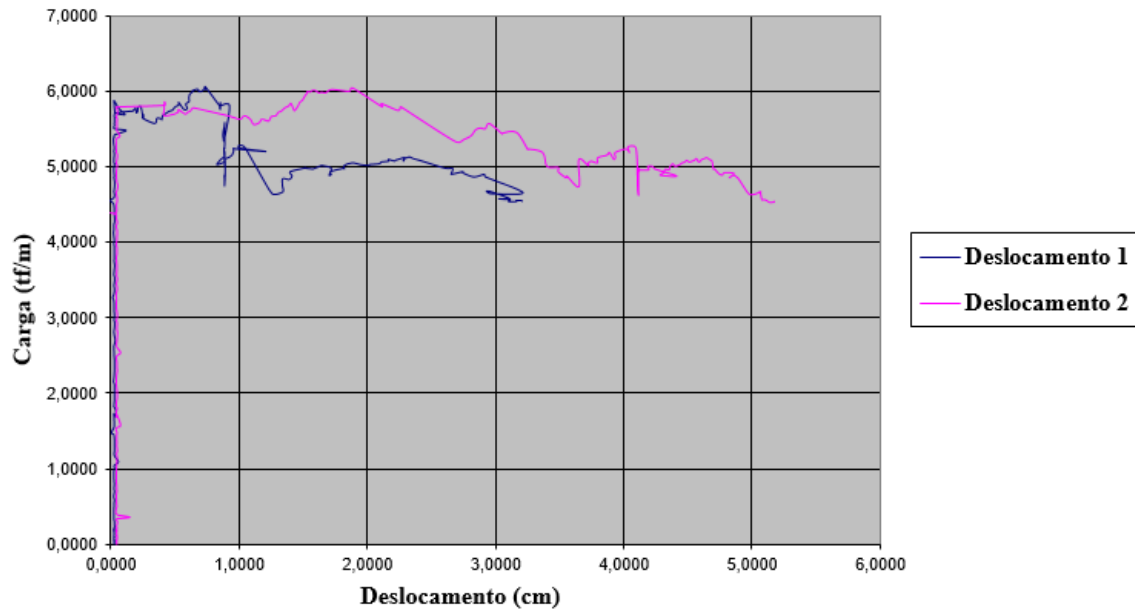
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 199 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



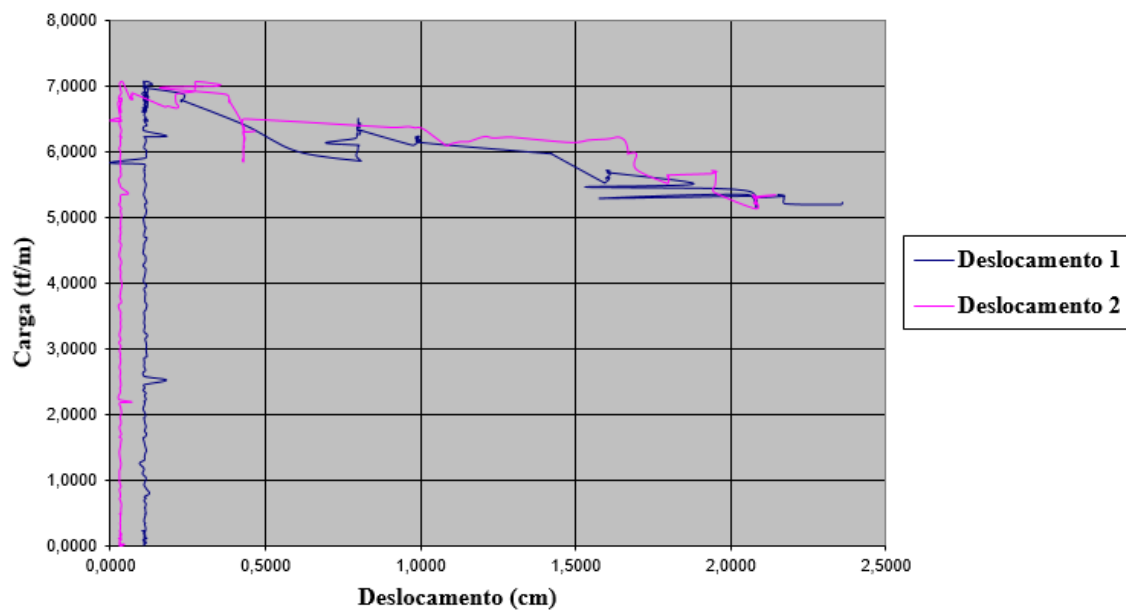
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 200 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

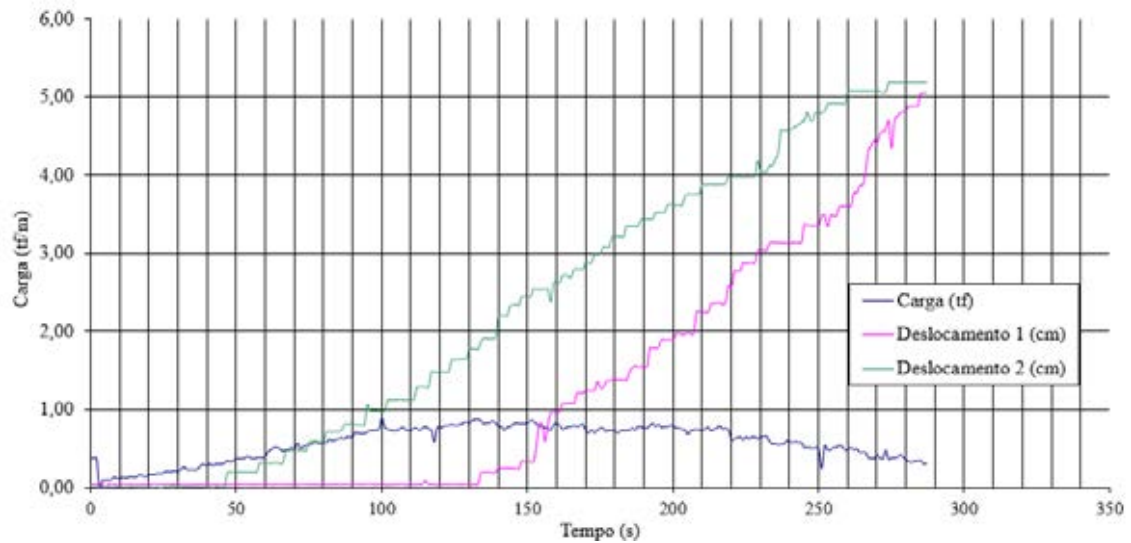
Figura 201 - Gráfico de carga por deslocamento da geogrelha modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

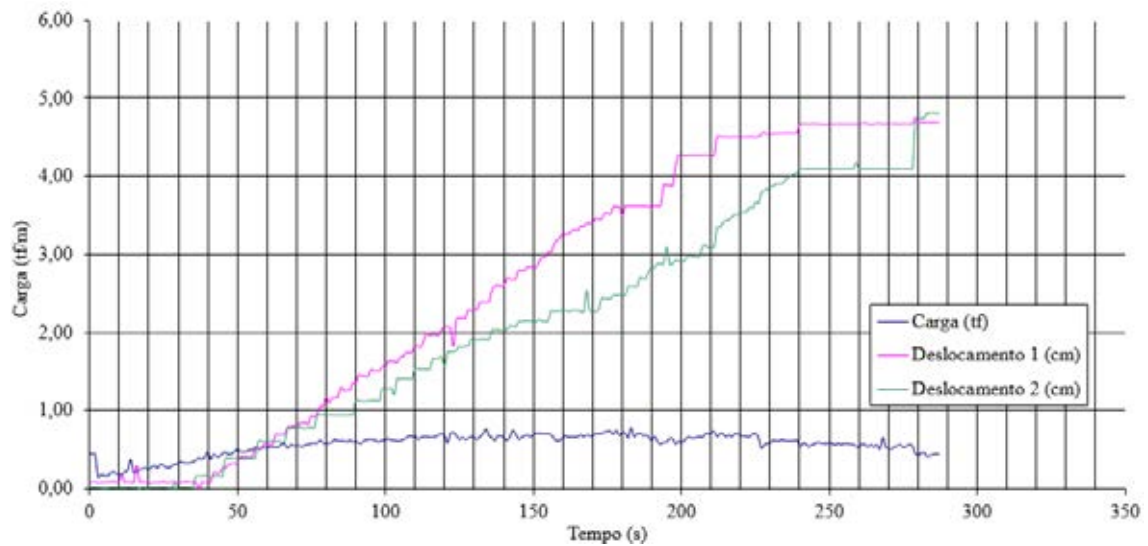
ANEXO E - Resultados gráficos de carga por tempo para a geogrelha modelo FORTRAC® M 35/20-20 com camada simples e dupla

Figura 202 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



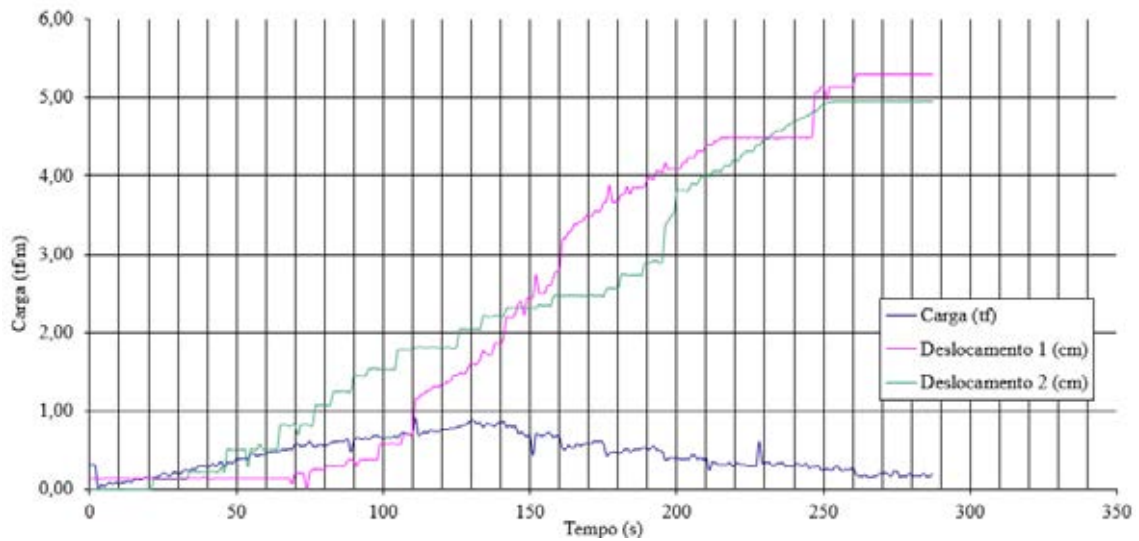
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 203 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



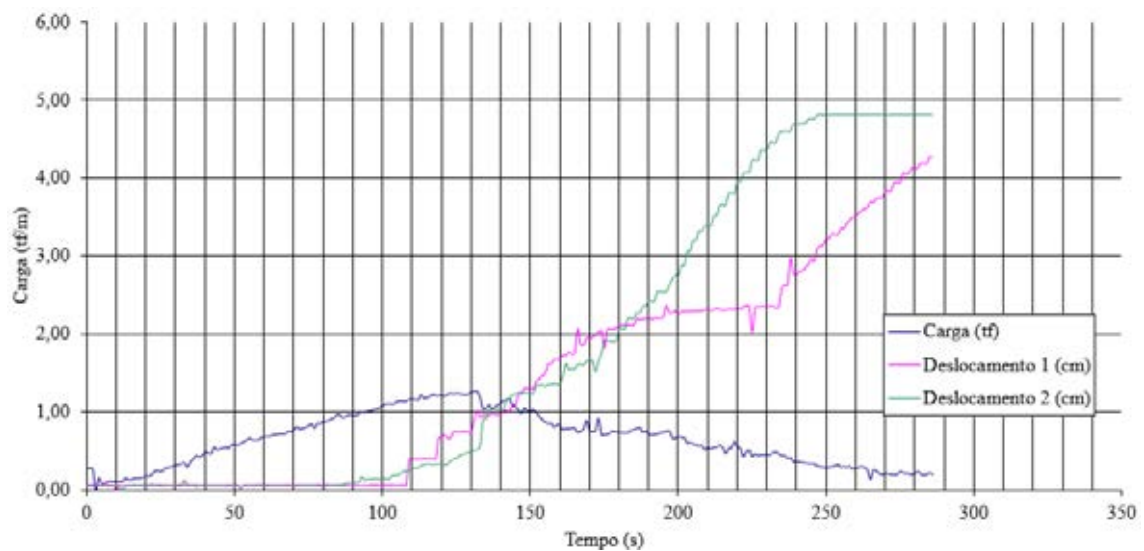
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 204 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



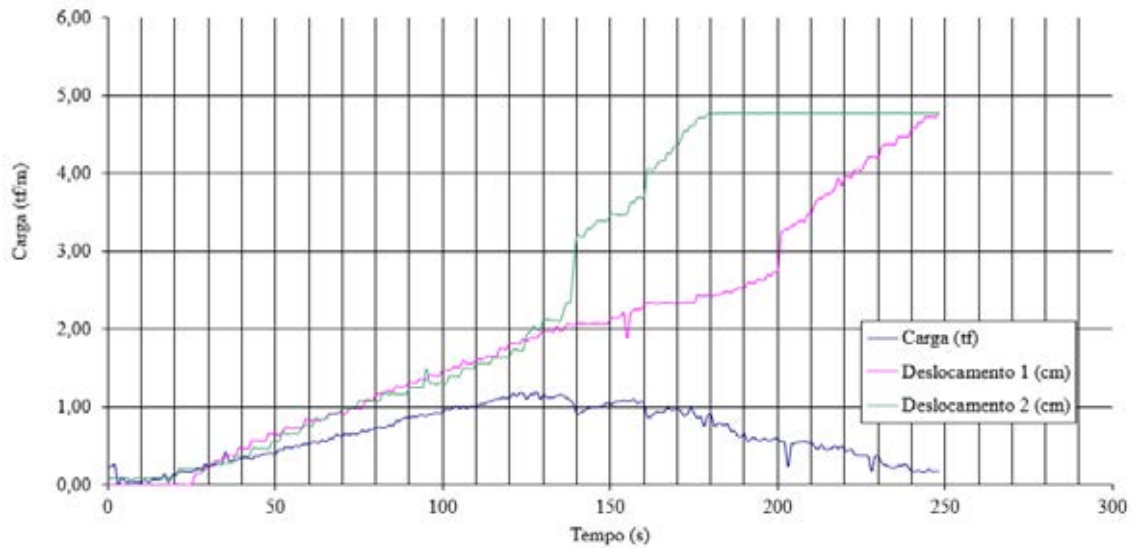
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 205 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



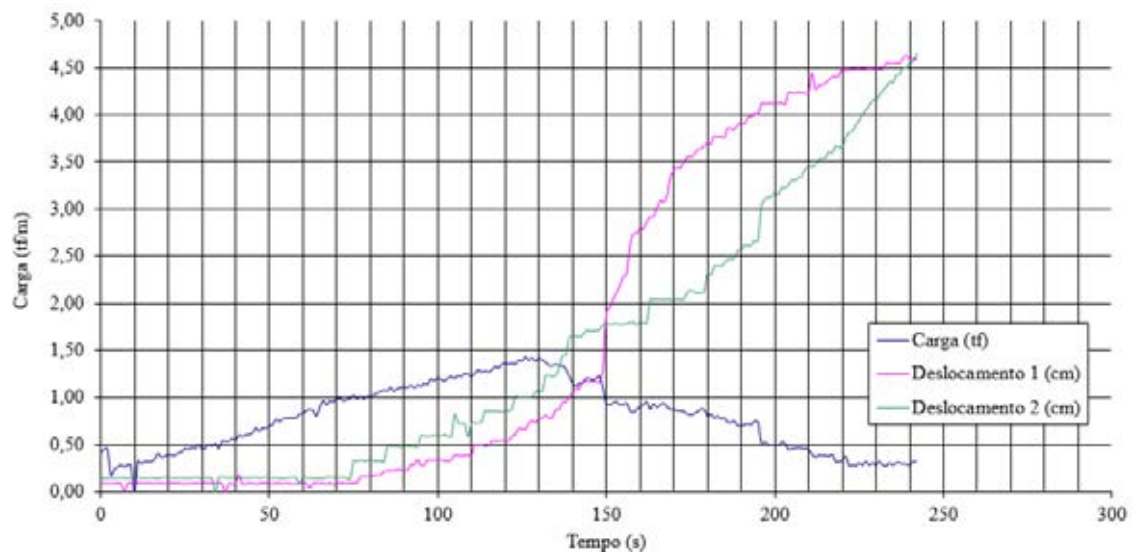
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 206 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



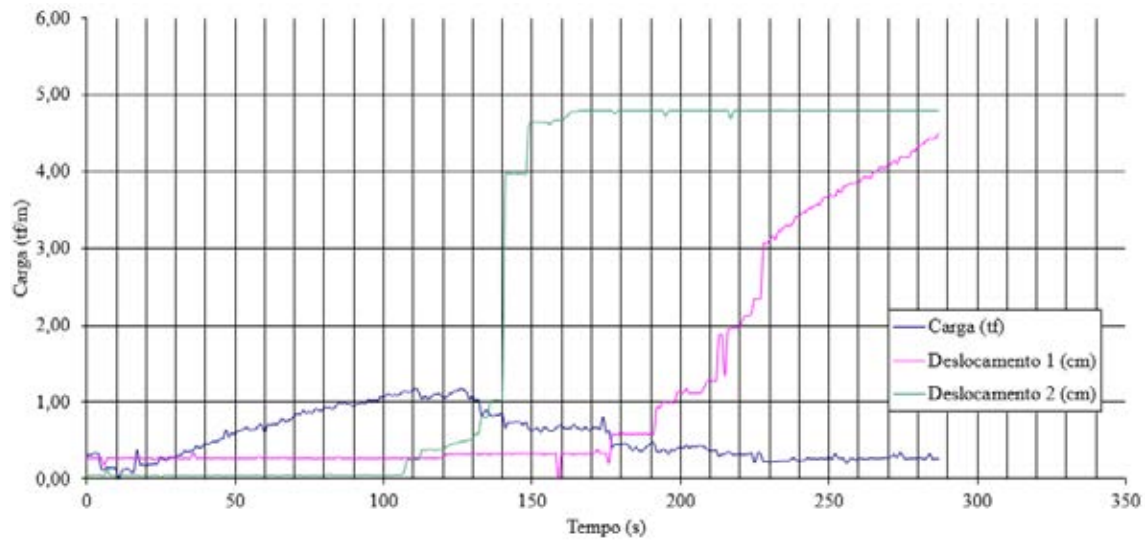
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 207 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



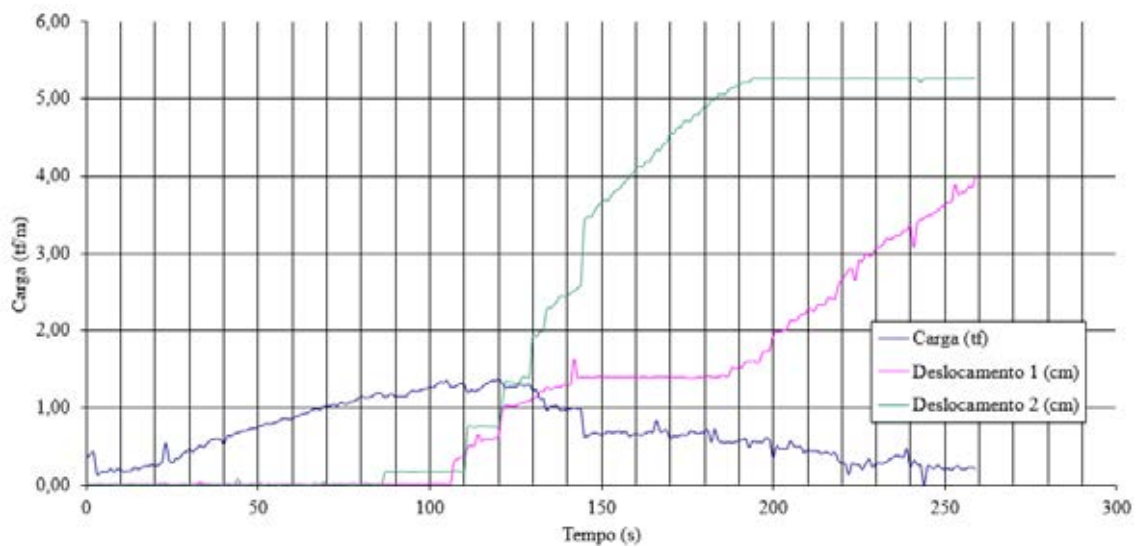
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 208 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



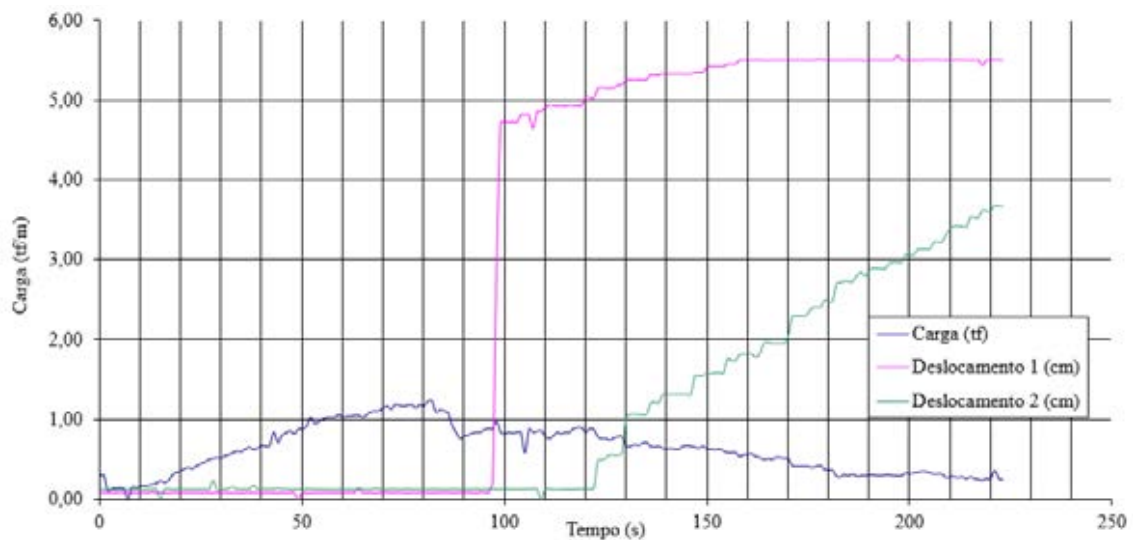
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 209 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



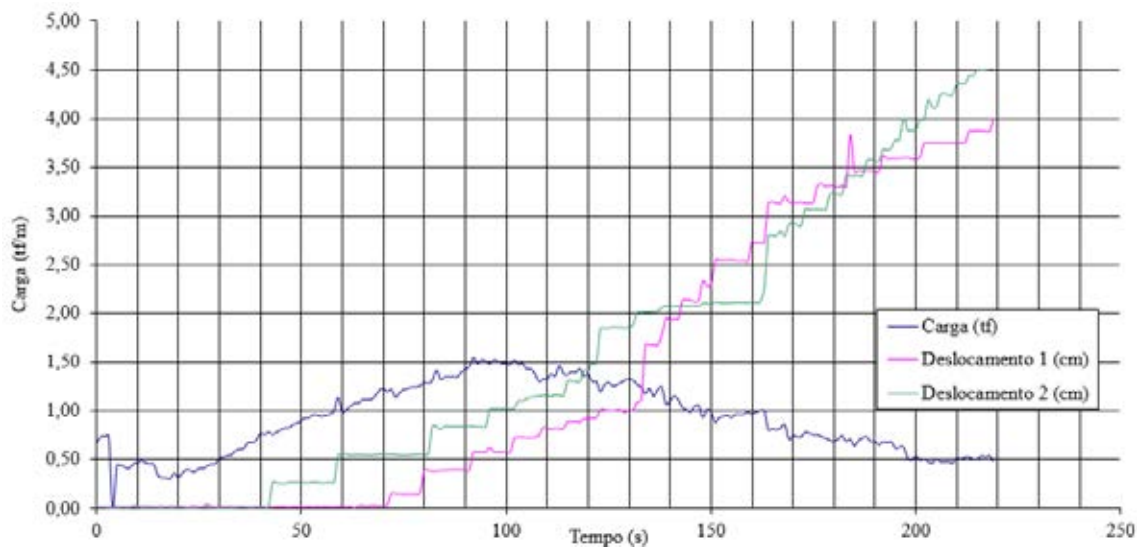
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 210 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



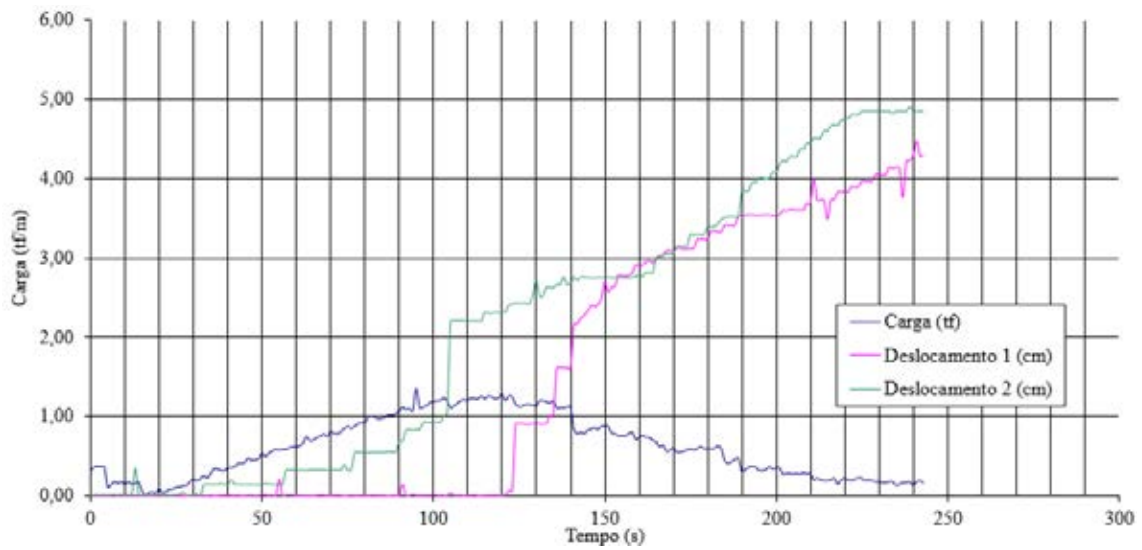
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 211 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



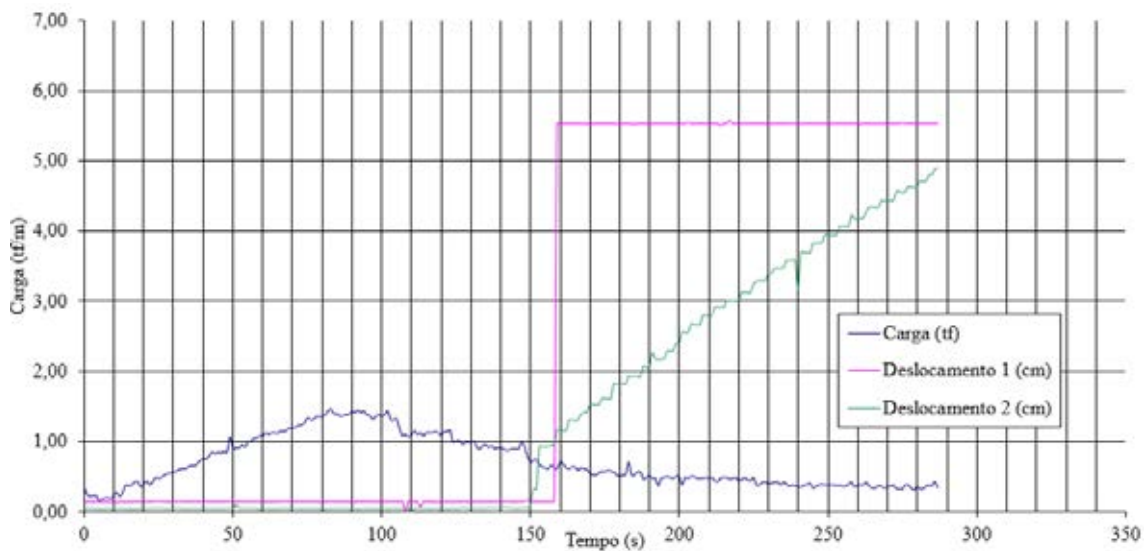
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 212 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



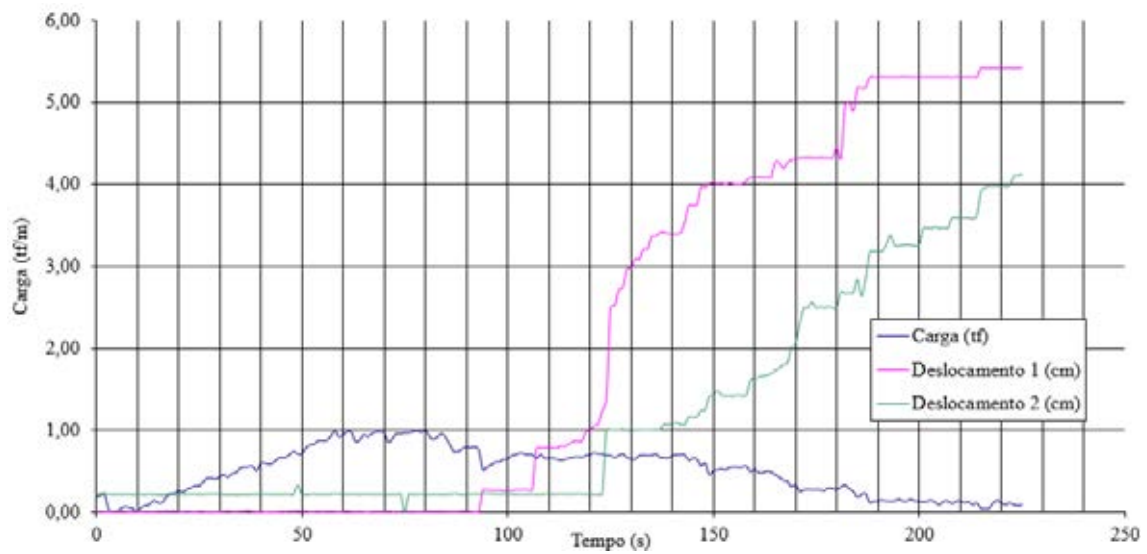
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 213 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



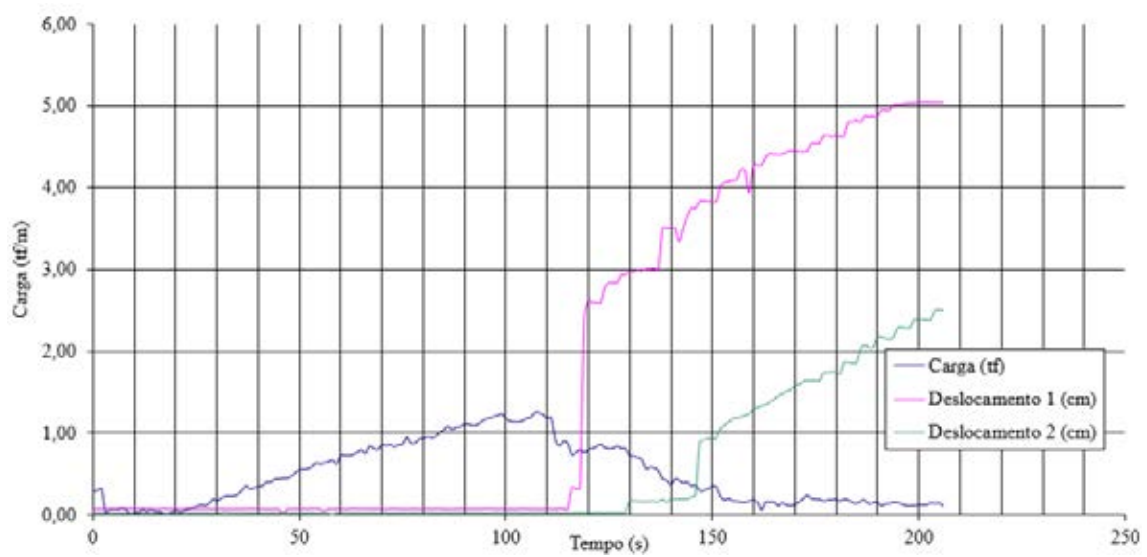
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 214 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



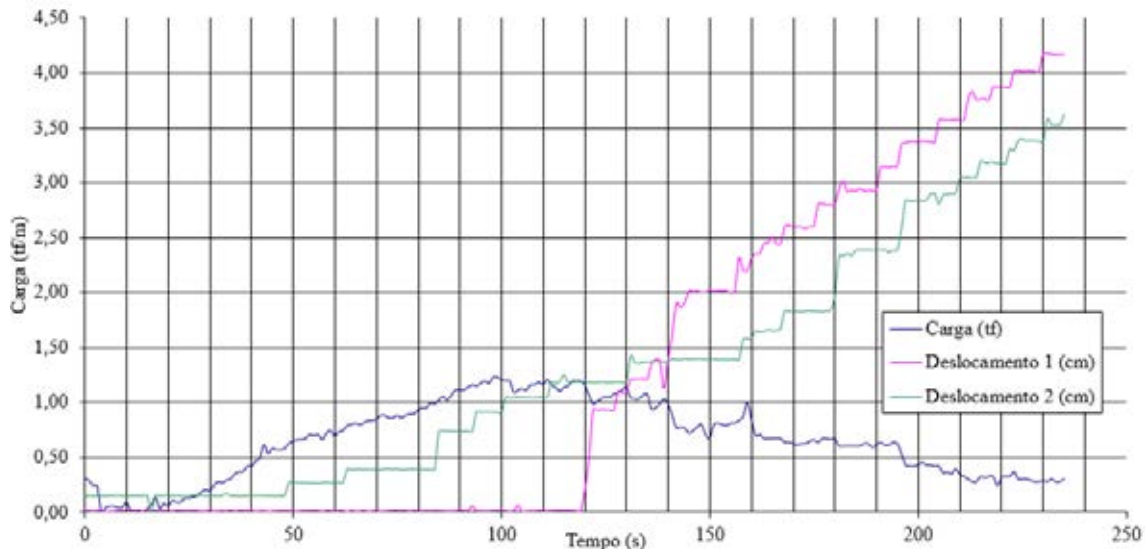
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 215 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



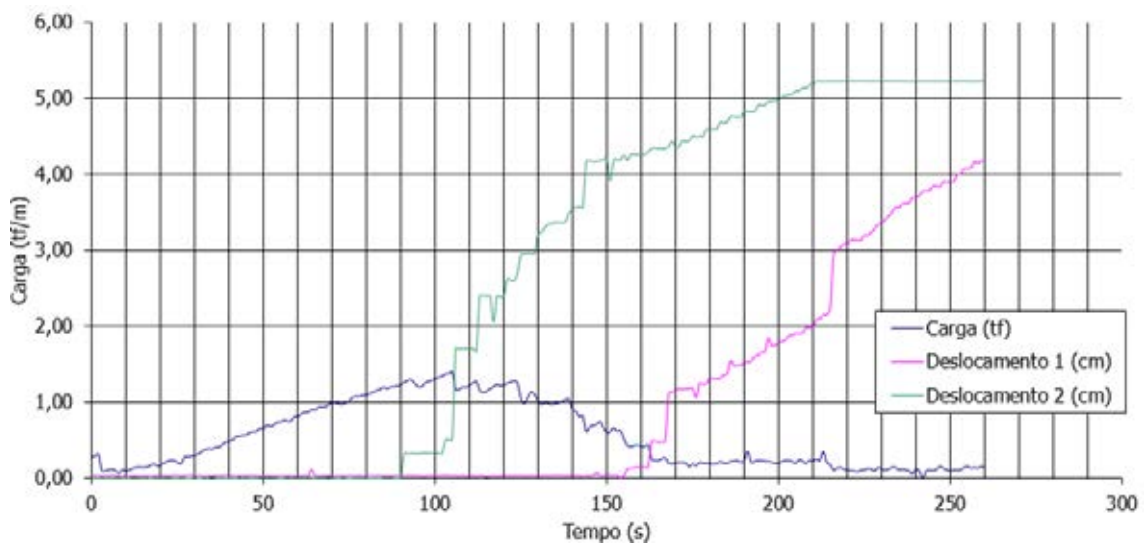
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 216 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



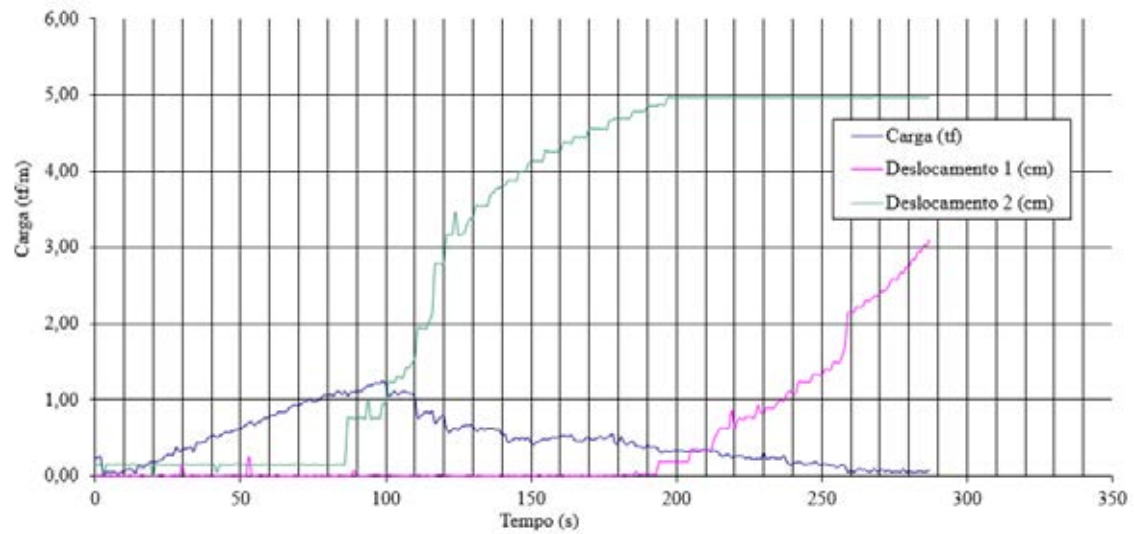
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 217 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



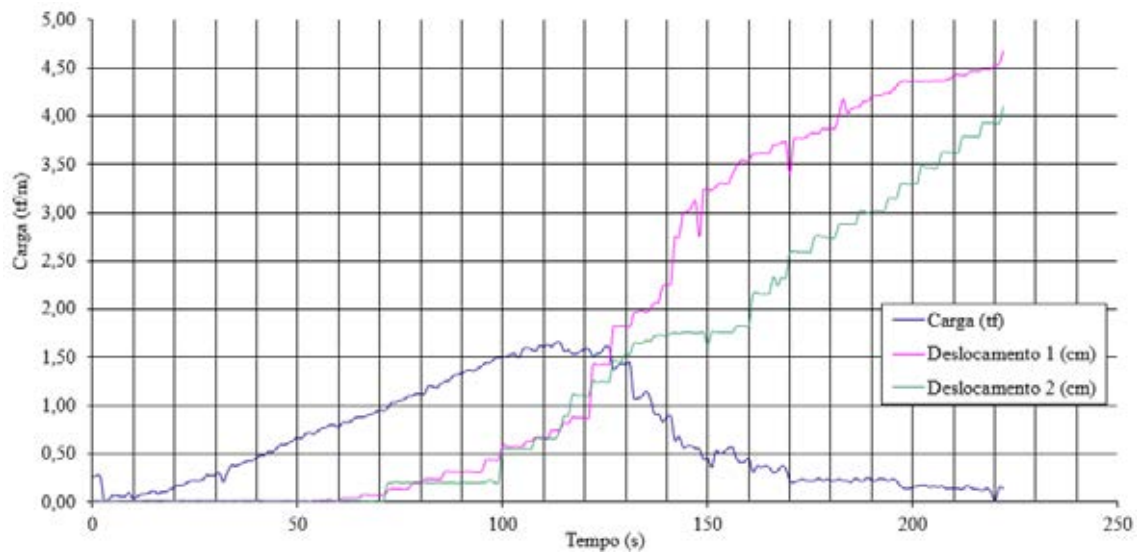
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 218 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



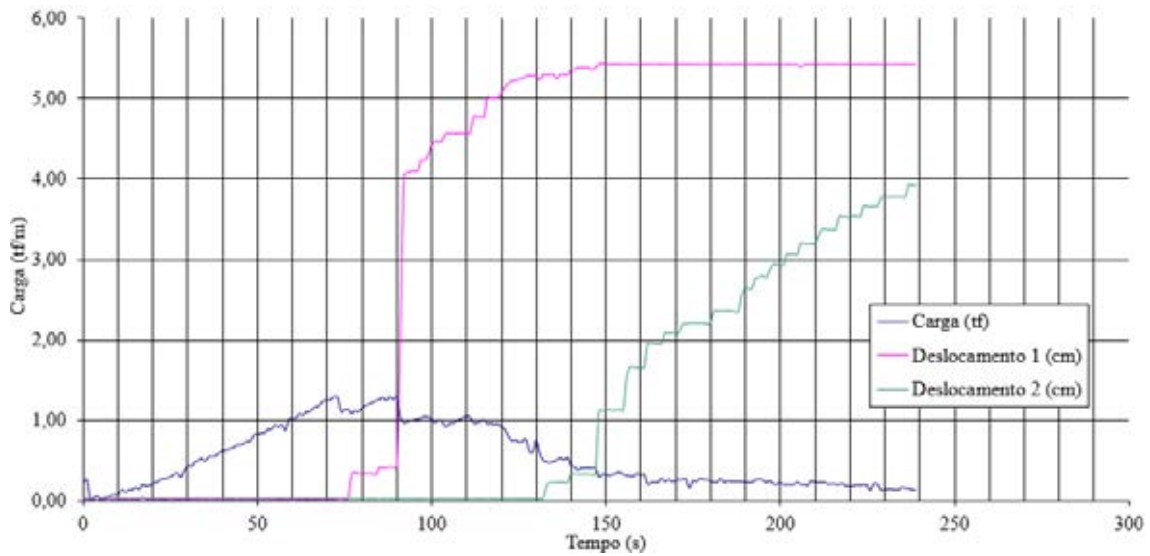
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 219 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



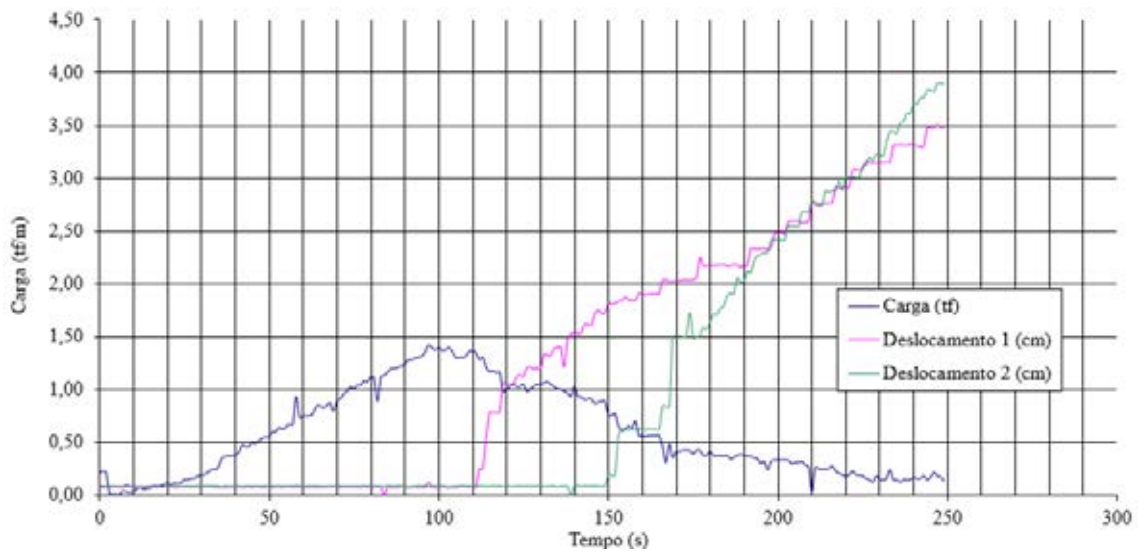
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 220 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



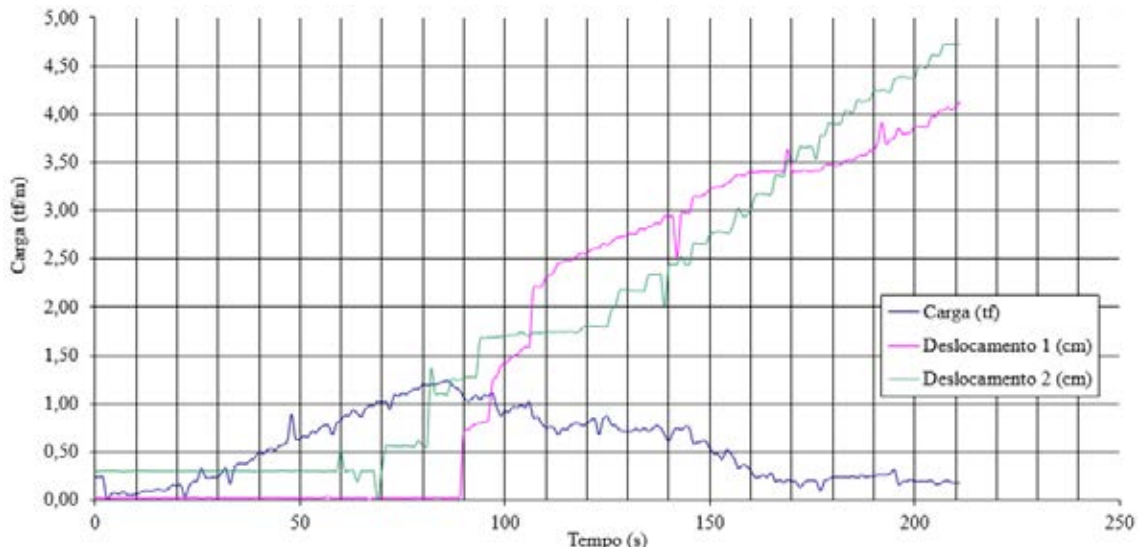
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 221 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



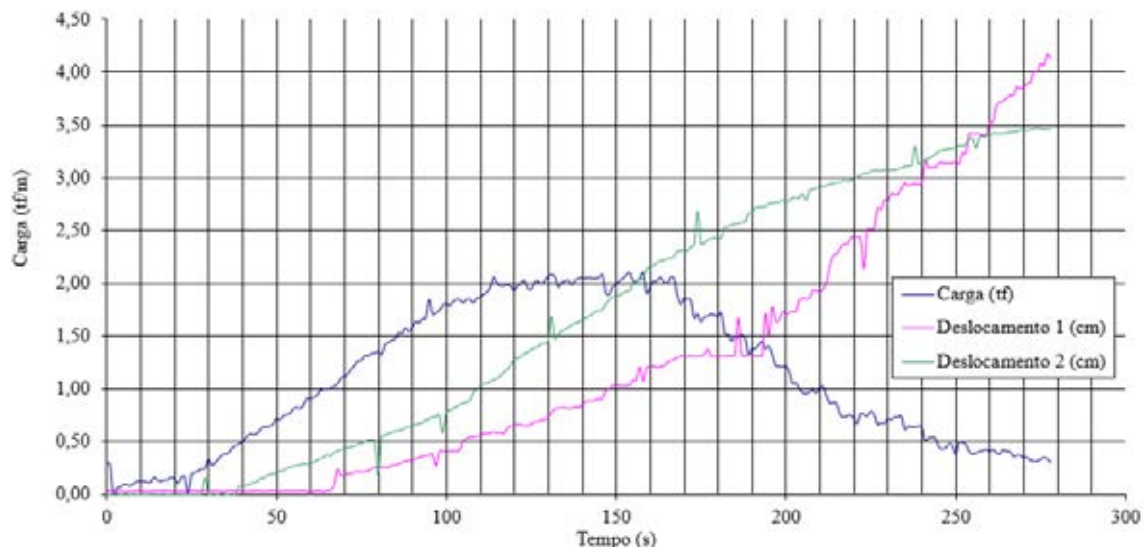
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 222 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



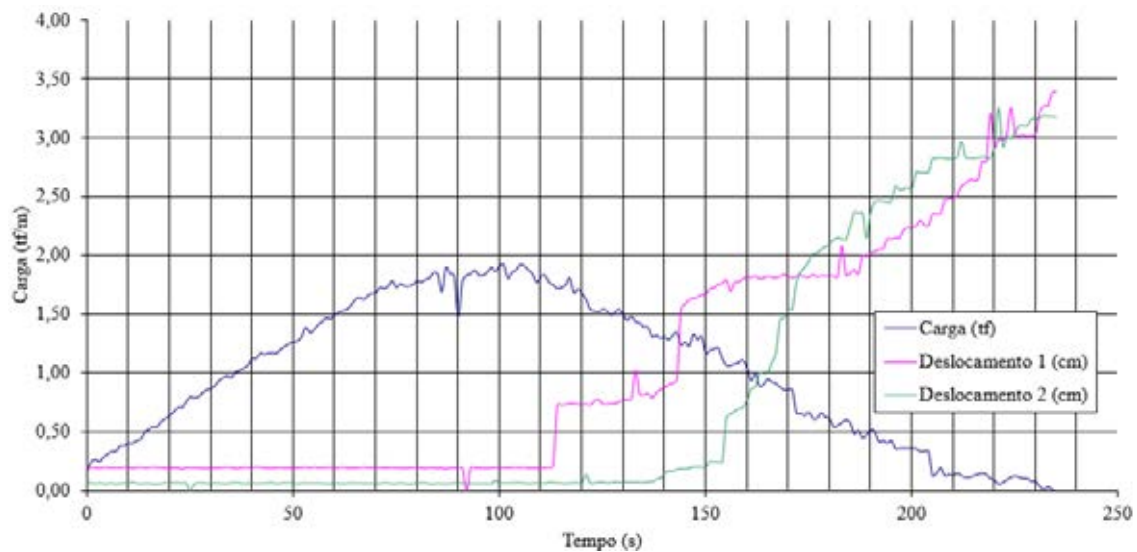
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 223 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



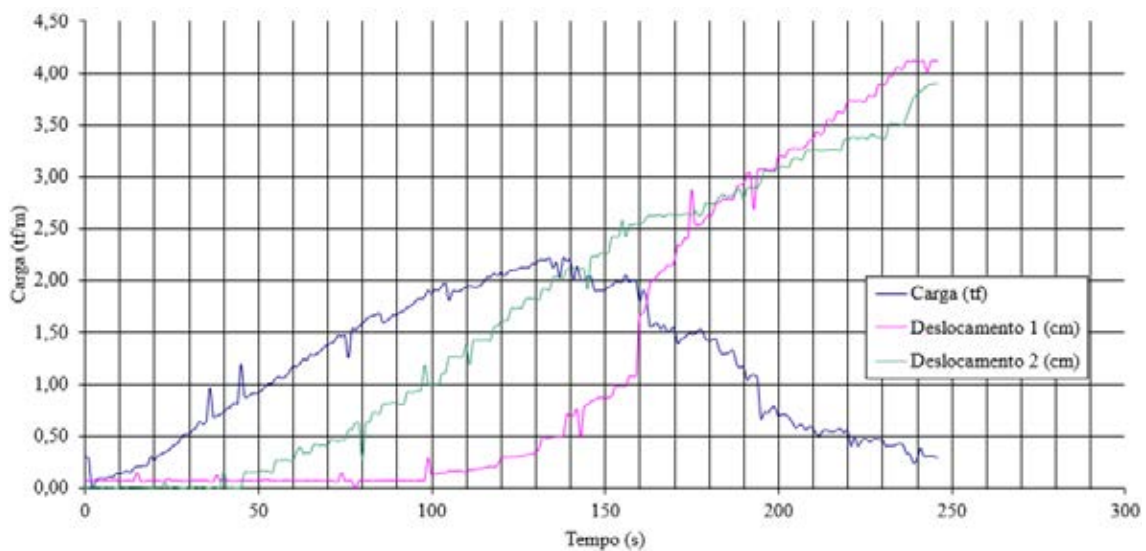
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 224 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



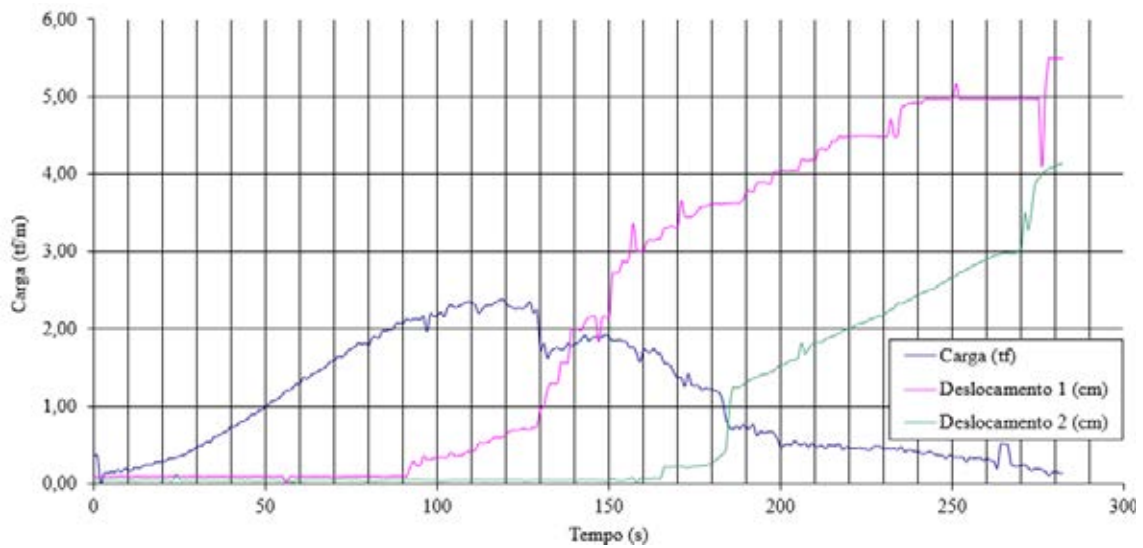
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 225 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



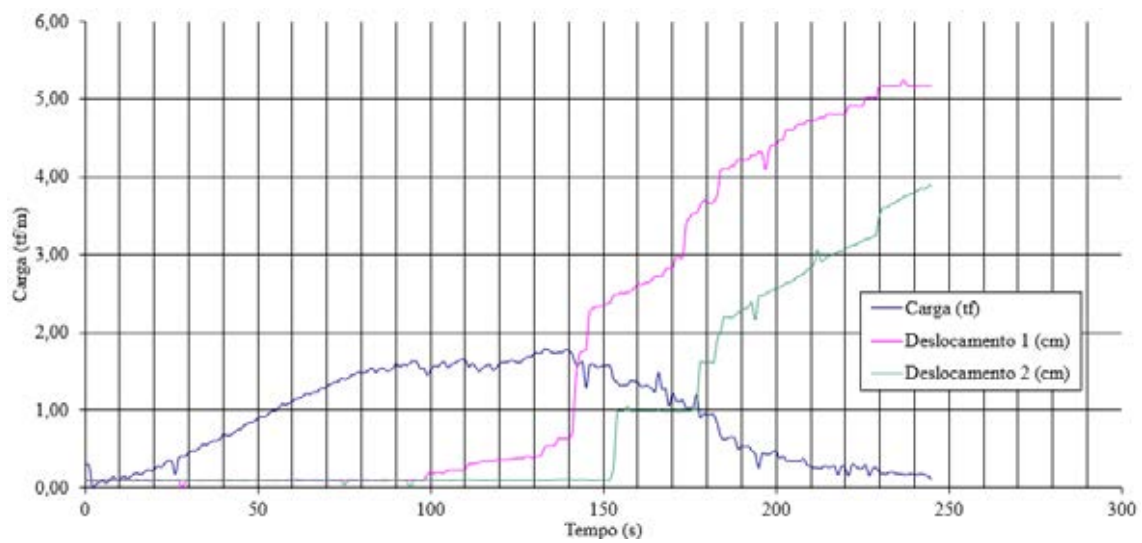
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 226 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



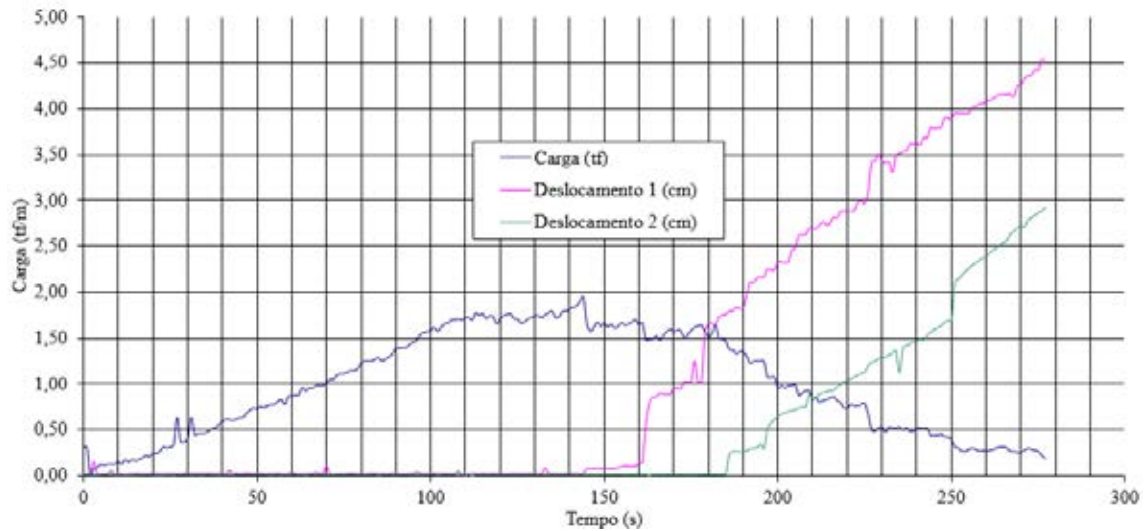
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 227 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



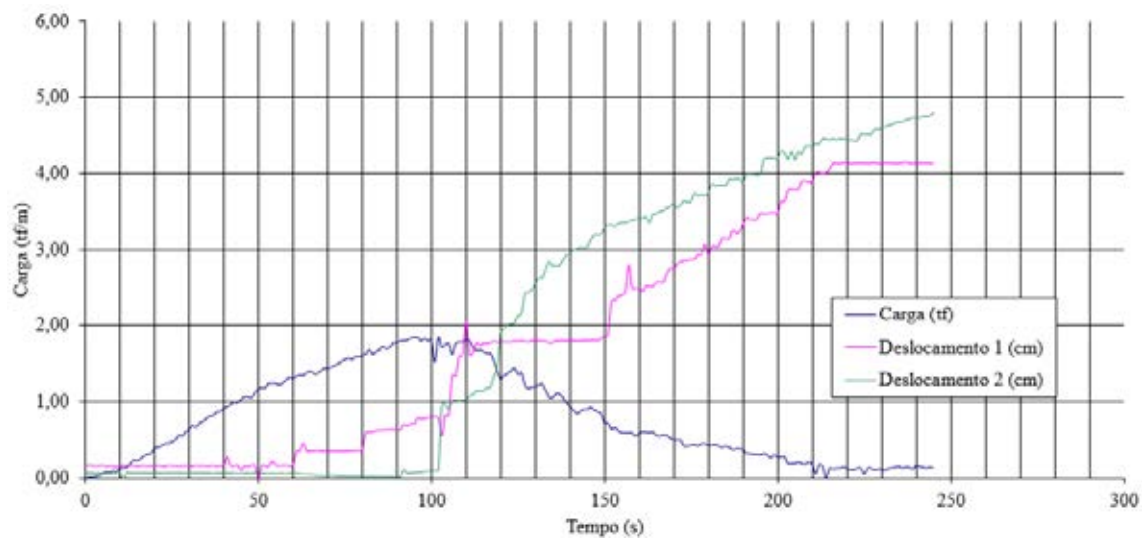
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 228 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



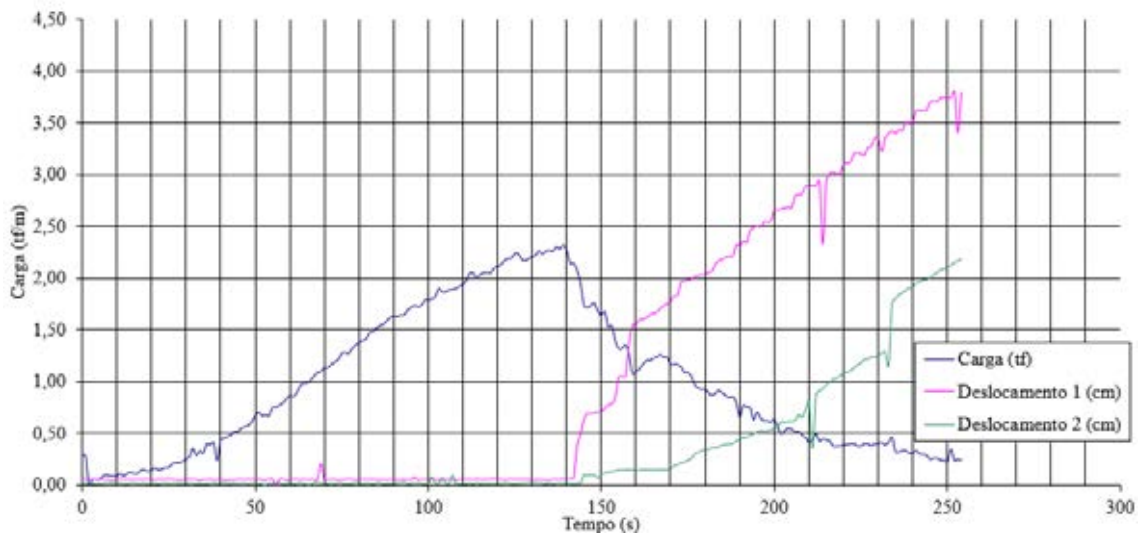
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 229 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



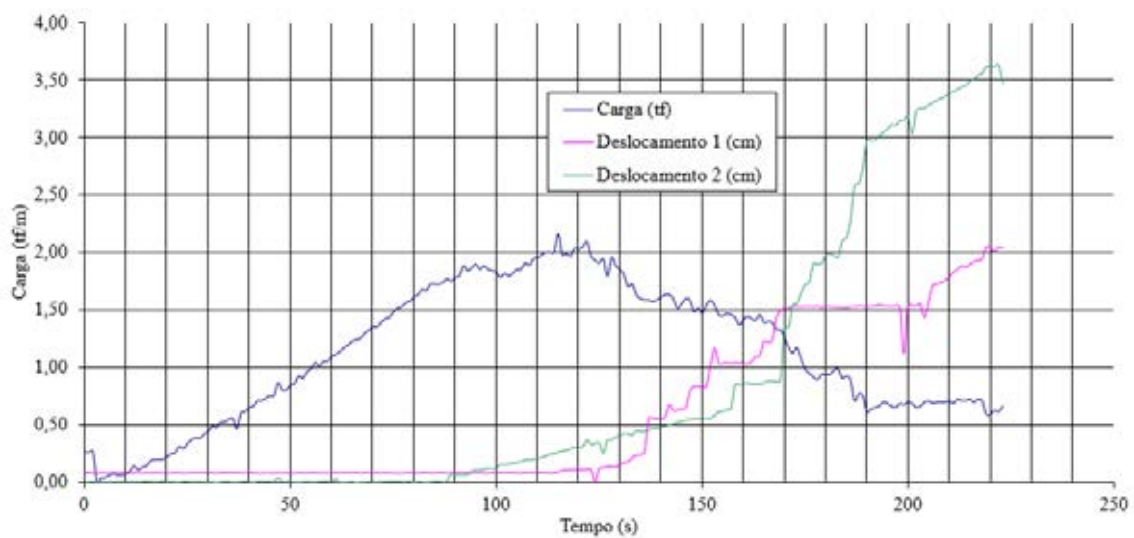
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 230 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



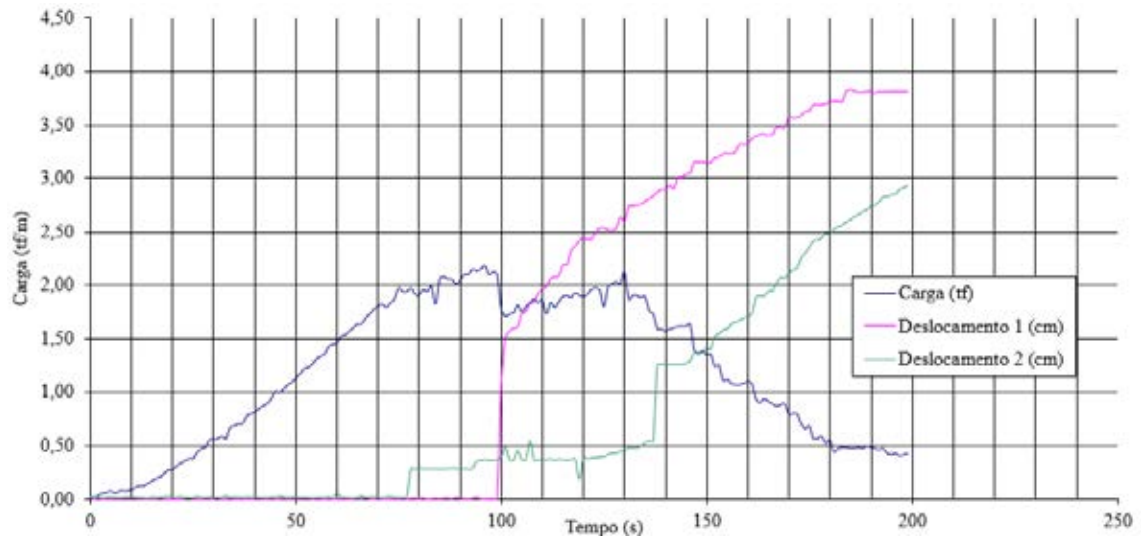
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 231 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



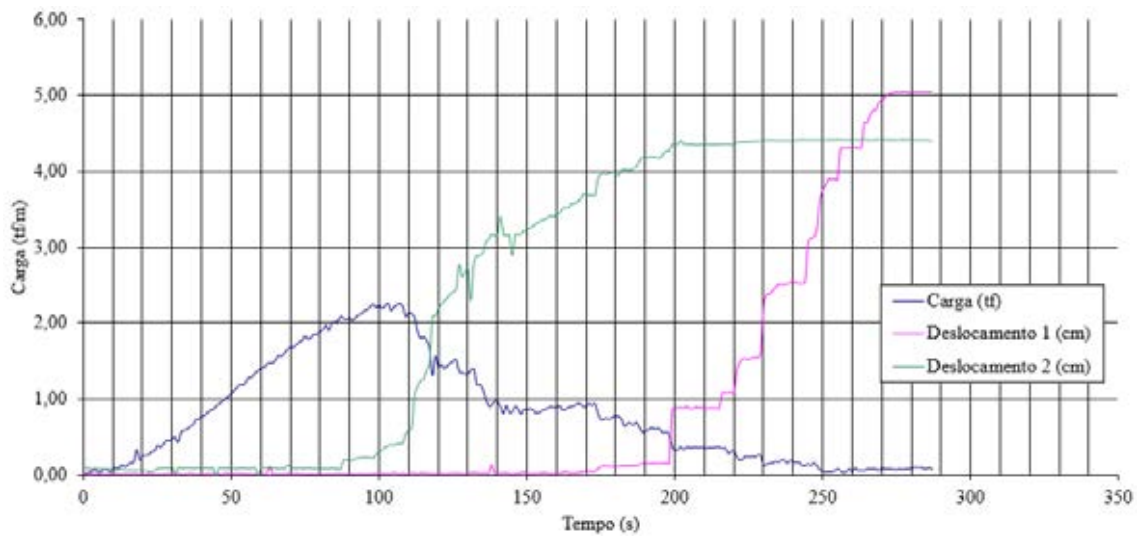
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 232 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



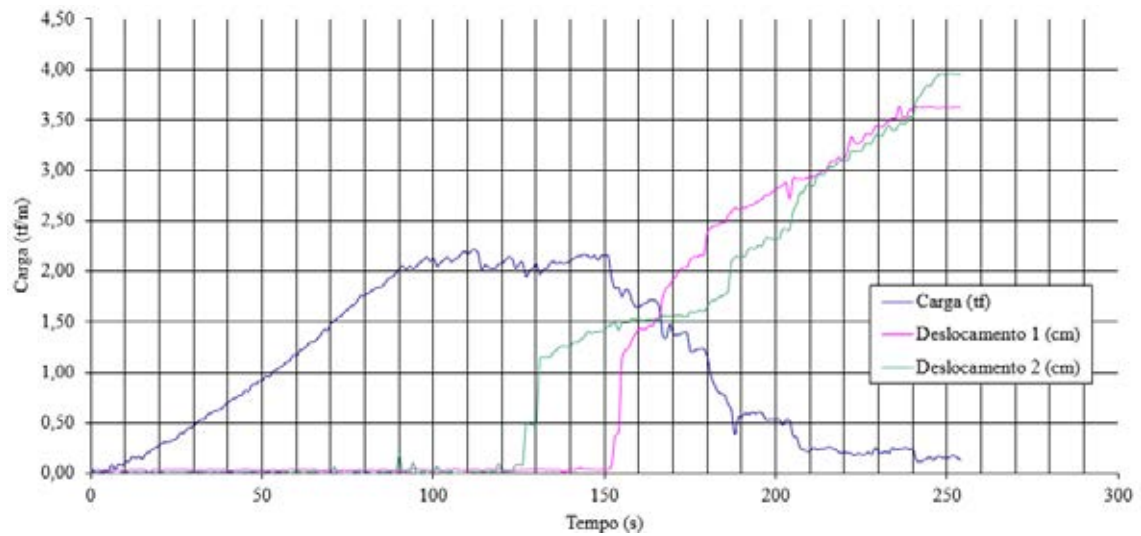
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 233 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



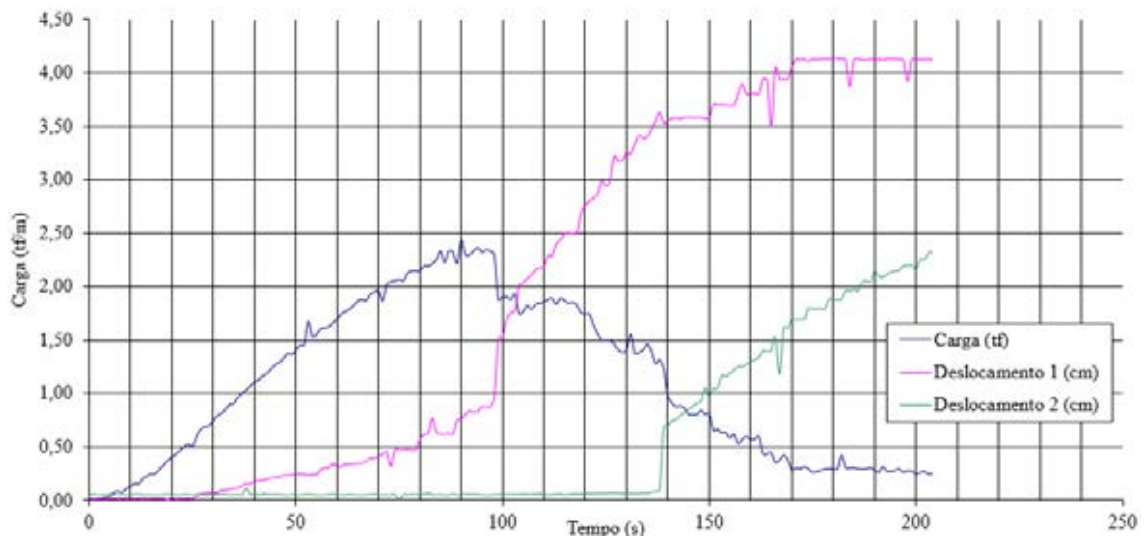
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 234 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



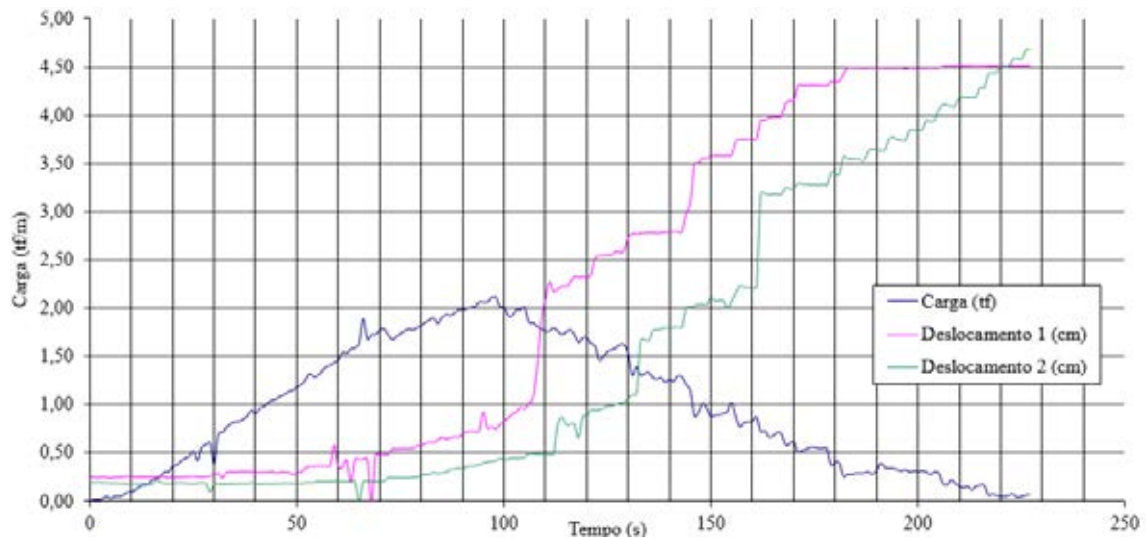
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 235 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



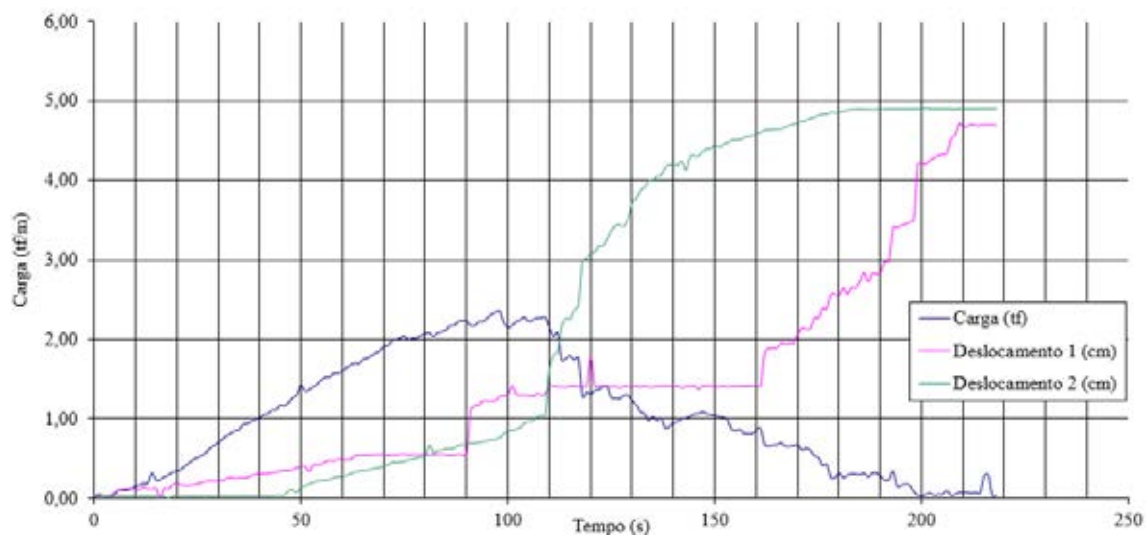
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 236 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

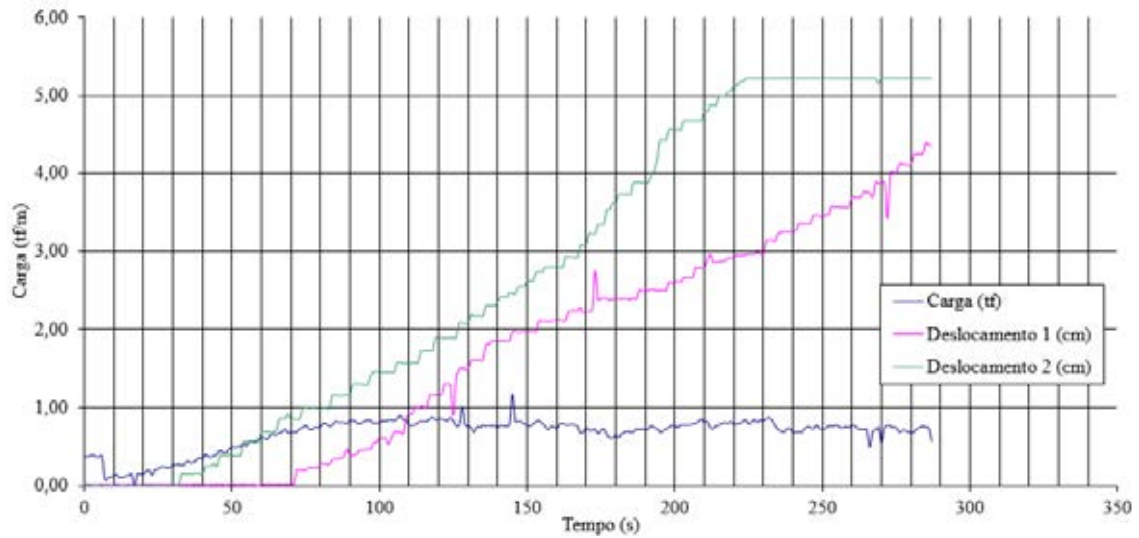
Figura 237 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

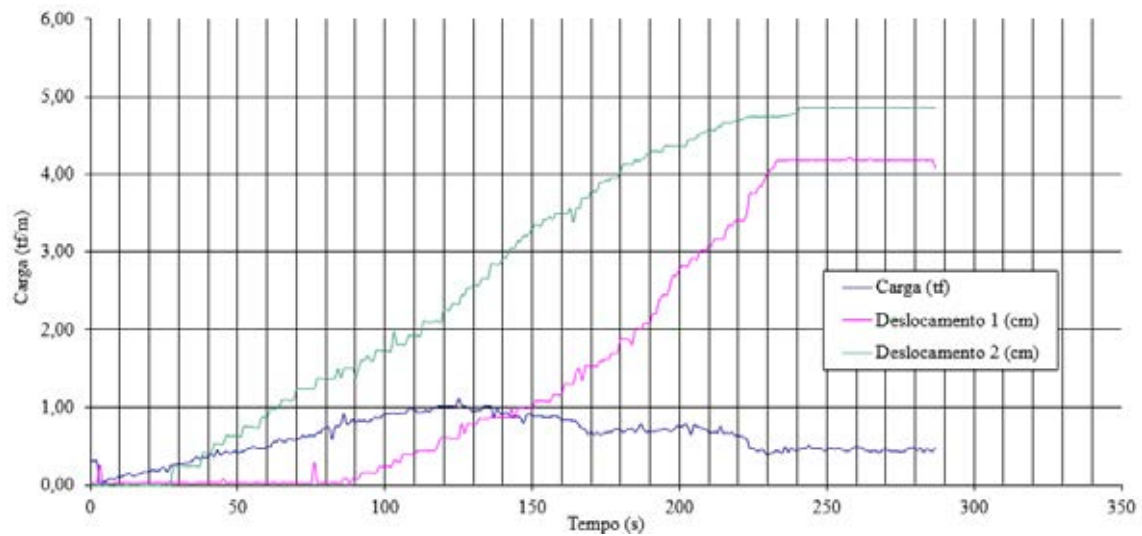
ANEXO F - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC® M 55/30-20 com camada simples e dupla

Figura 238 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



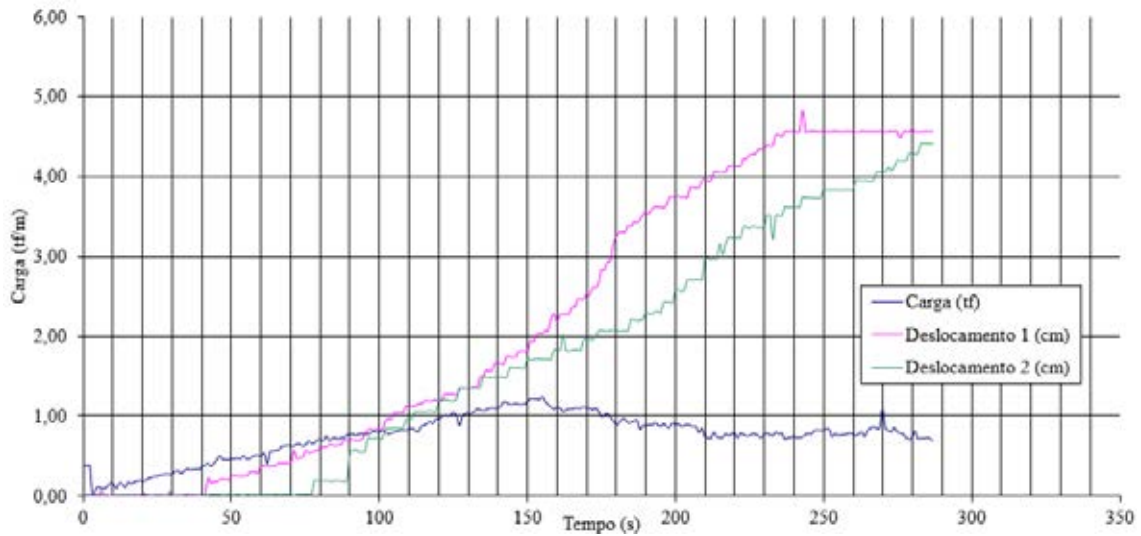
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 239 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



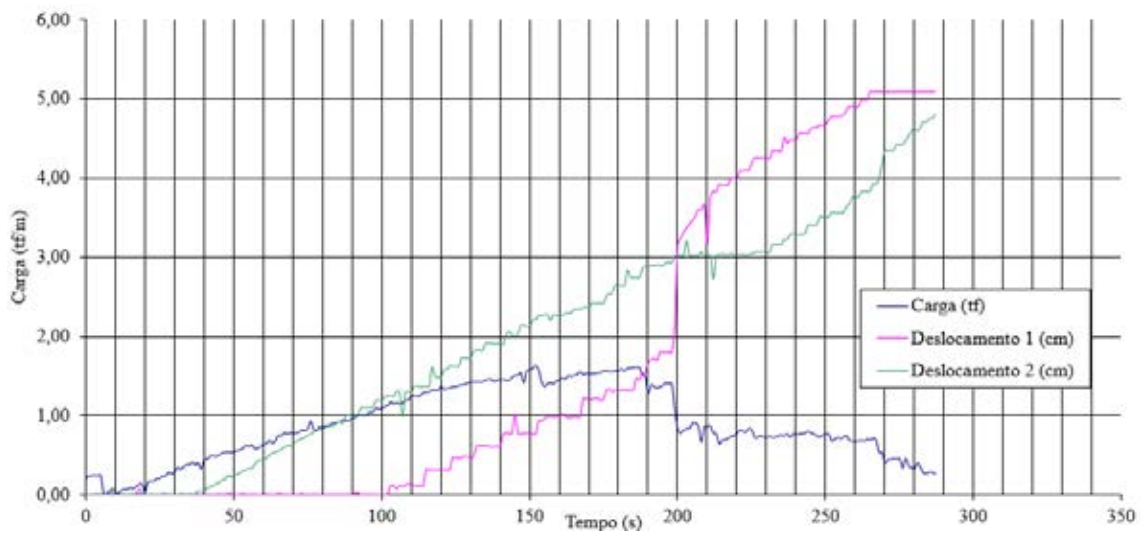
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 240 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



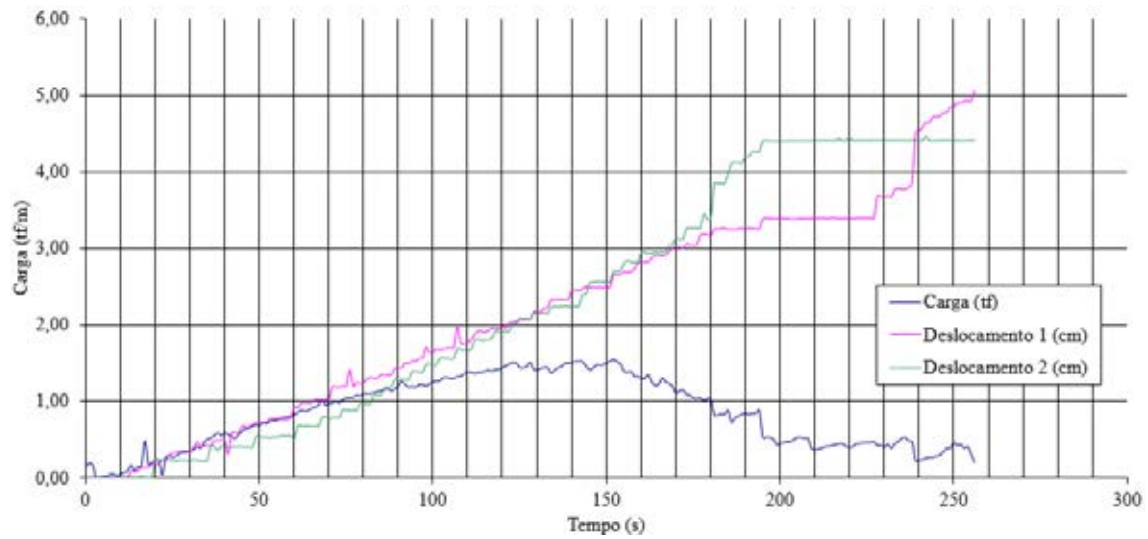
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 241 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



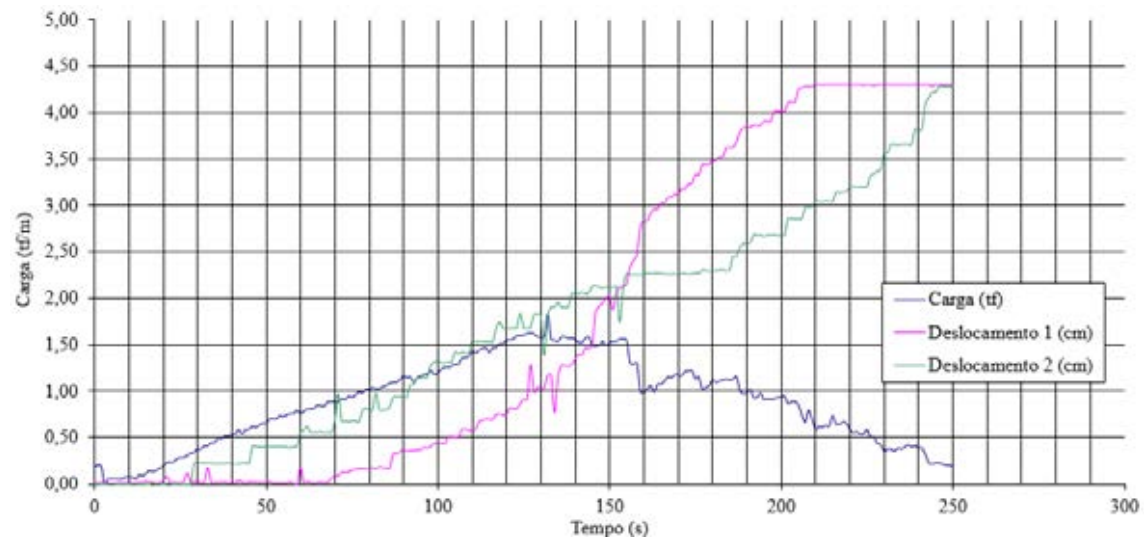
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 242 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



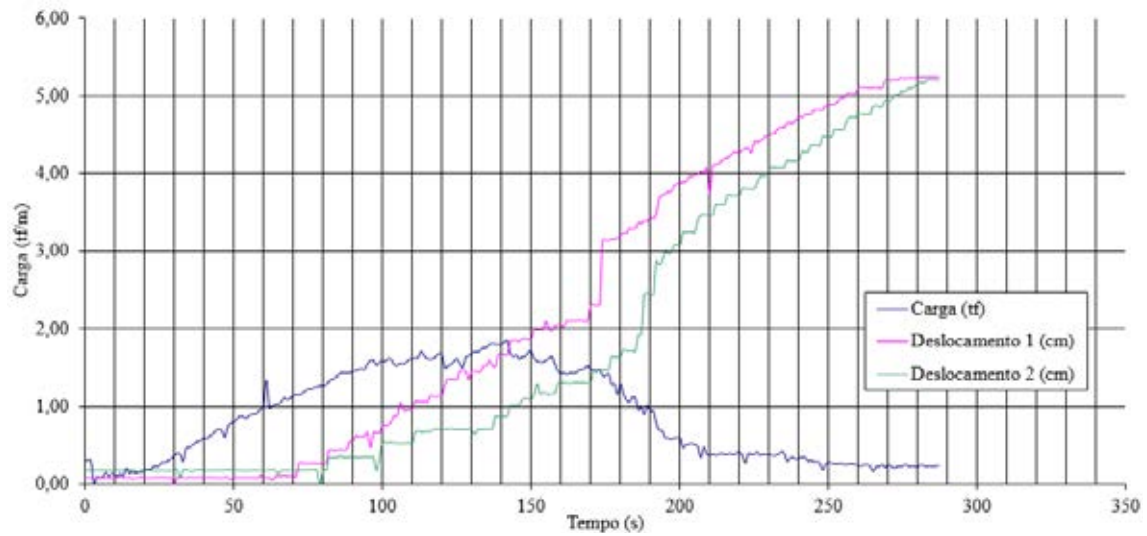
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 243 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



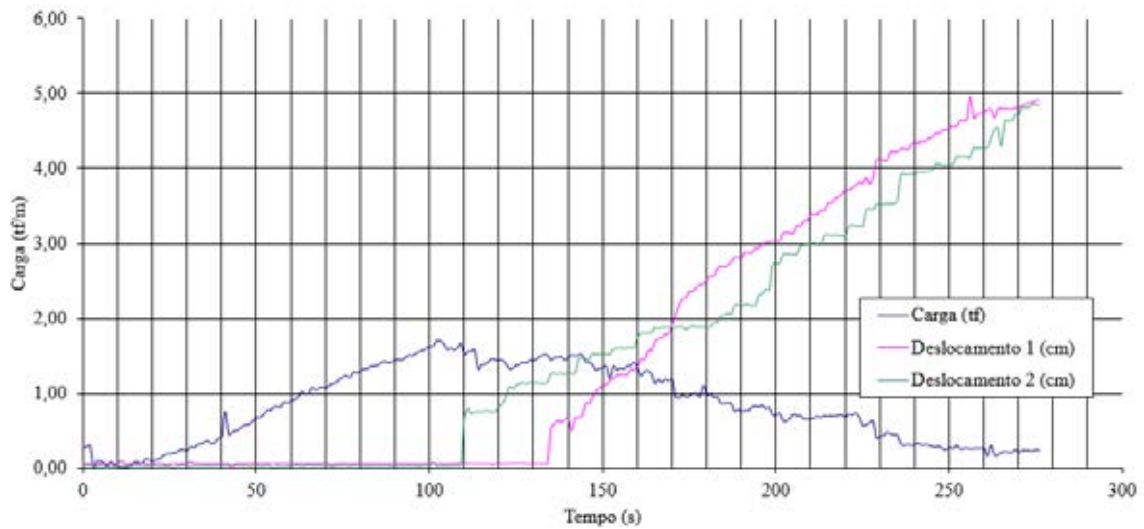
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 244 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



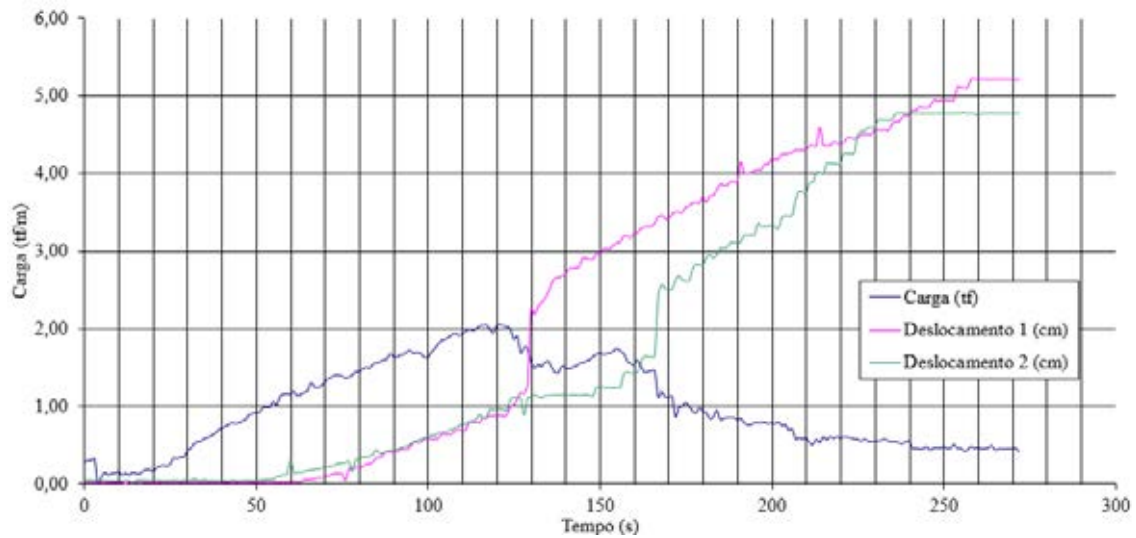
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 245 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



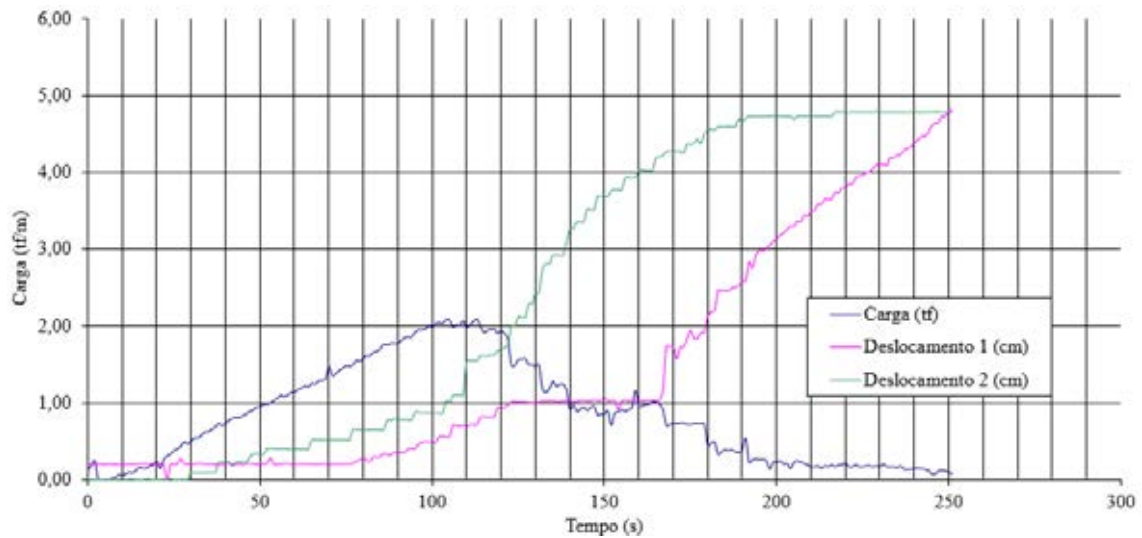
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 246 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



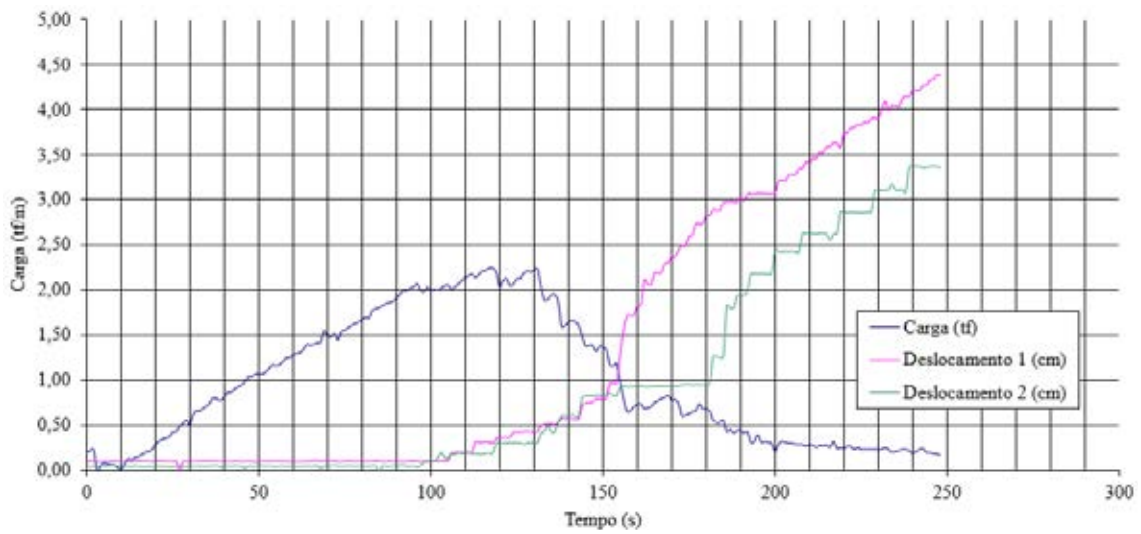
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 247 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



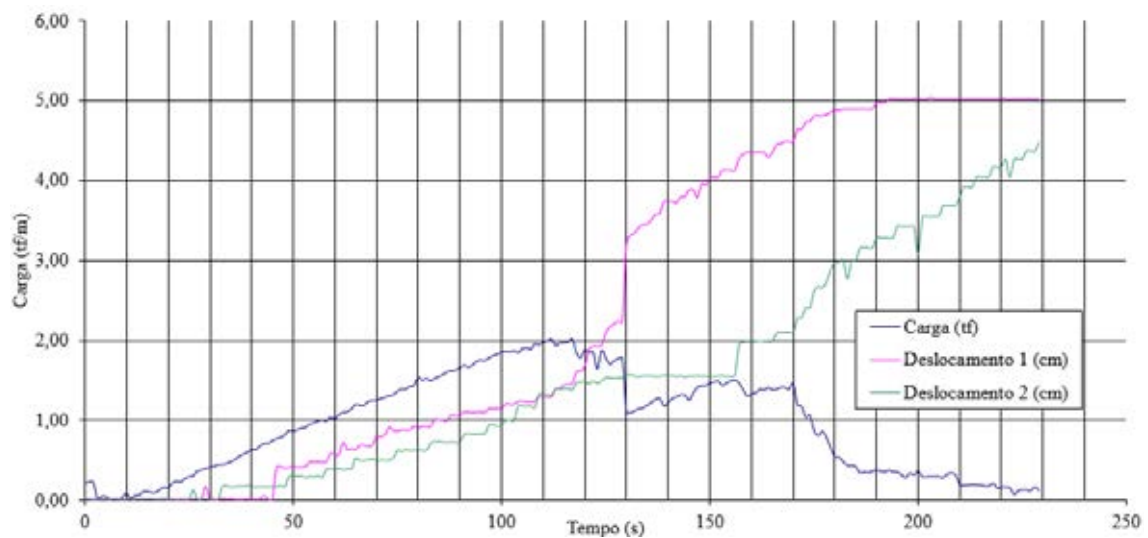
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 248 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



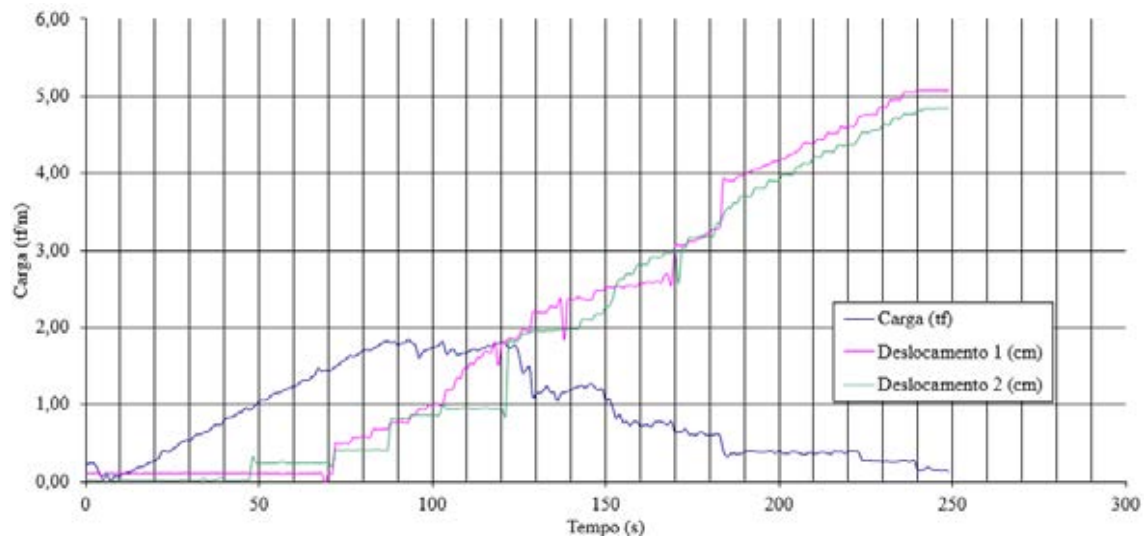
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 249 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



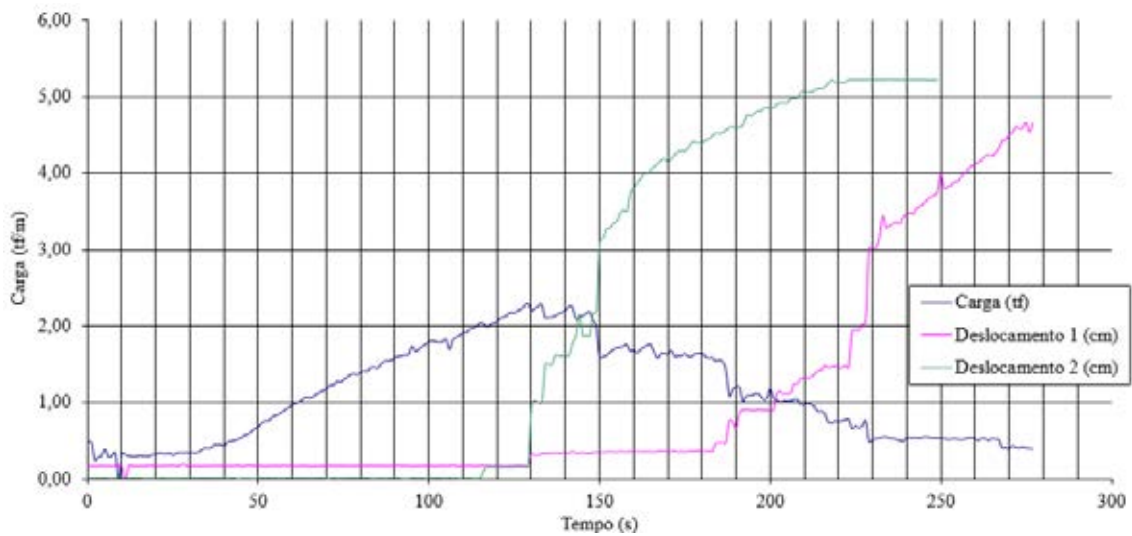
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 250 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



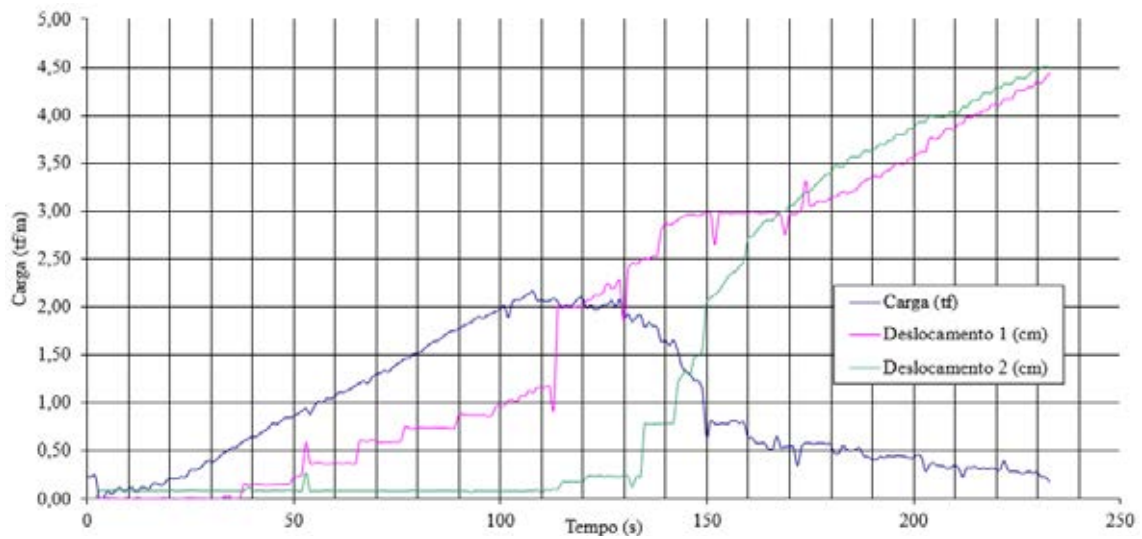
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 251 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



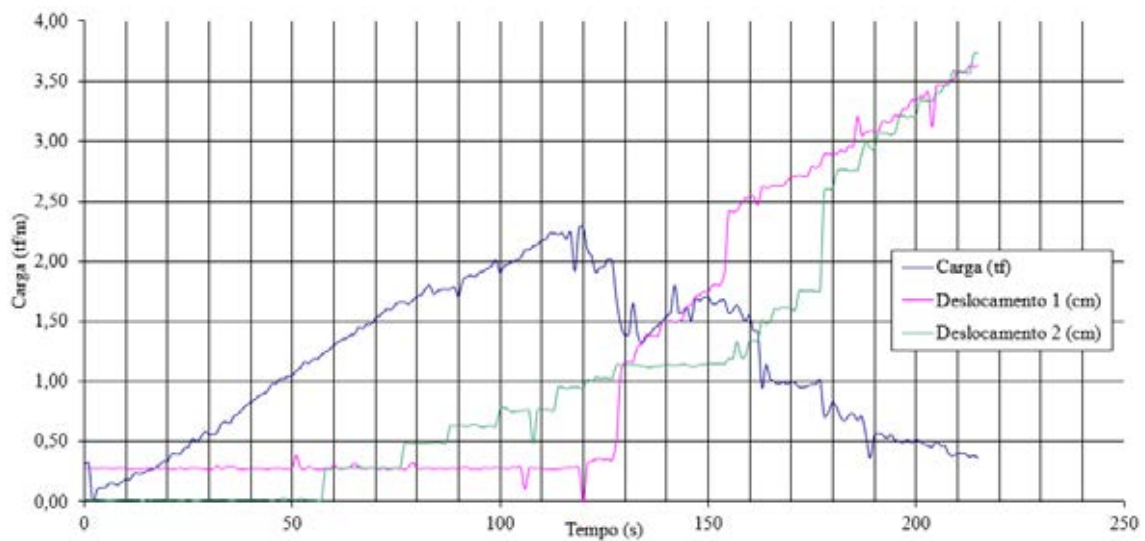
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 252 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



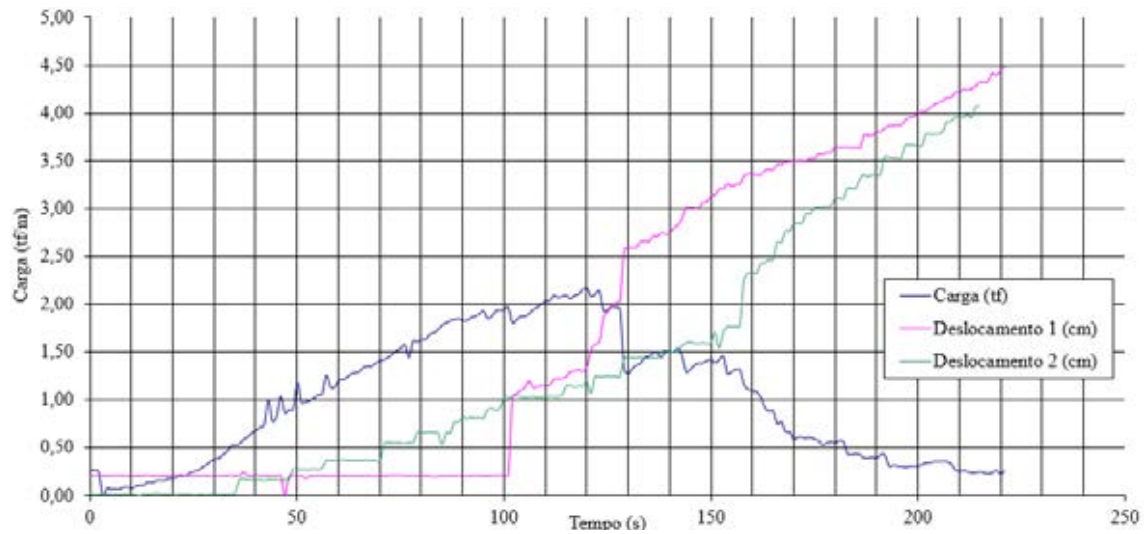
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 253 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



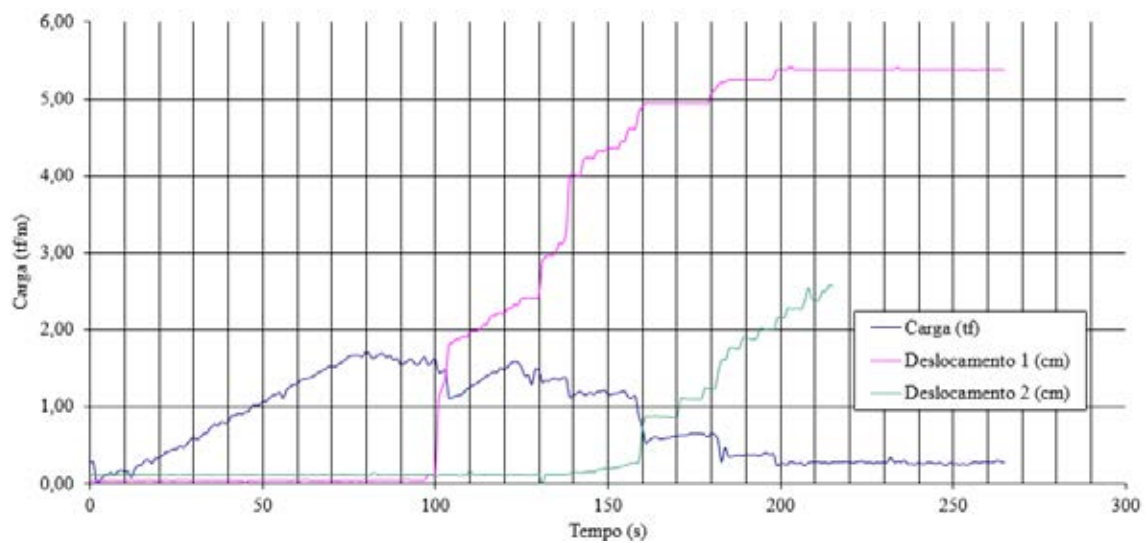
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 254 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



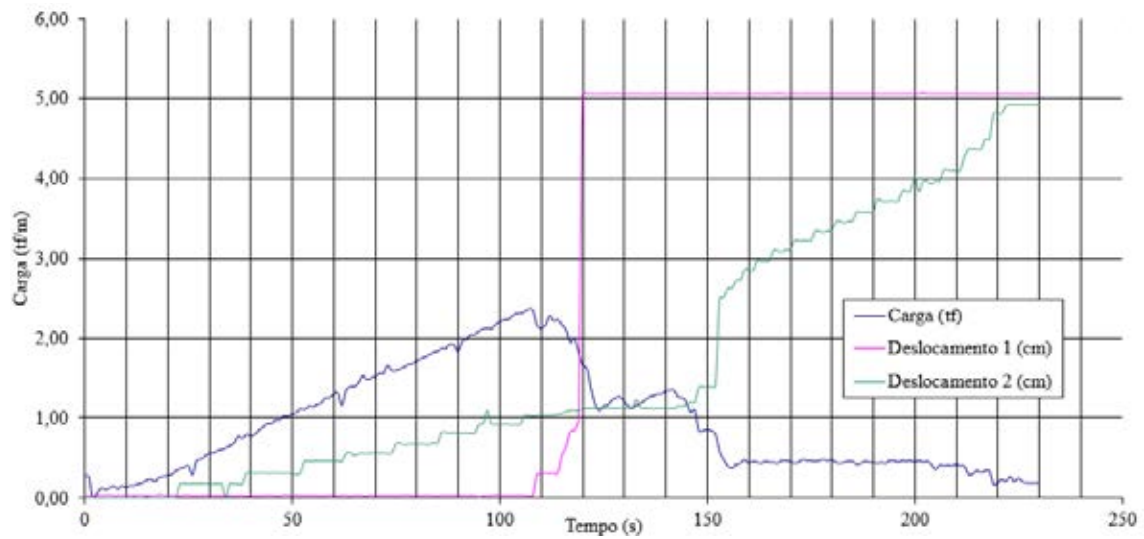
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 255 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



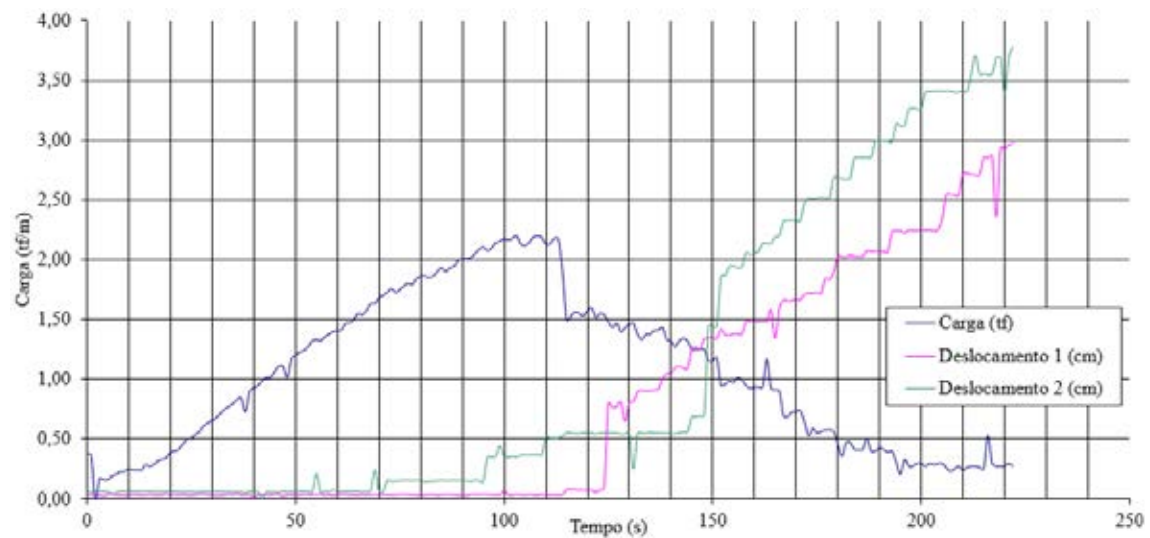
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 256 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



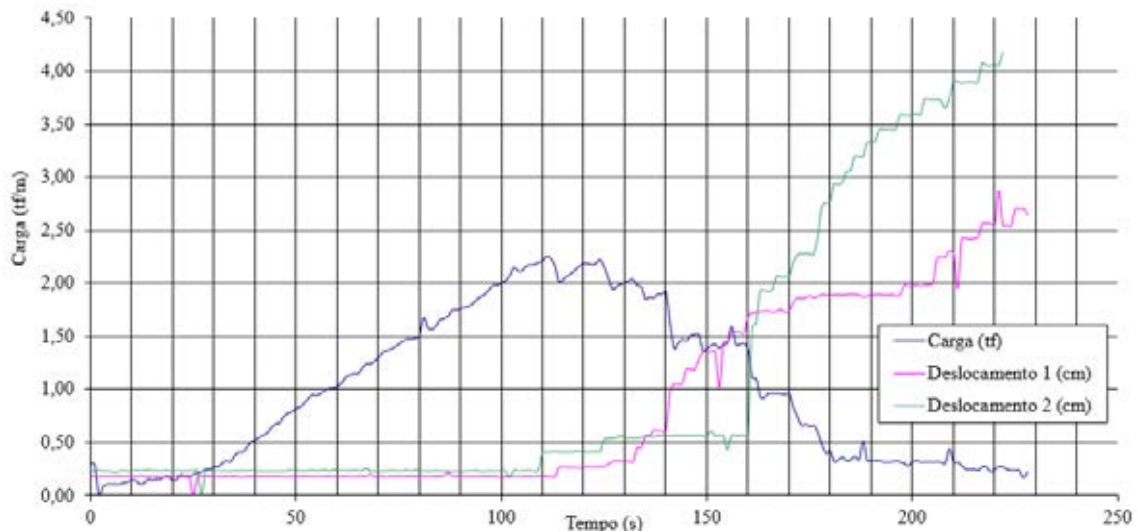
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 257 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



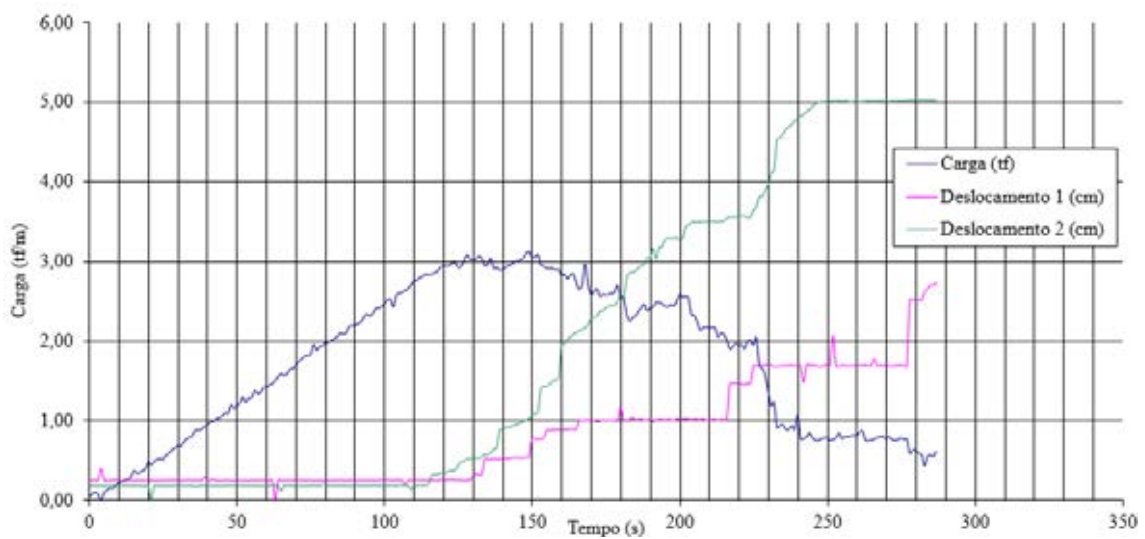
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 258 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



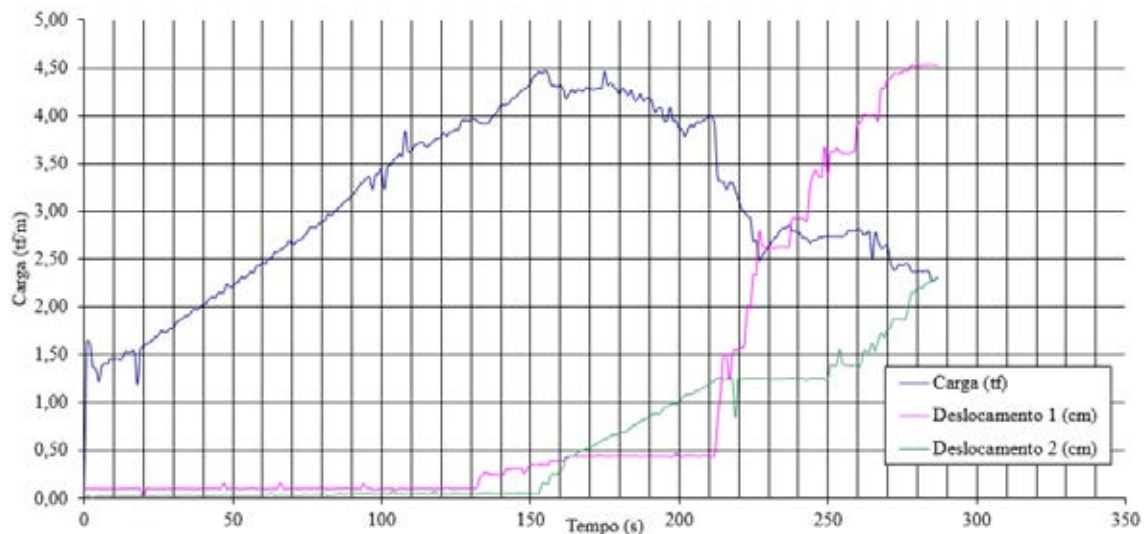
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 259 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



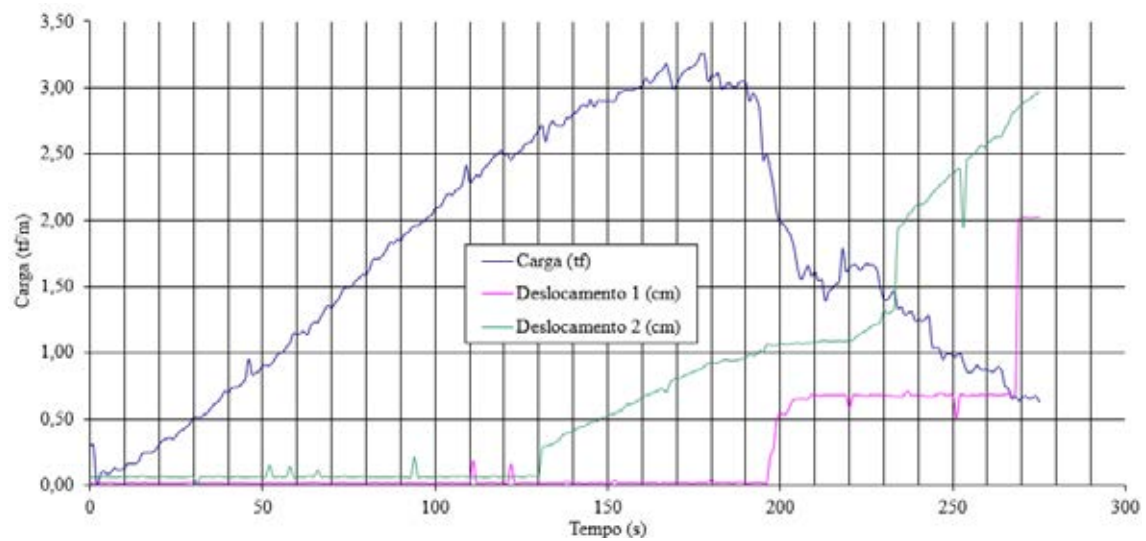
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 260 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



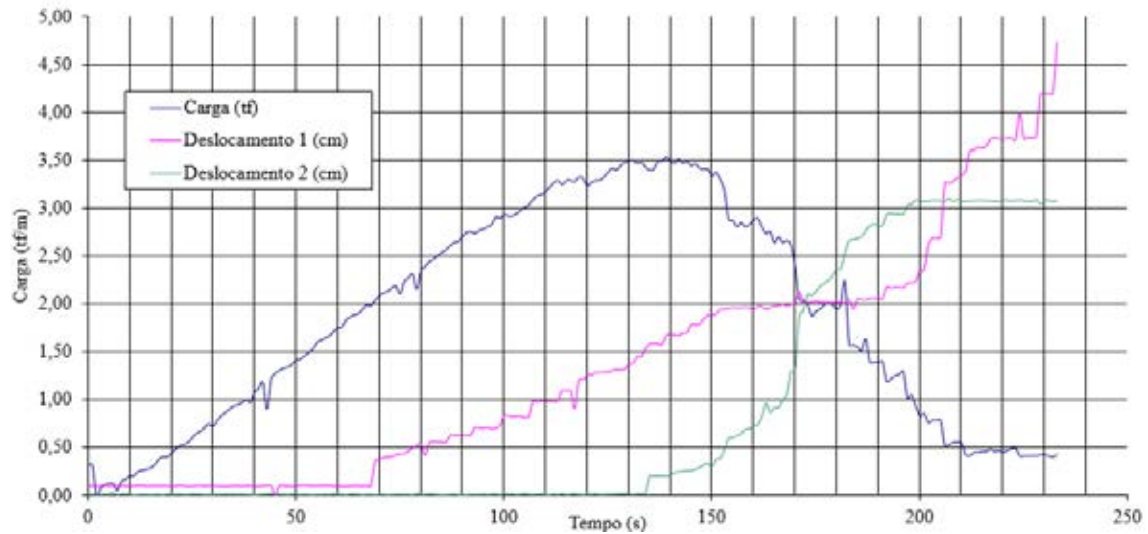
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 261 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



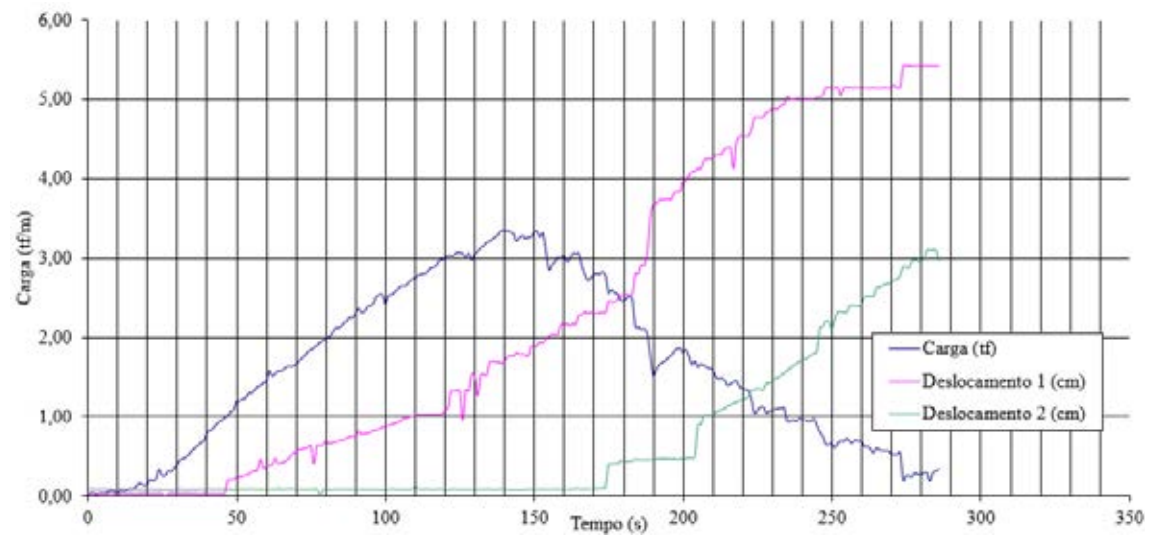
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 262 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



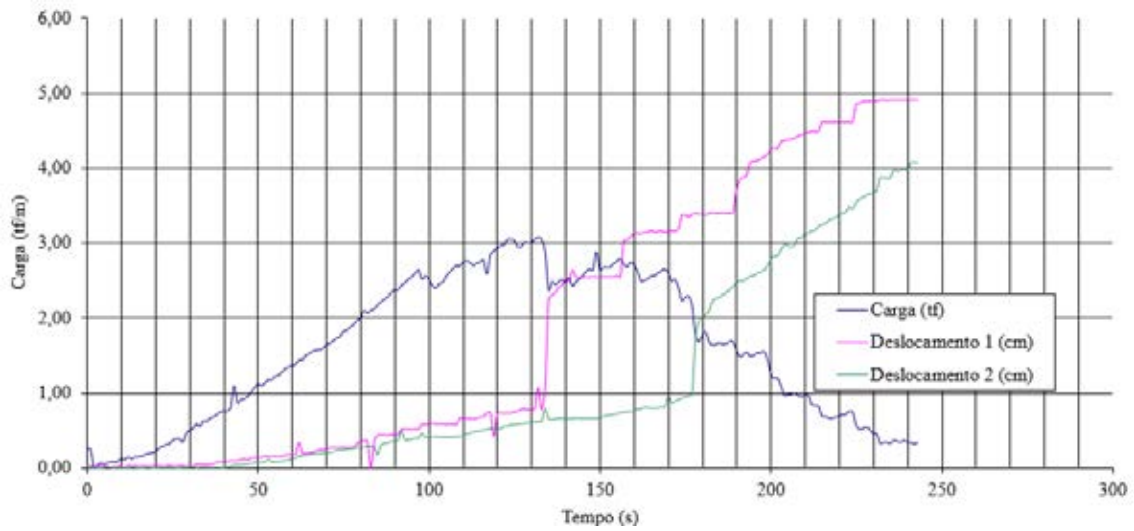
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 263 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



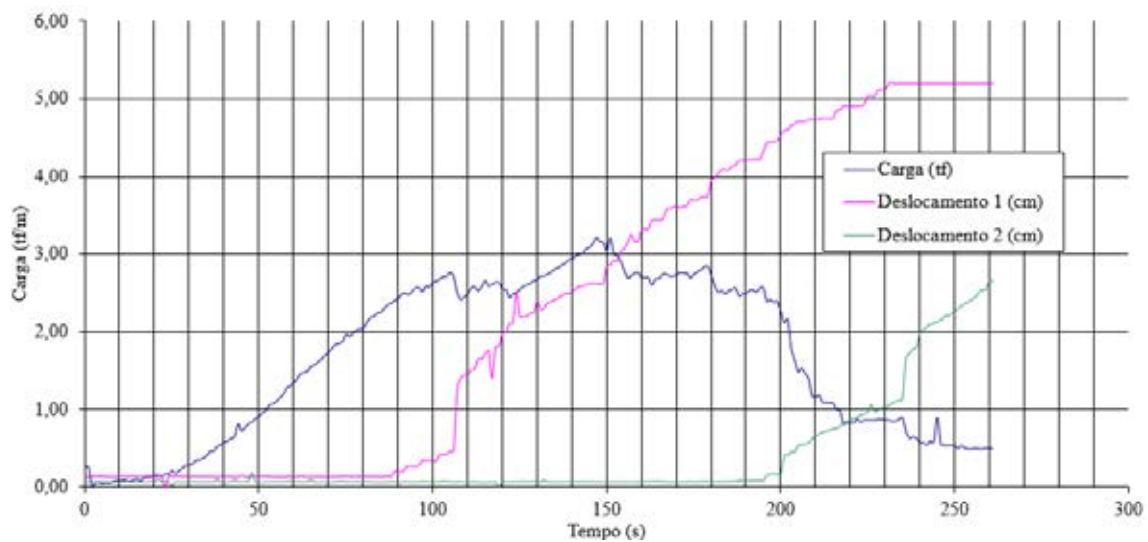
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 264 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



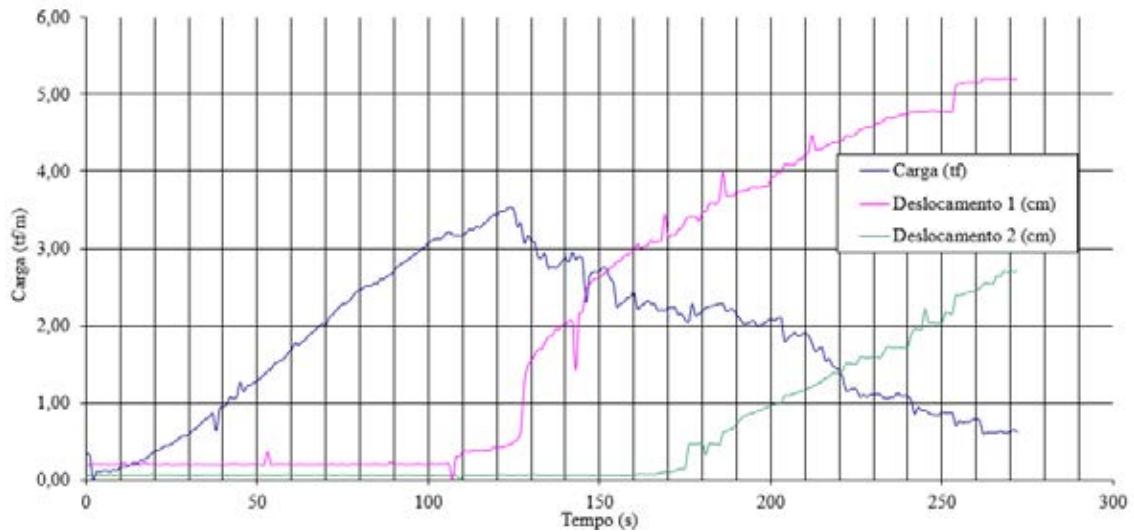
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 265 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



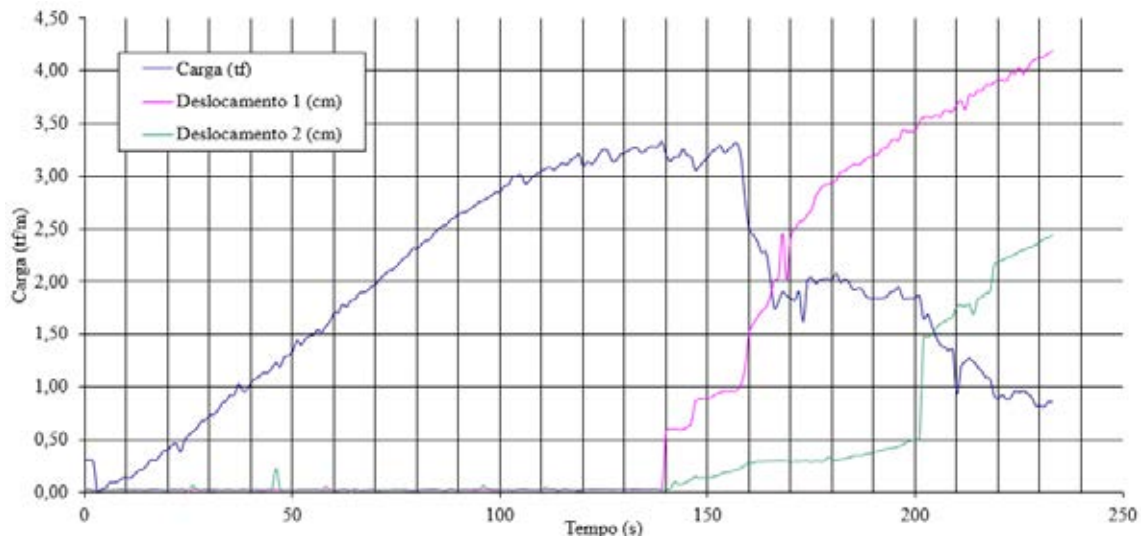
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 266 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



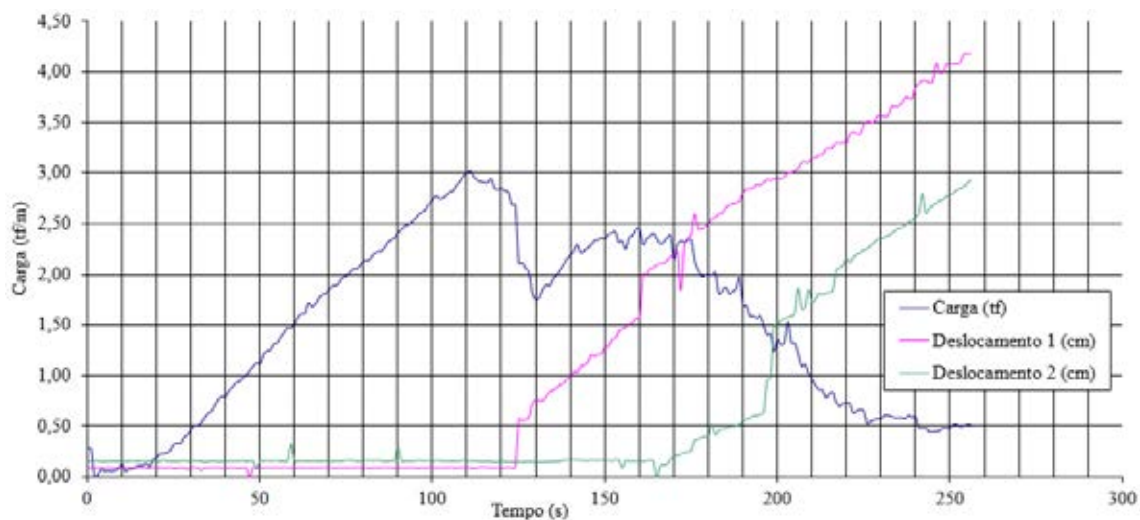
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 267 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



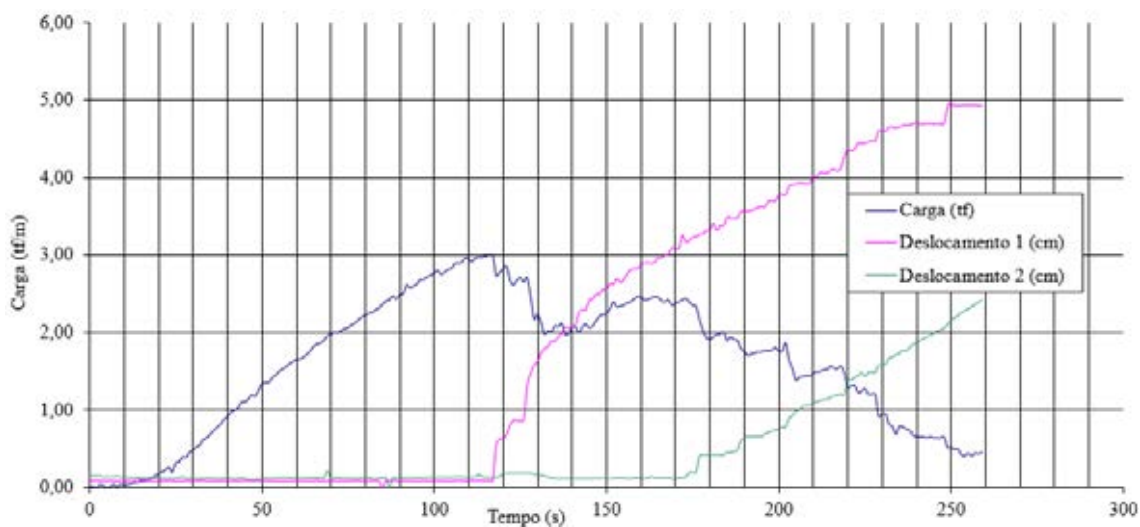
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 268 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



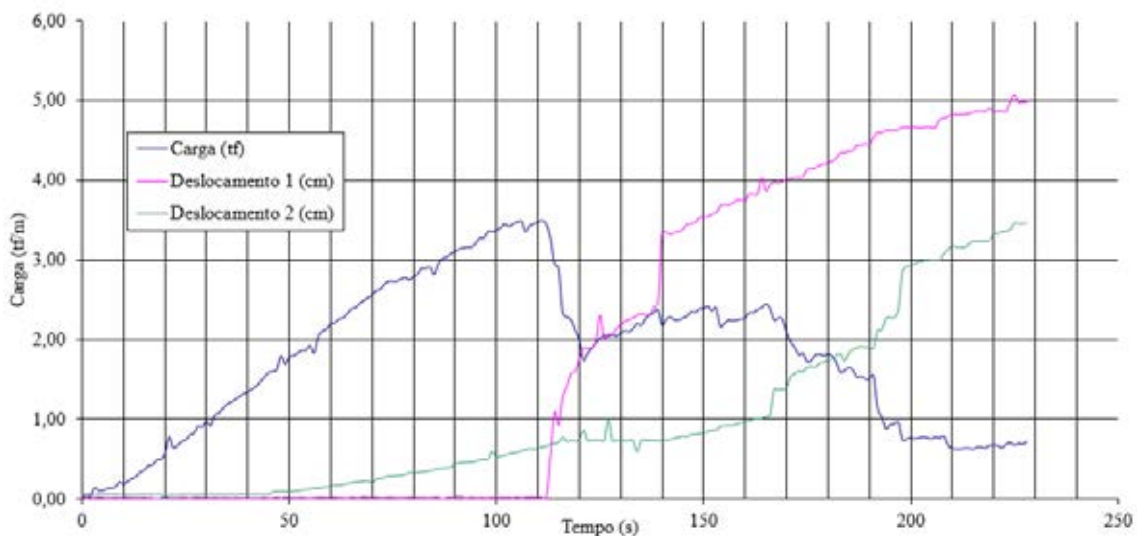
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 269 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



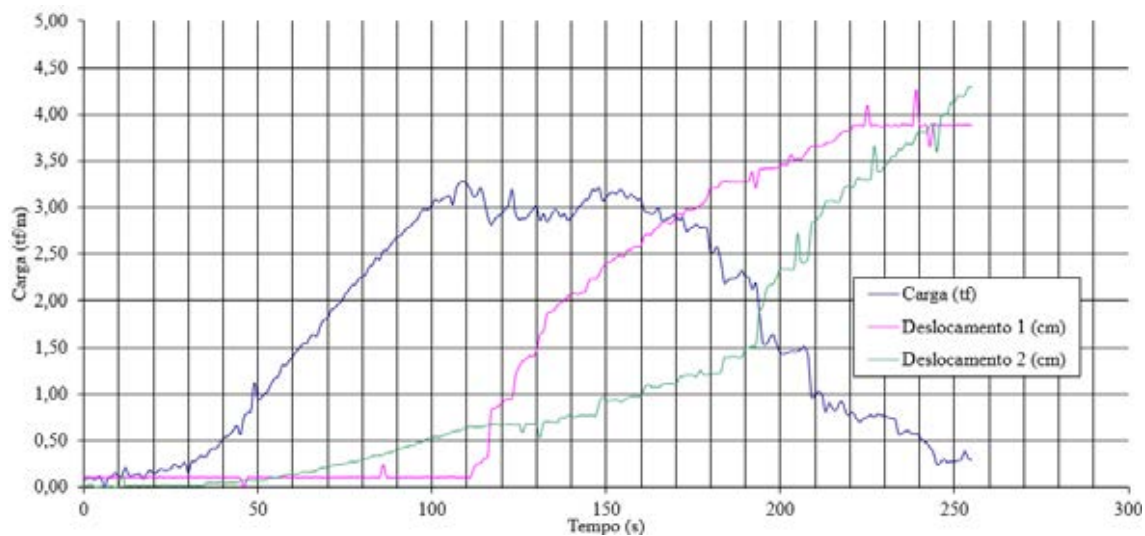
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 270 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



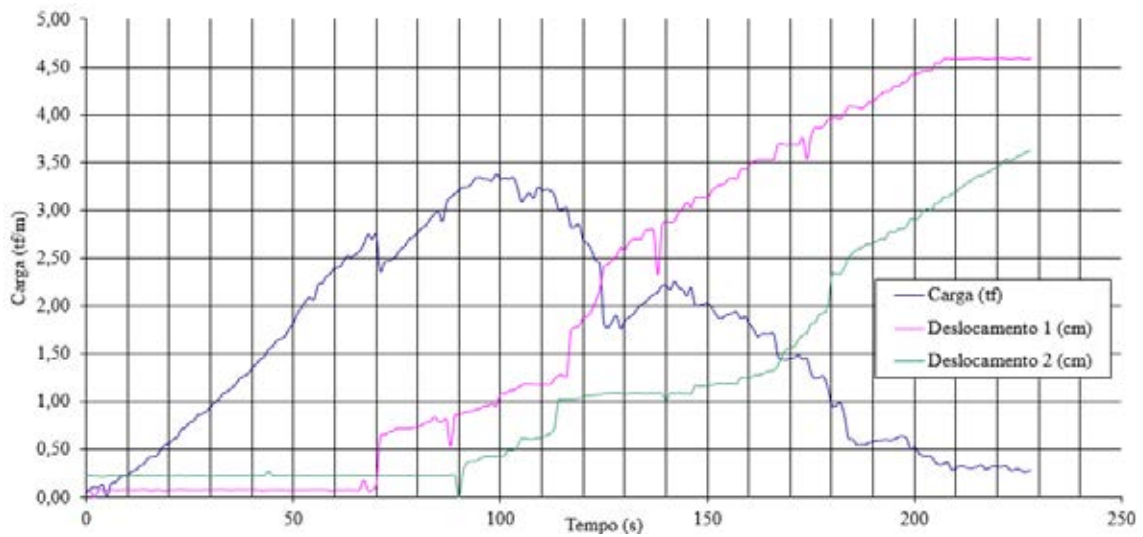
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 271 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



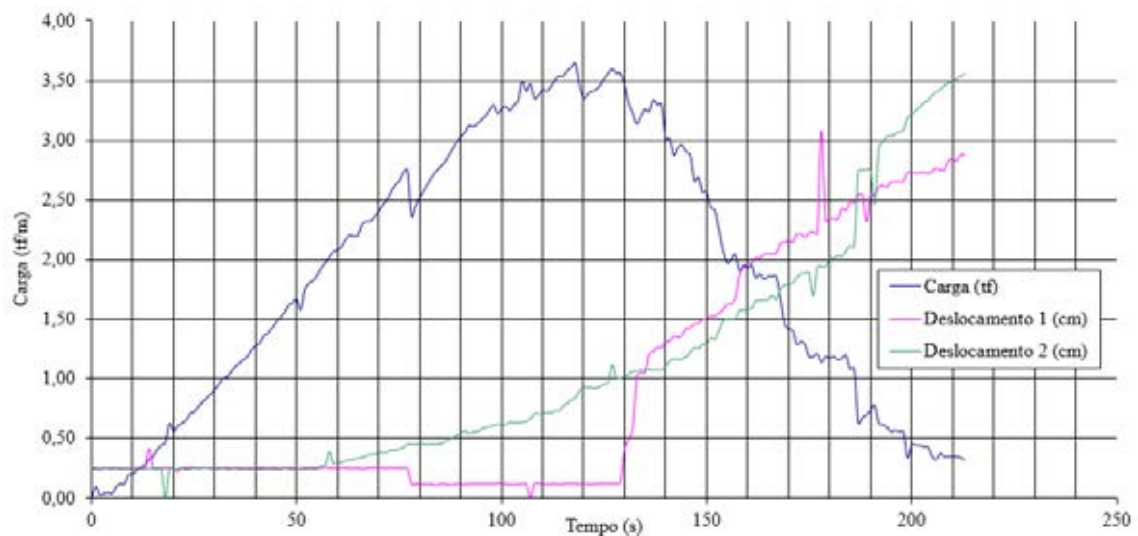
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 272 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

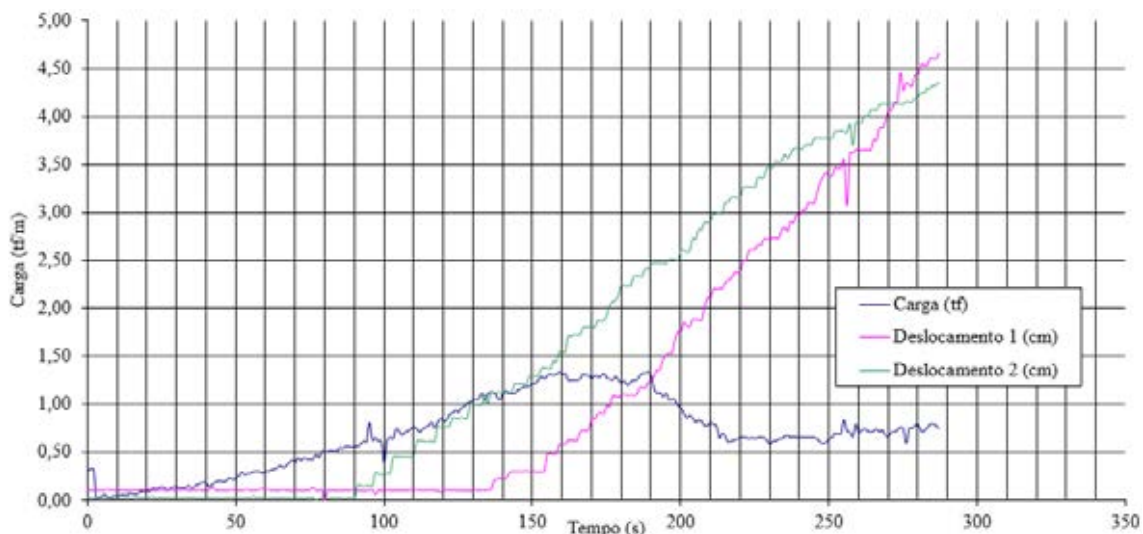
Figura 273 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

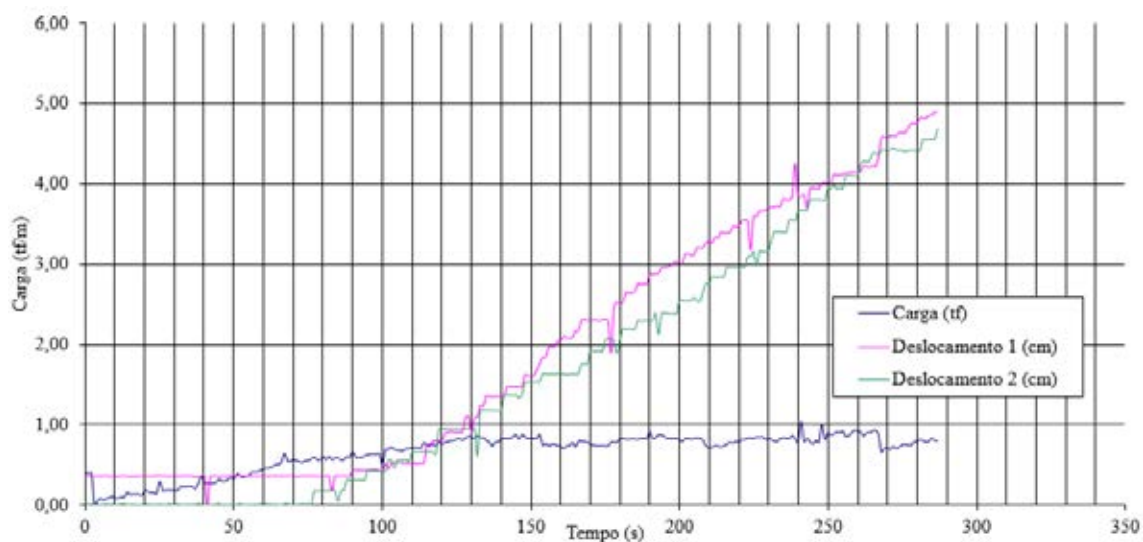
ANEXO G - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 80/30-20 com camada simples

Figura 274 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



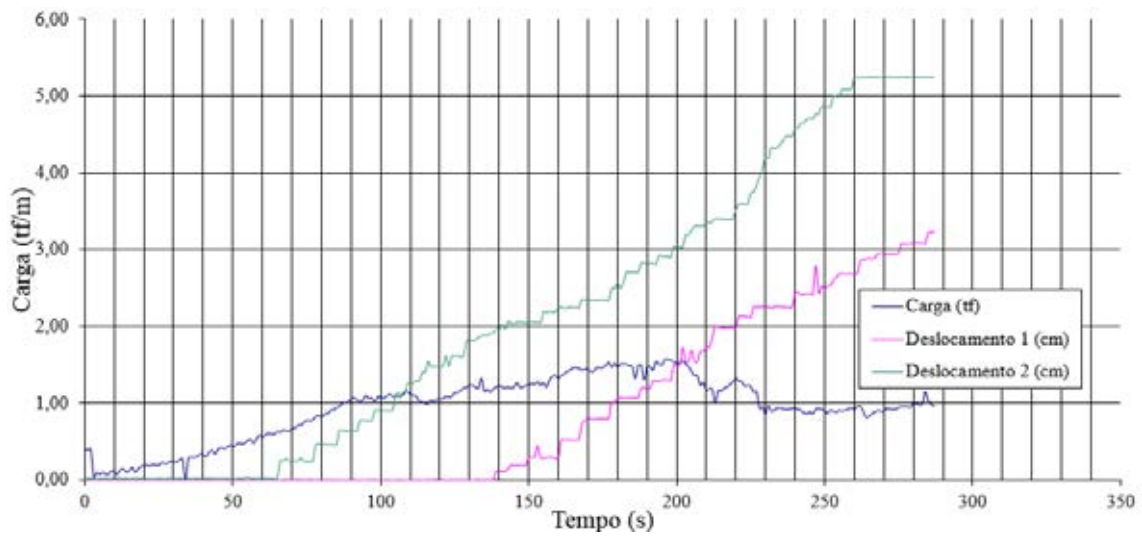
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 275 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



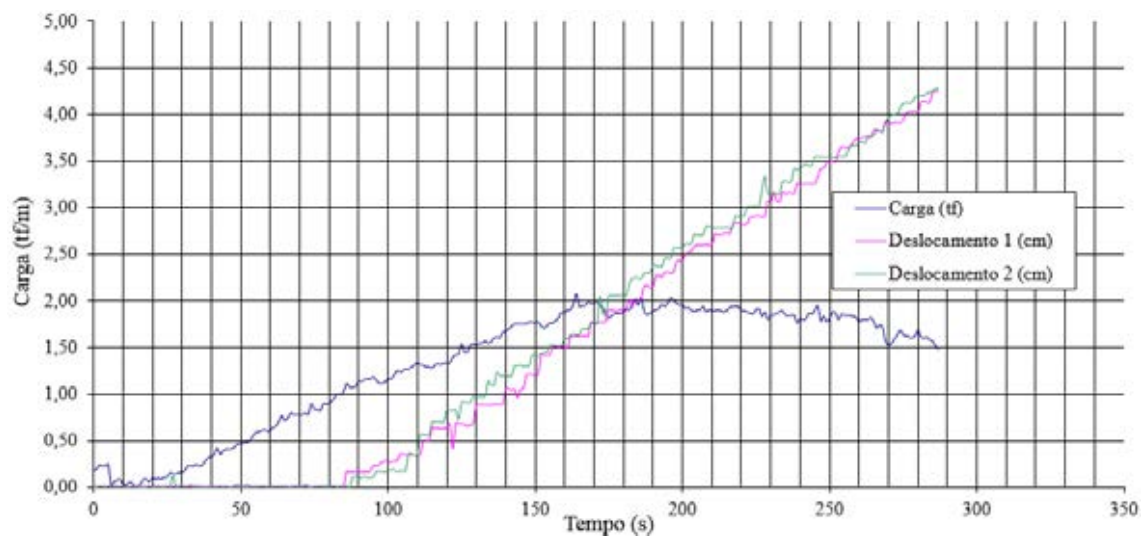
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 276 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



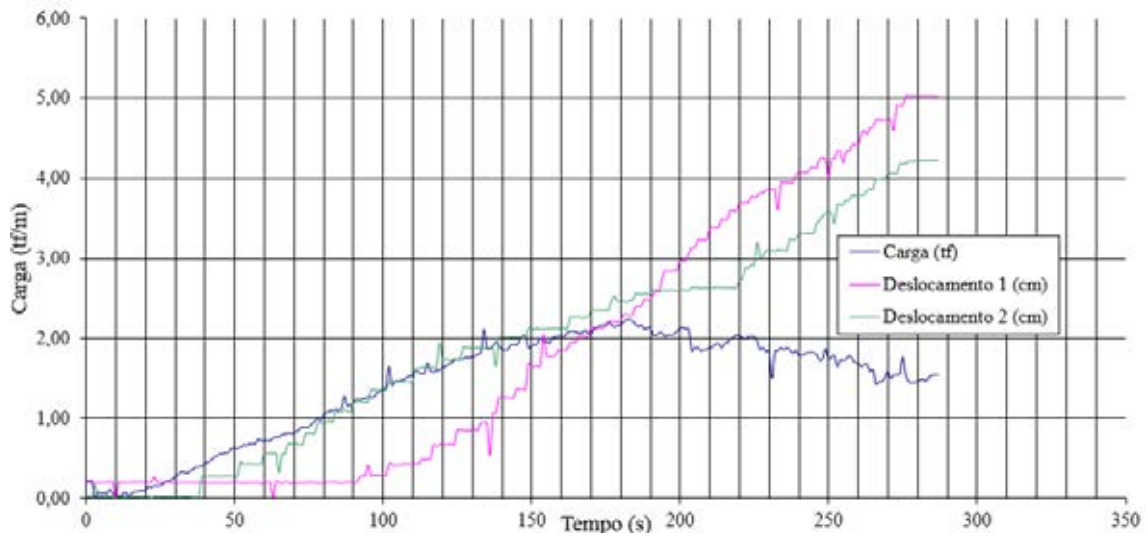
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 277 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



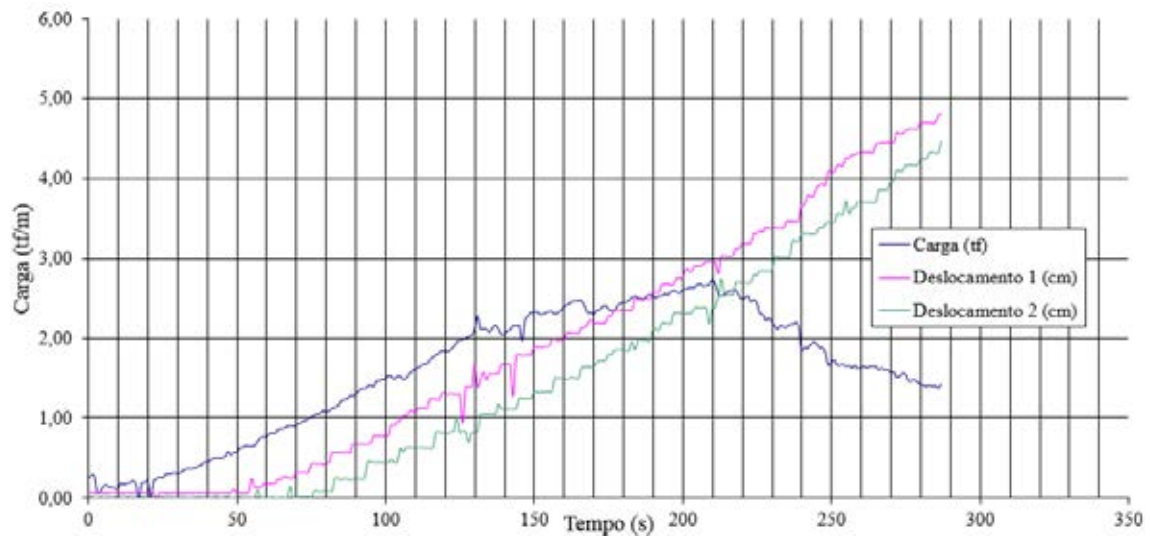
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 278 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



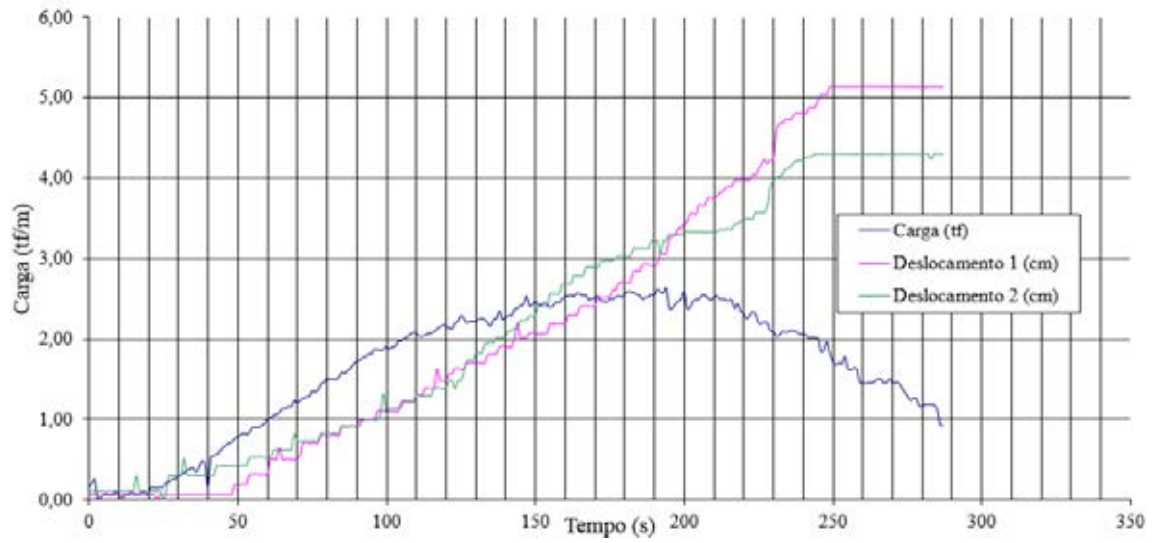
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 279 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



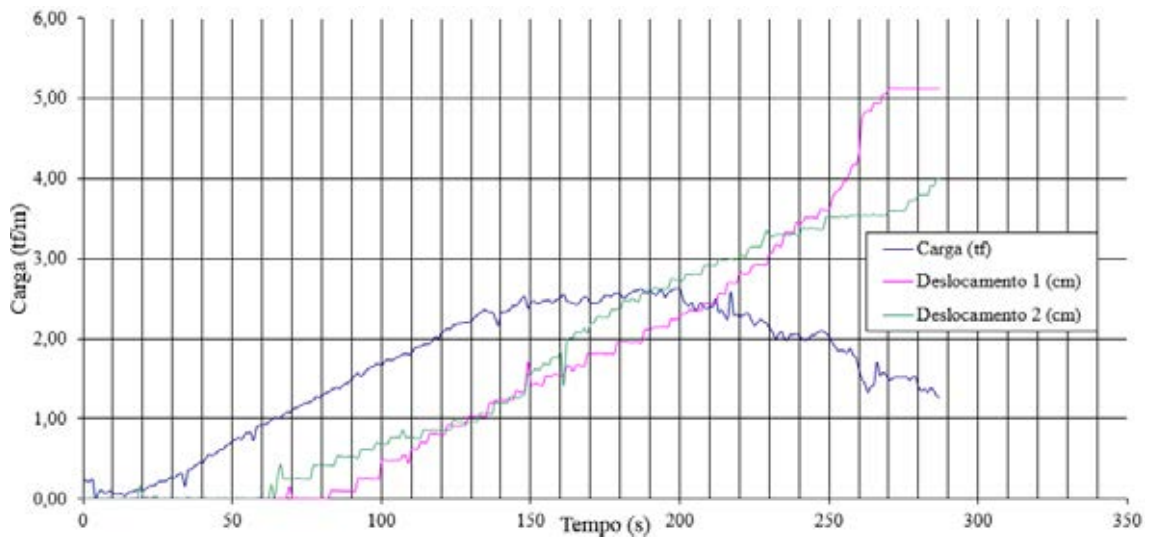
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 280 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



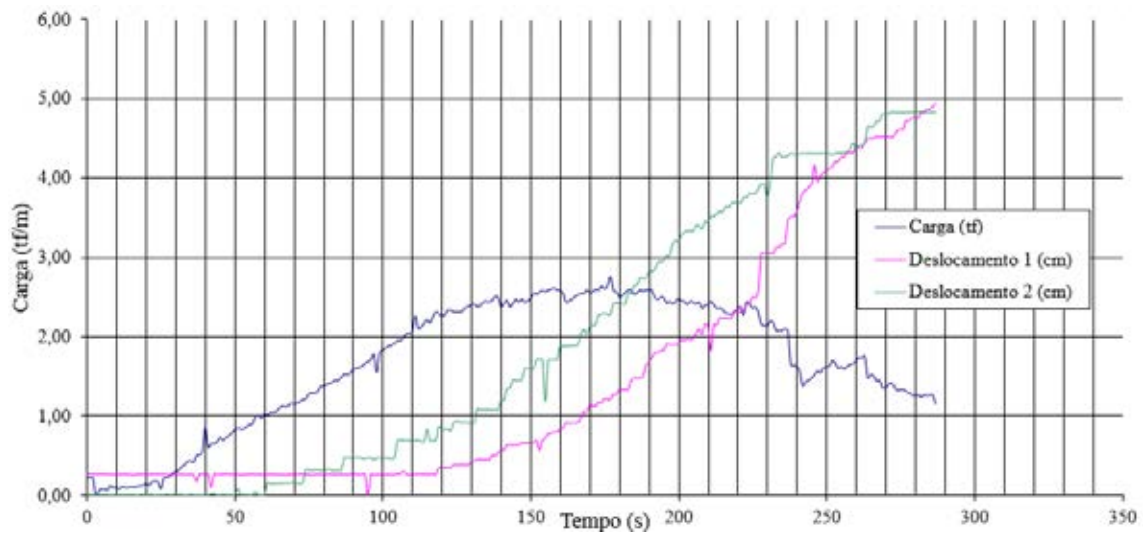
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 281 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



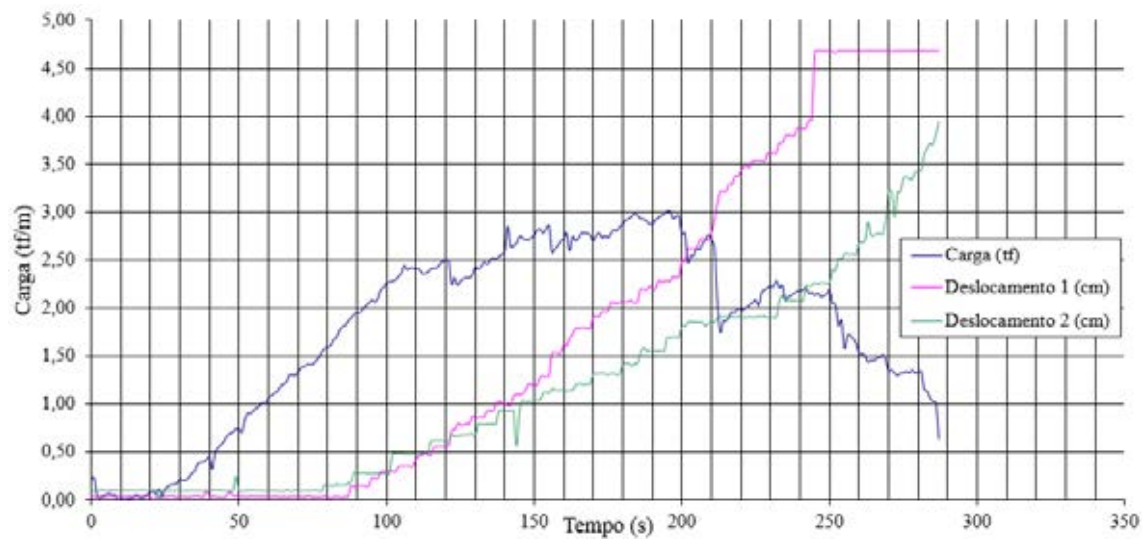
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 282 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



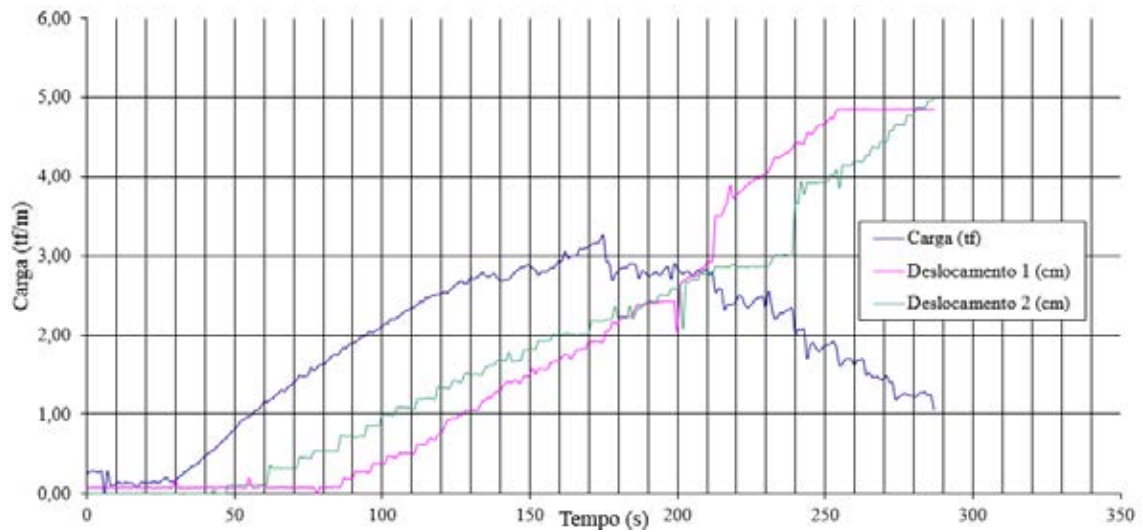
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 283 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



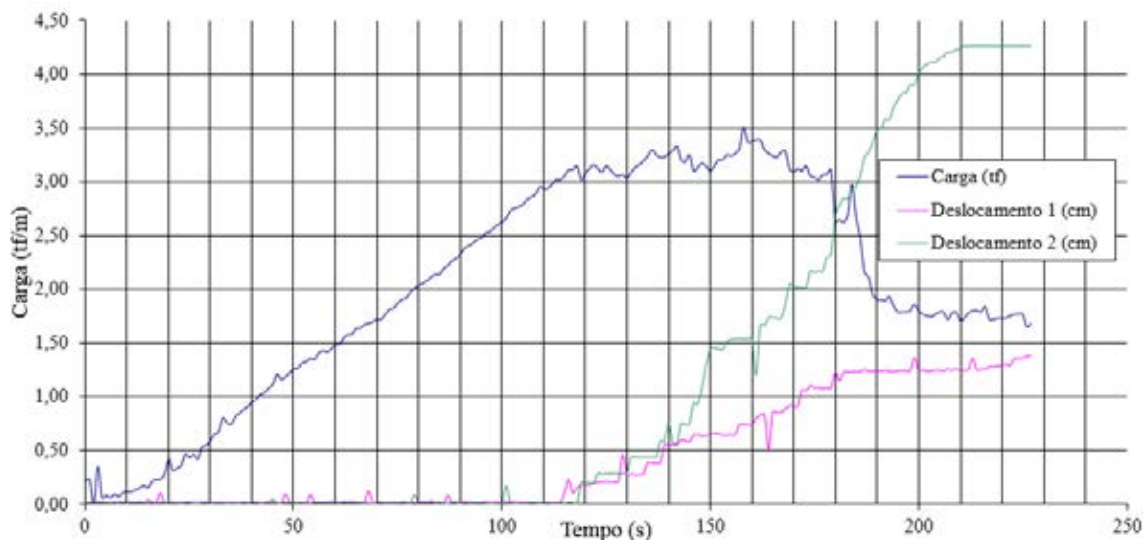
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 284 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



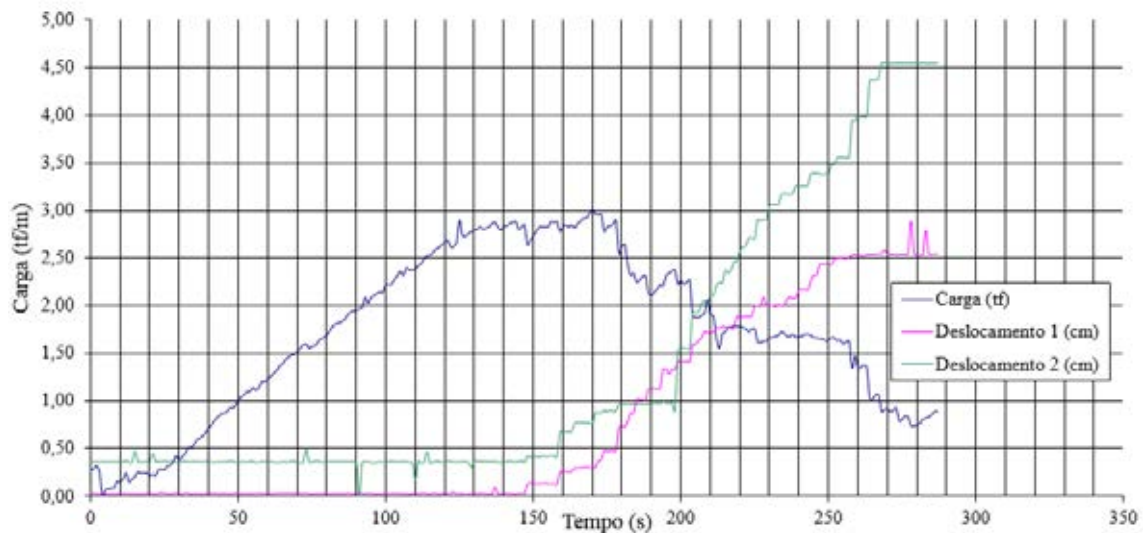
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 285 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



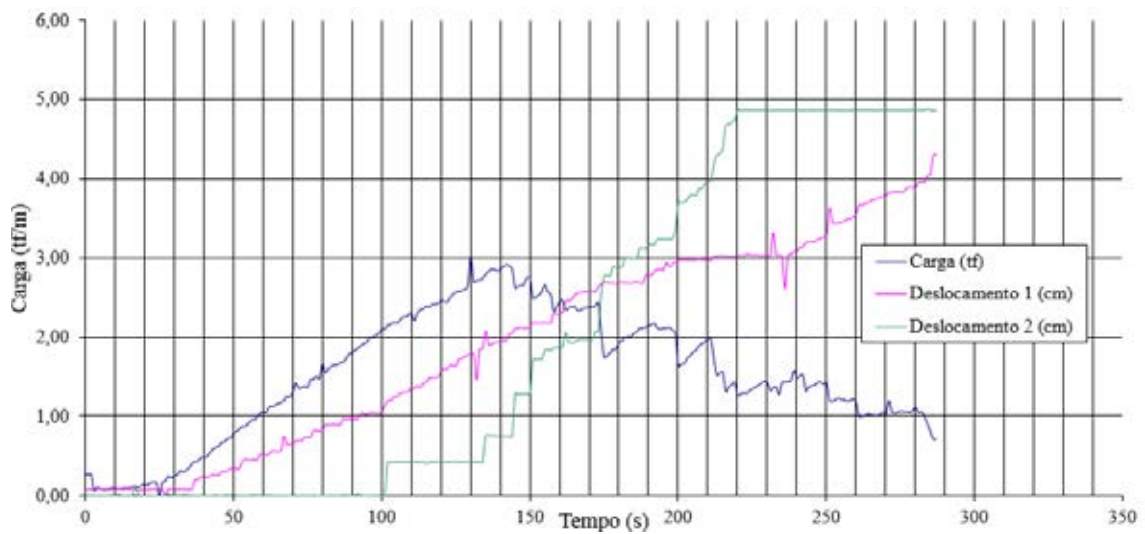
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 286 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



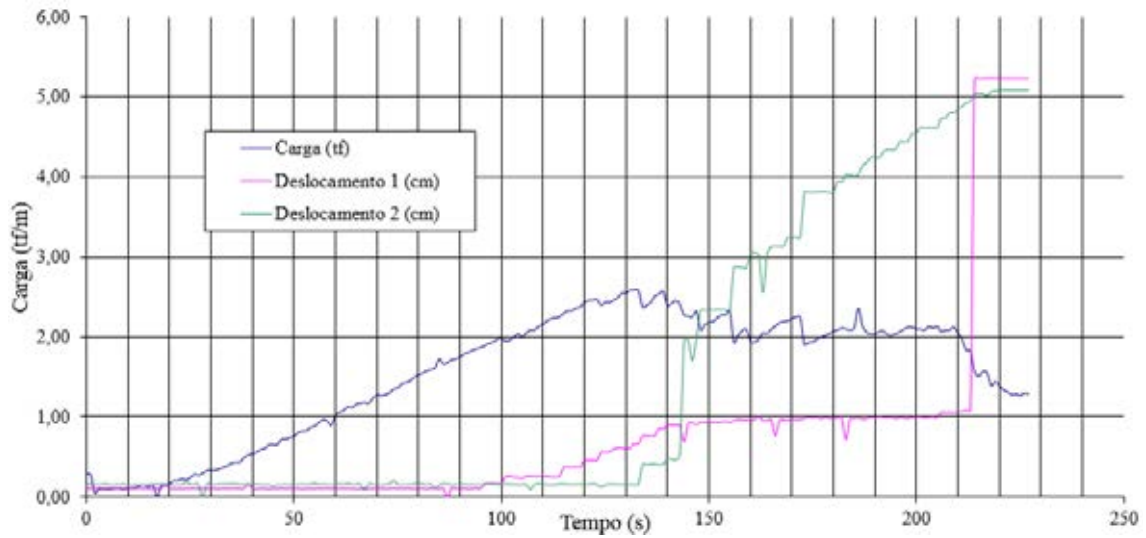
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 287 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



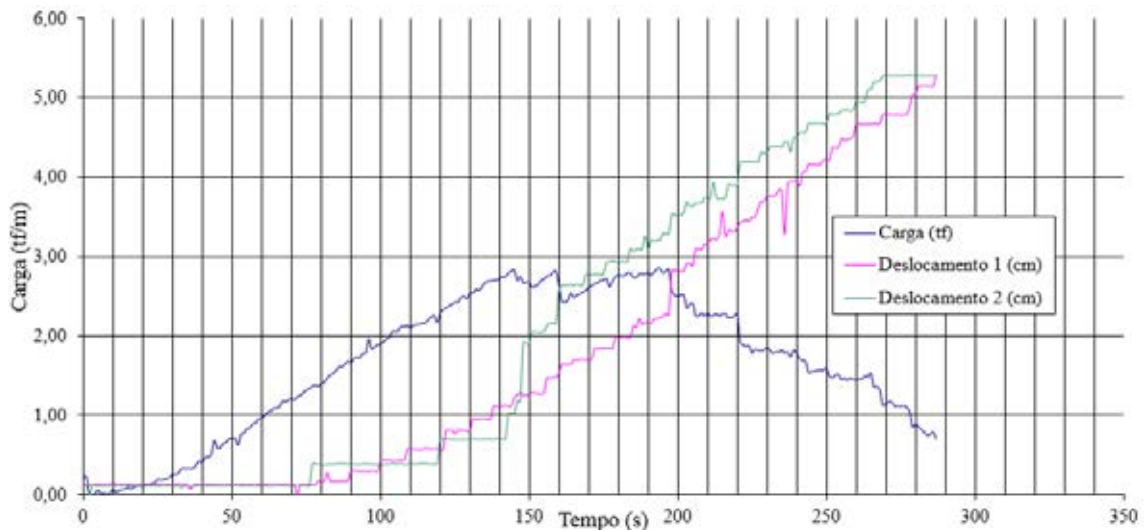
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 288 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



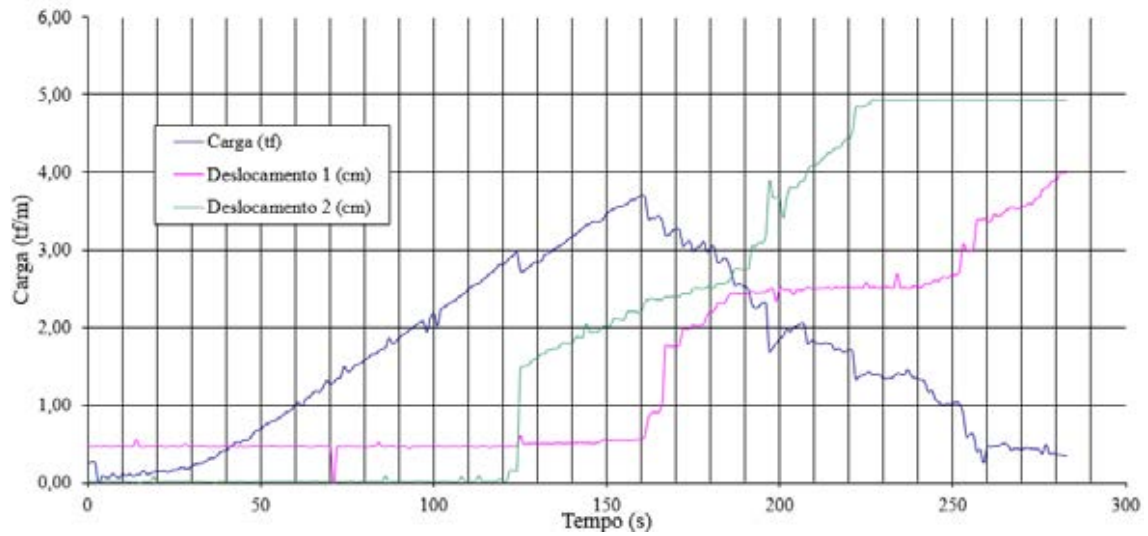
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 289 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



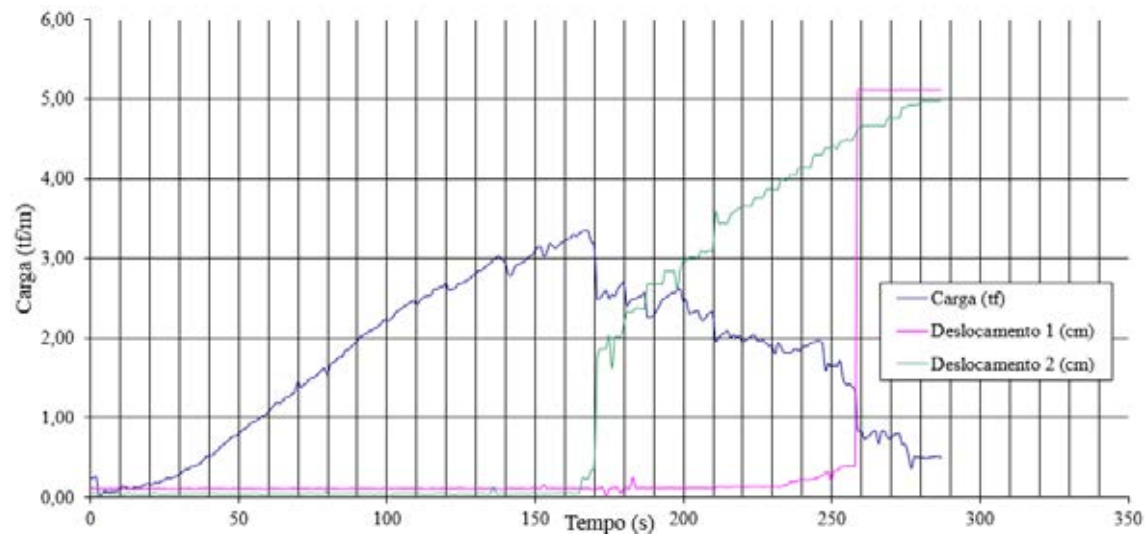
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 290 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



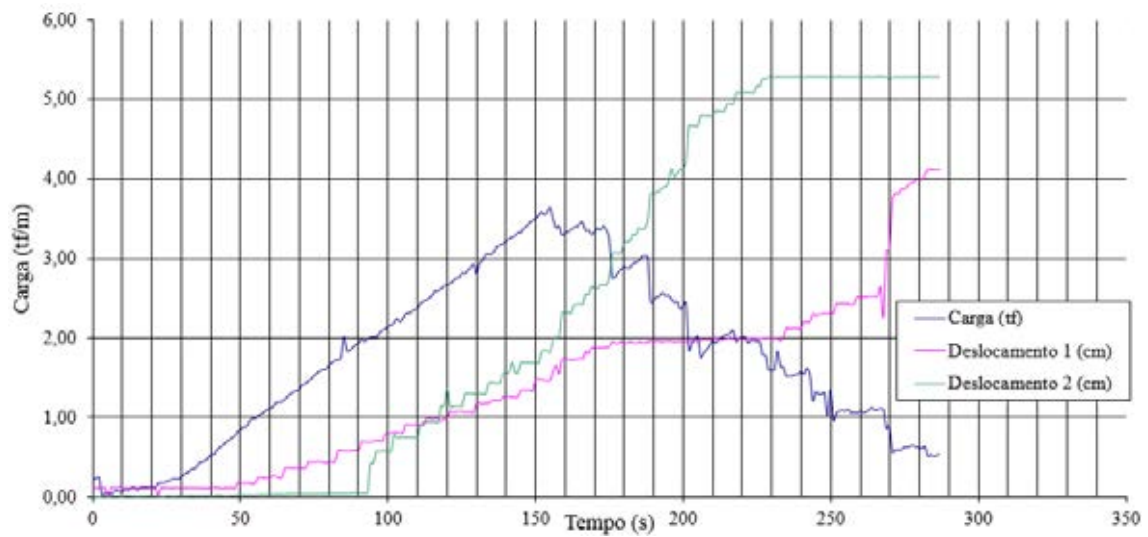
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 291 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



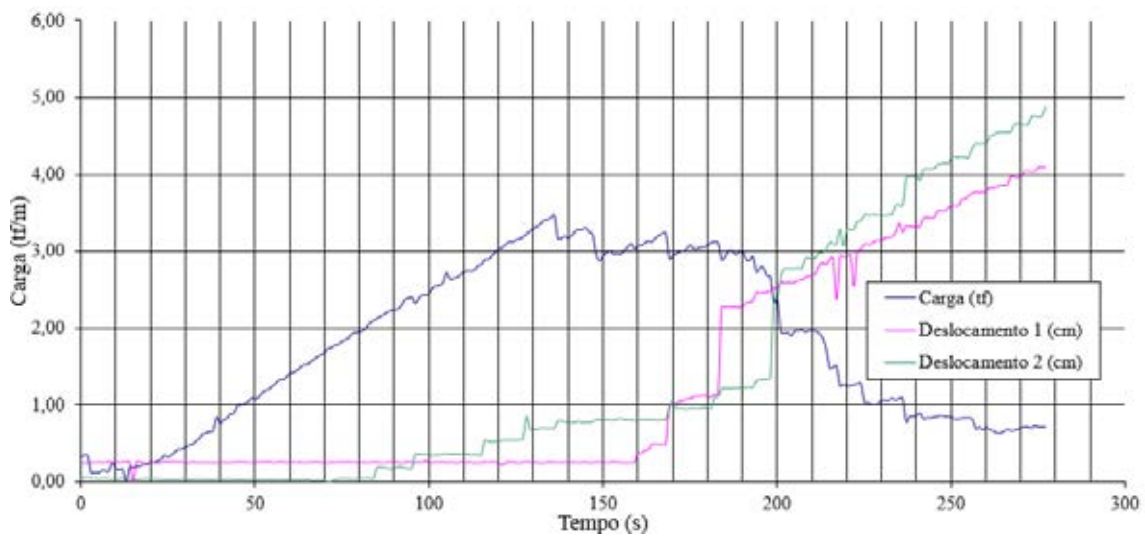
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 292 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



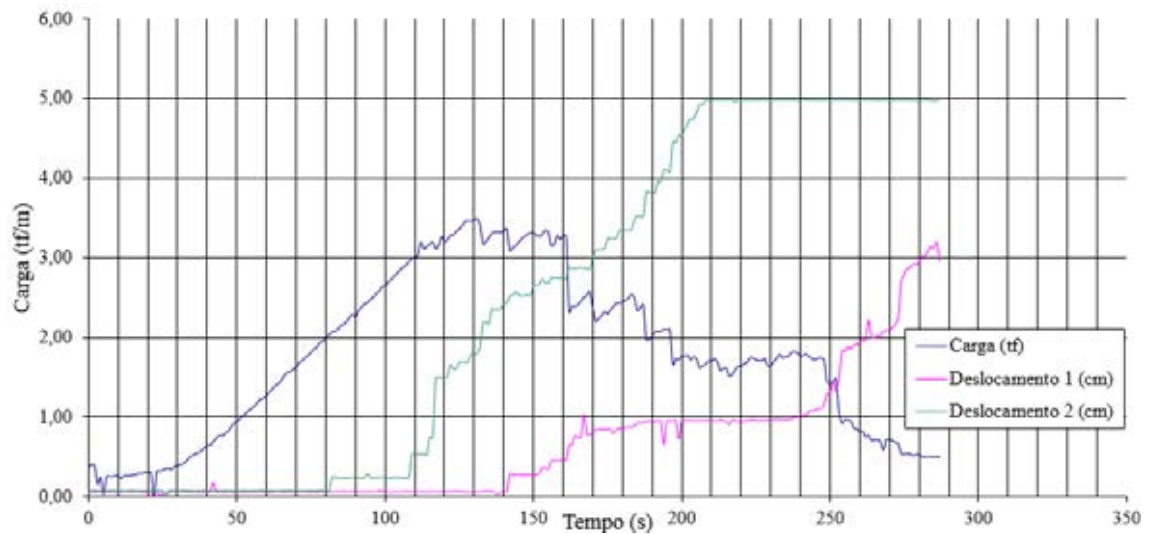
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 293 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



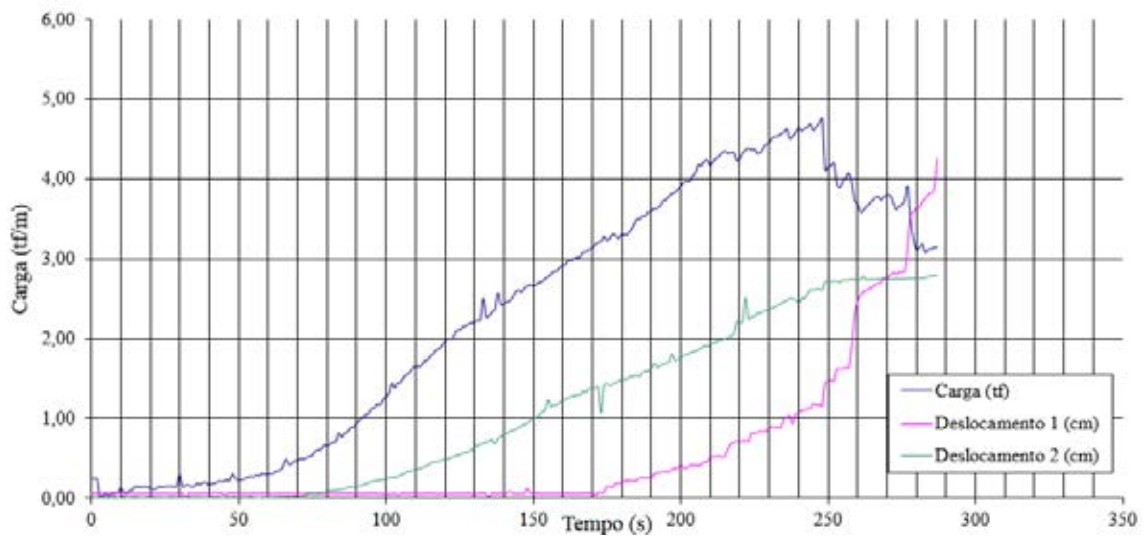
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 294 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



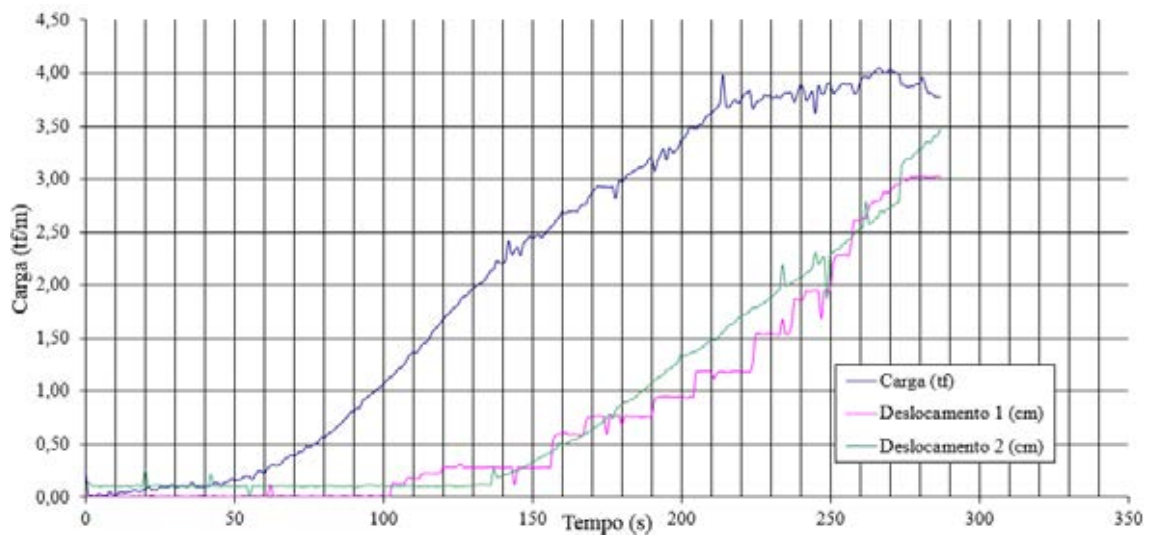
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 295 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



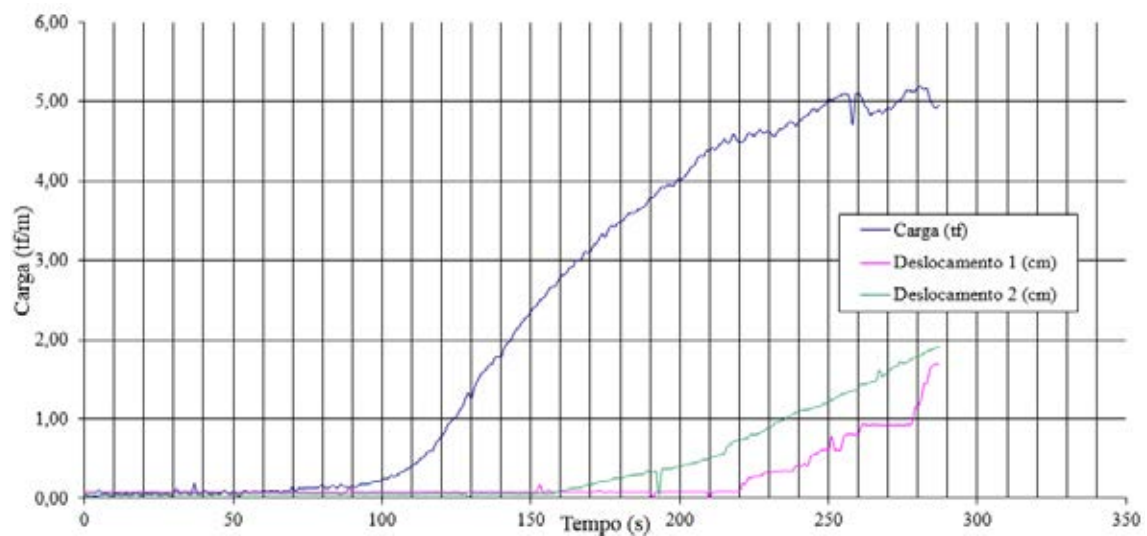
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 296 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



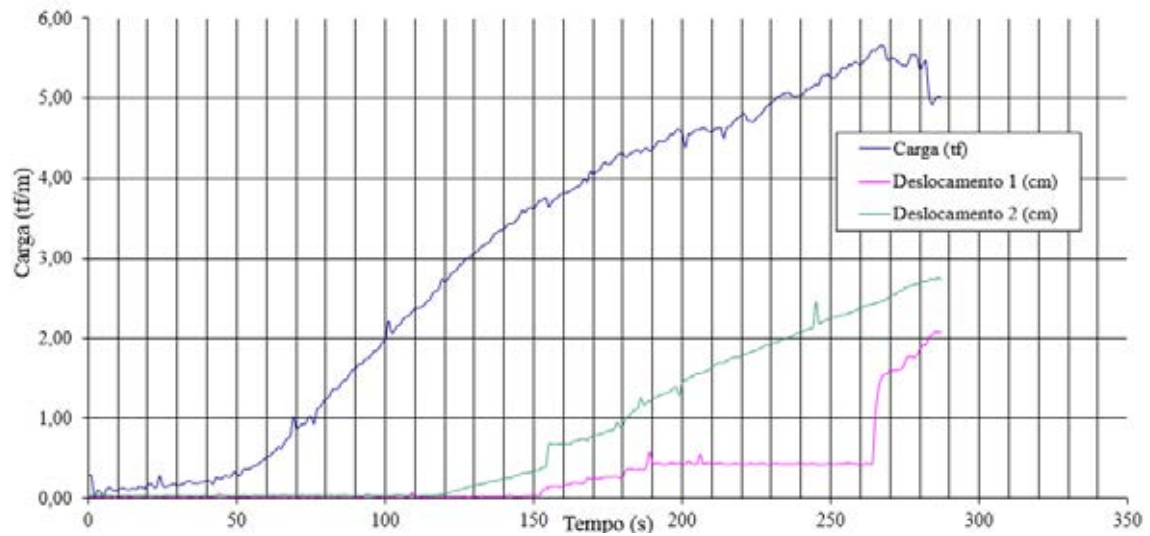
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 297 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



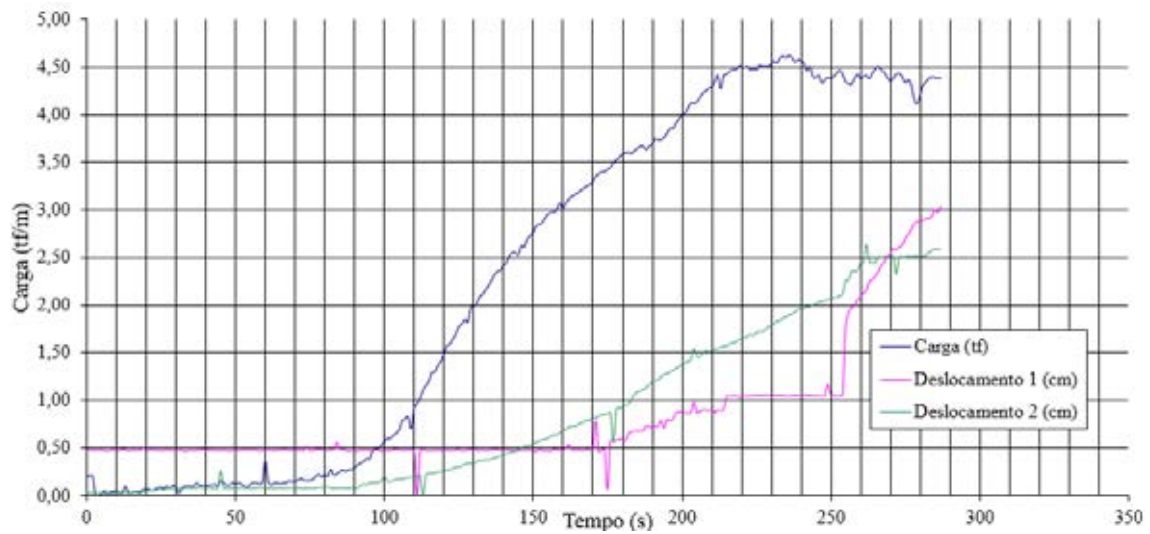
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 298 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



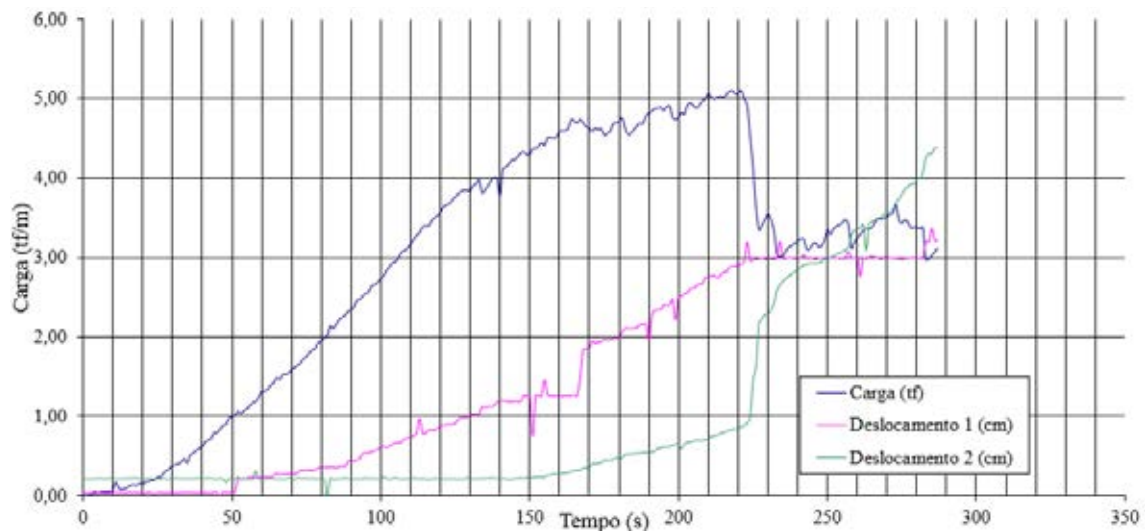
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 299 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



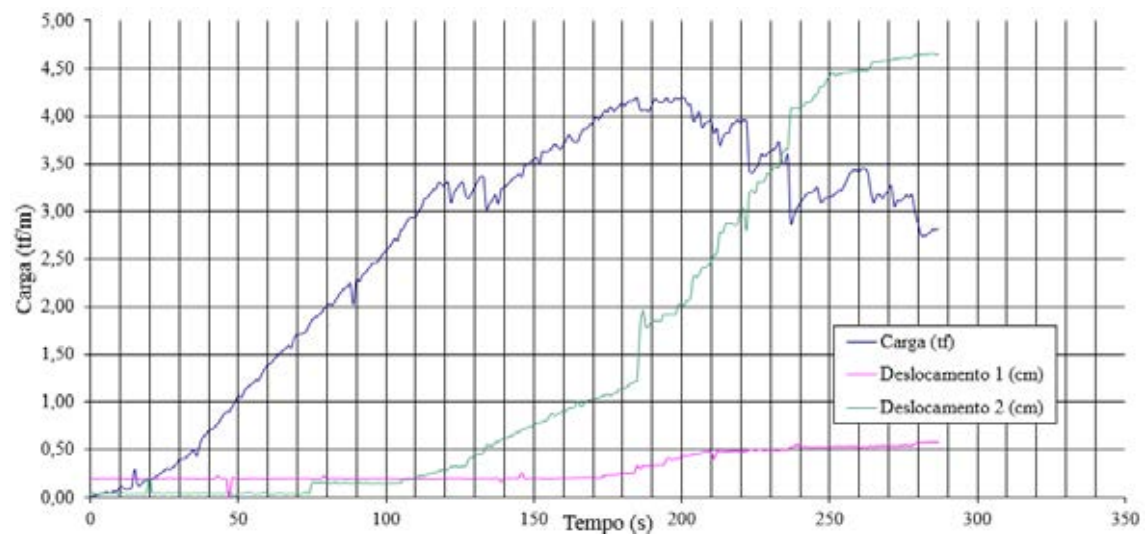
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 300 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



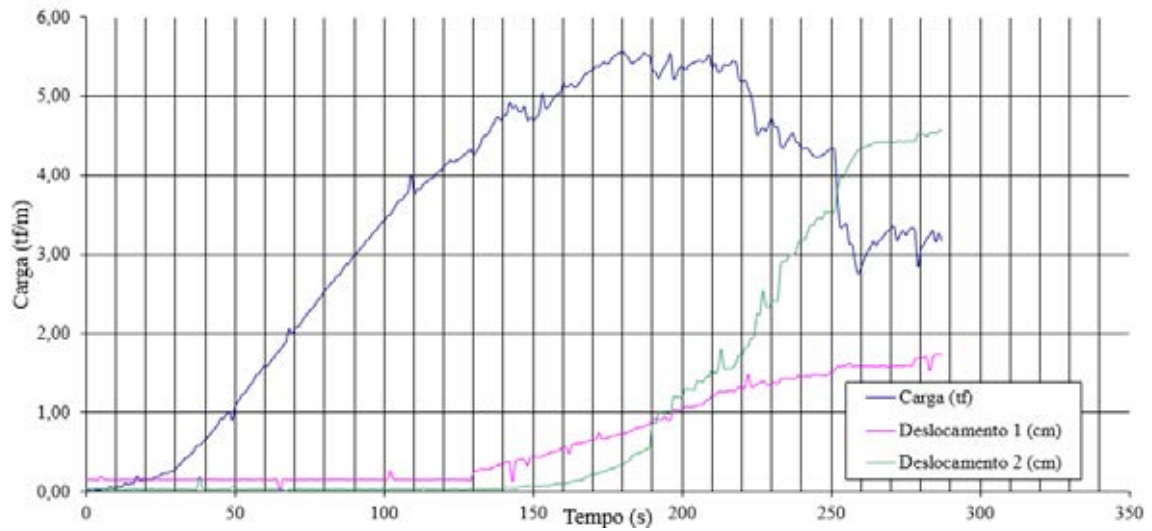
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 301 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



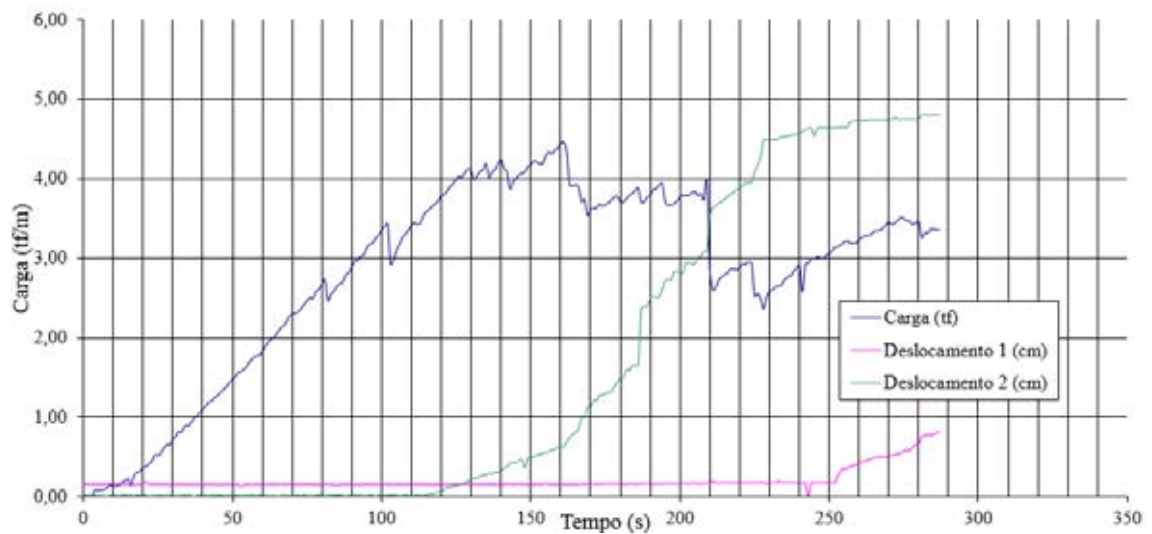
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 302 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



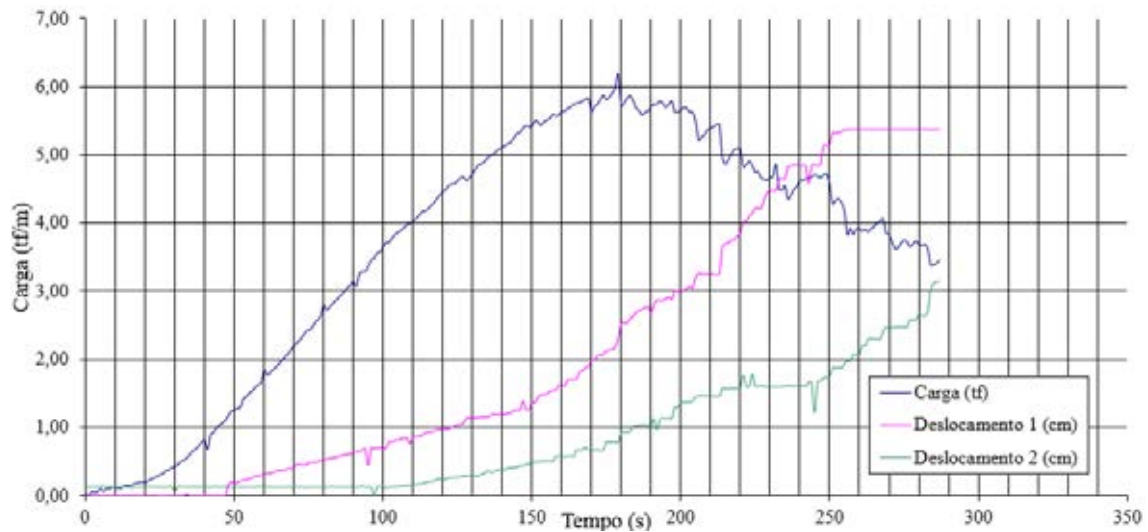
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 303 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



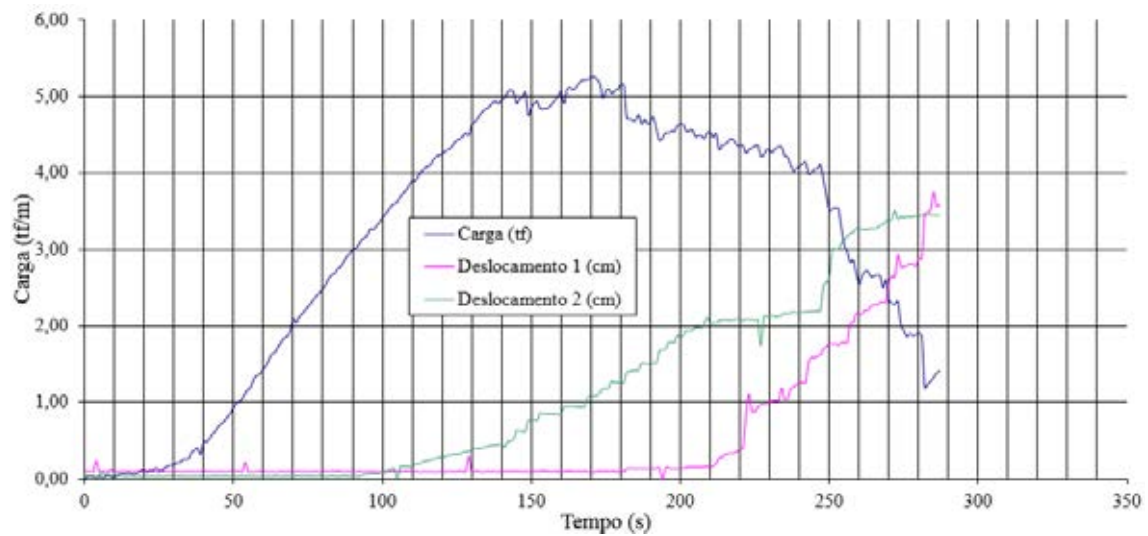
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 304 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



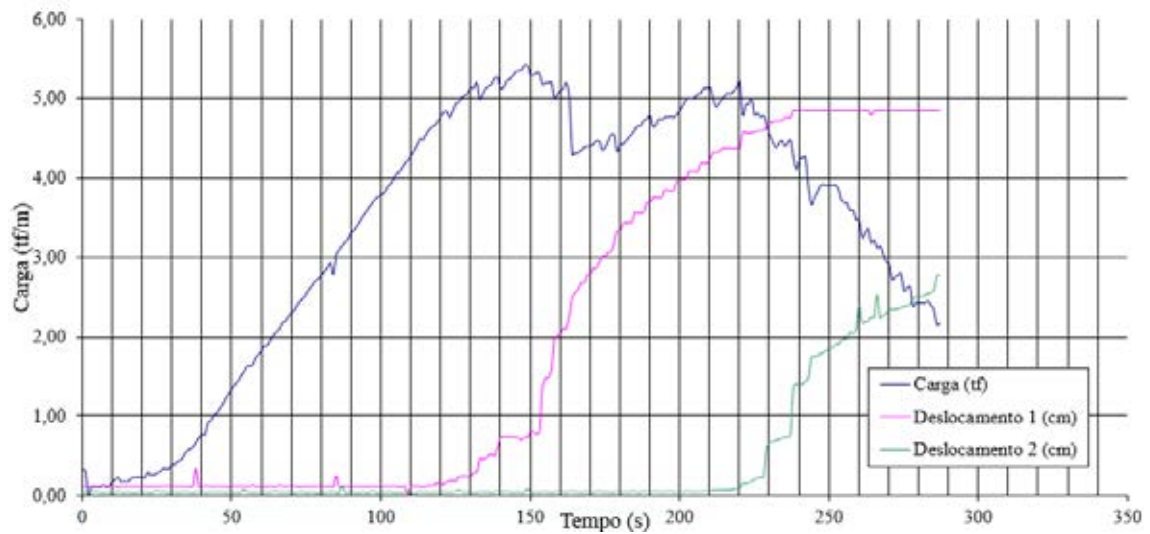
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 305 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



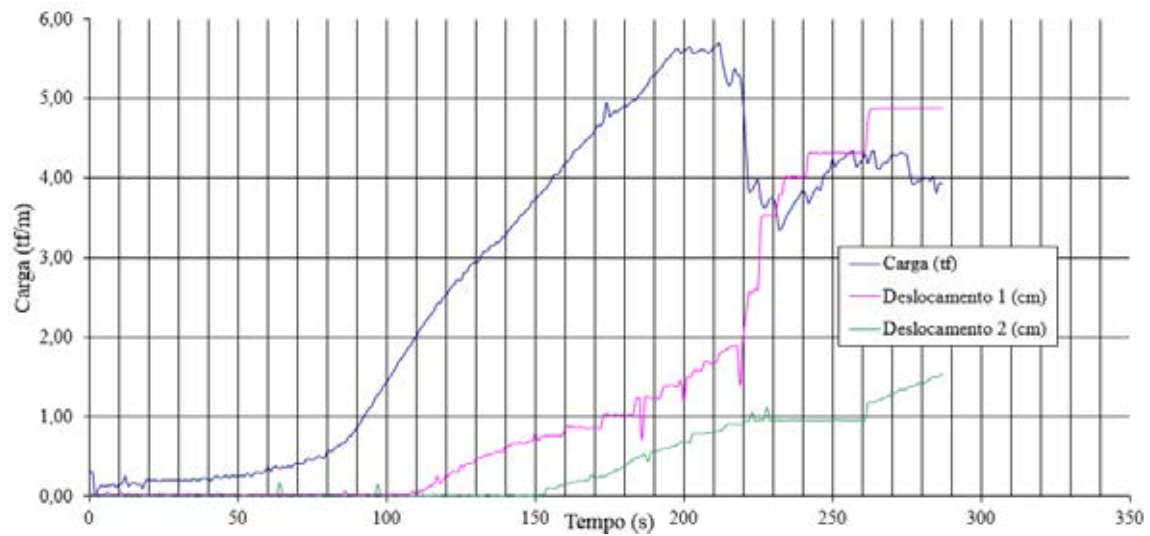
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 306 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



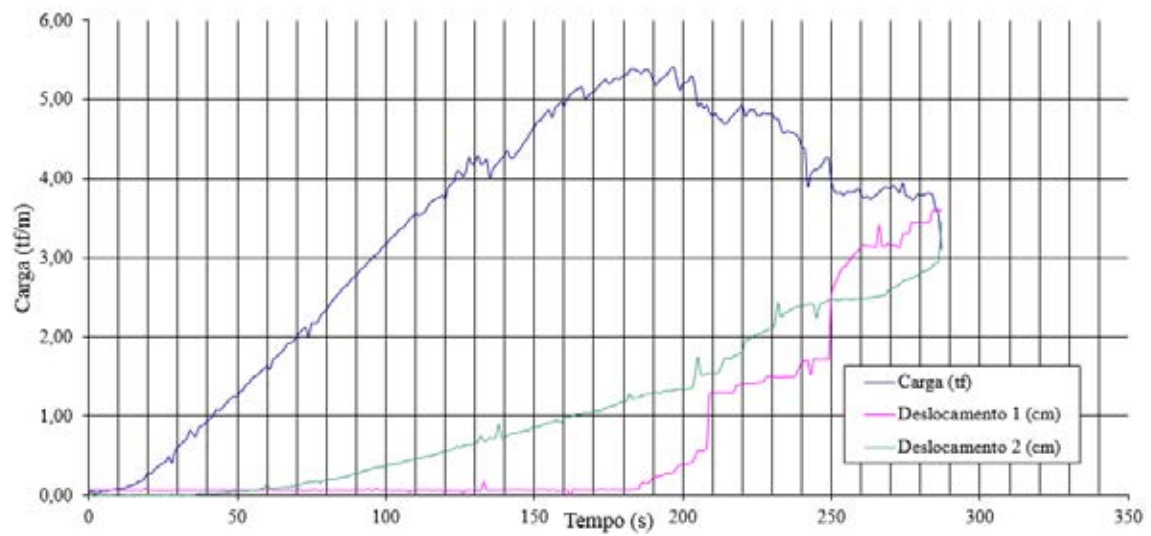
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 307 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

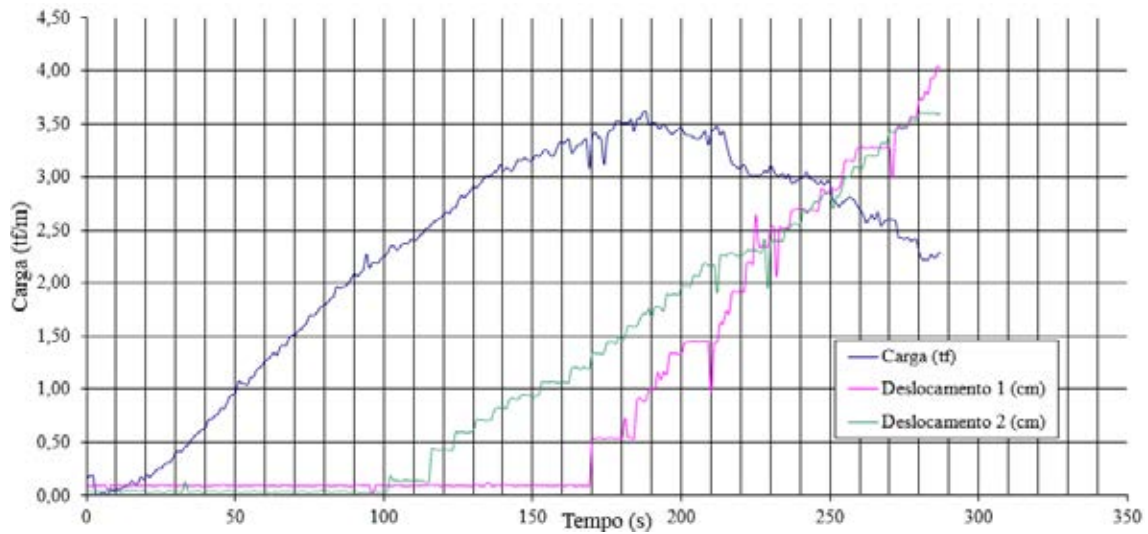
Figura 308 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

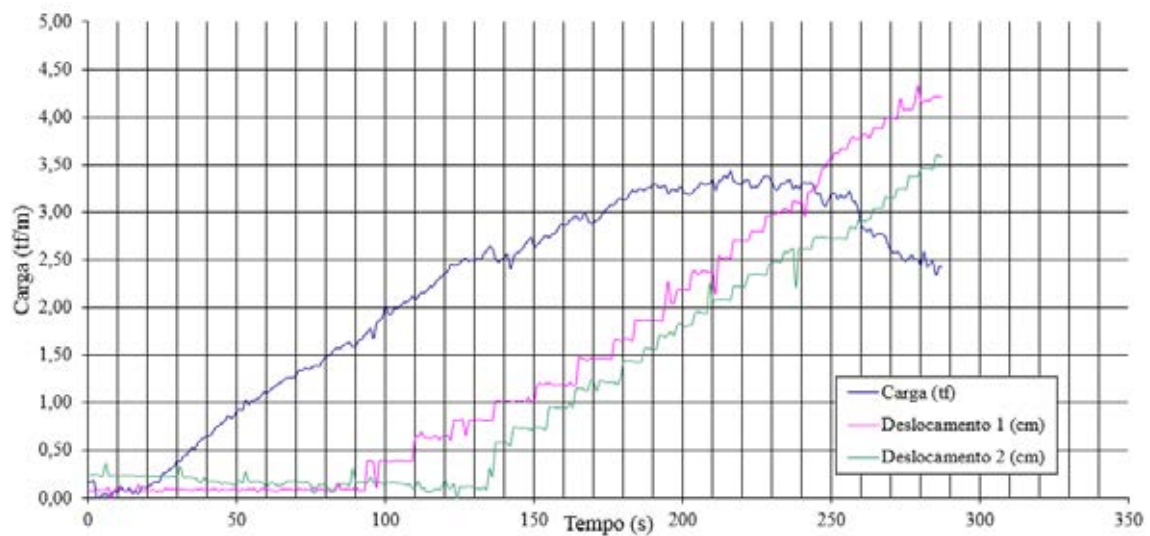
ANEXO H - Resultados gráficos de carga por deslocamento para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 110/30-20 com camada simples e dupla

Figura 309 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



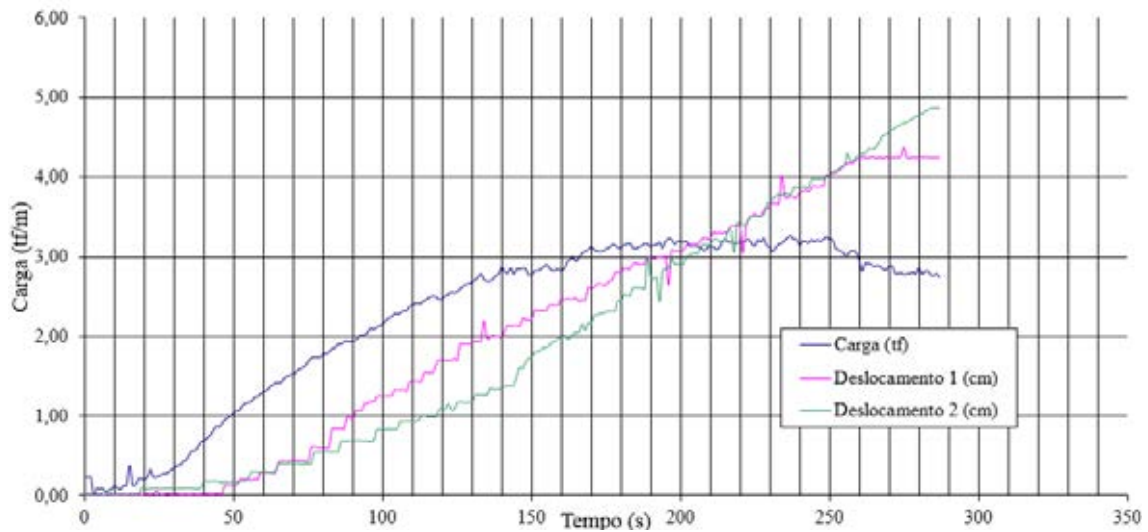
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 310 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



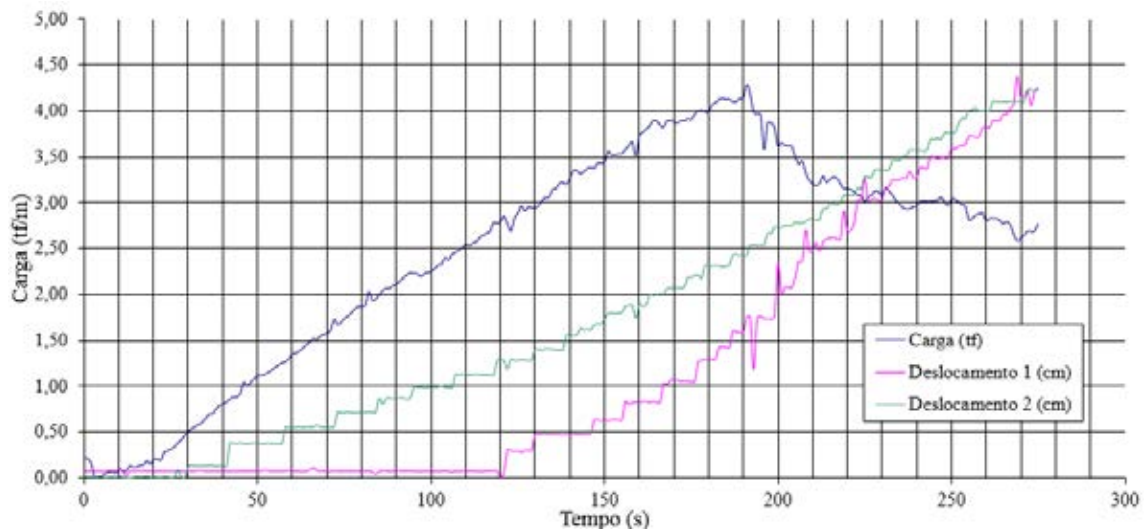
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 311 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



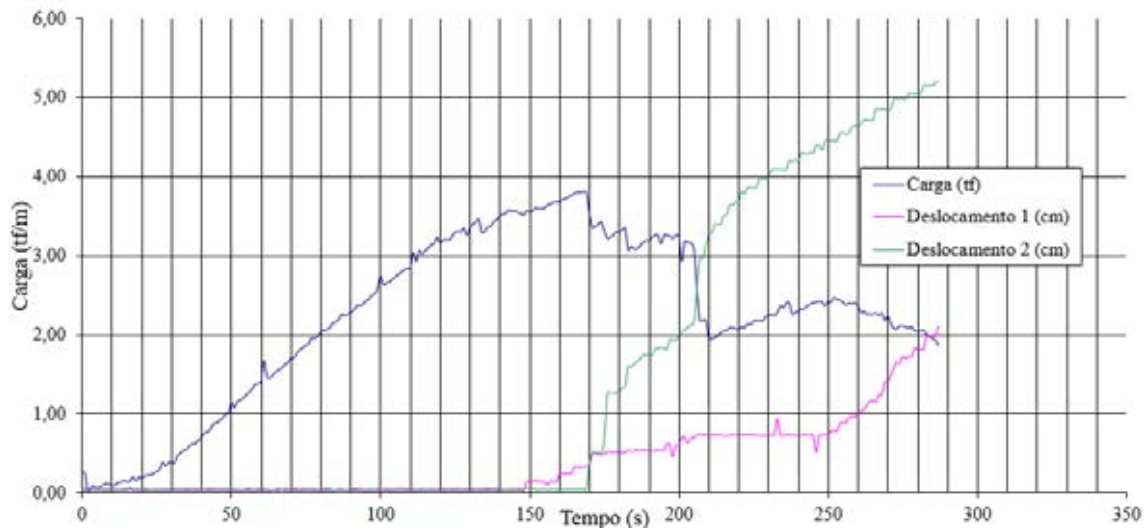
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 312 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



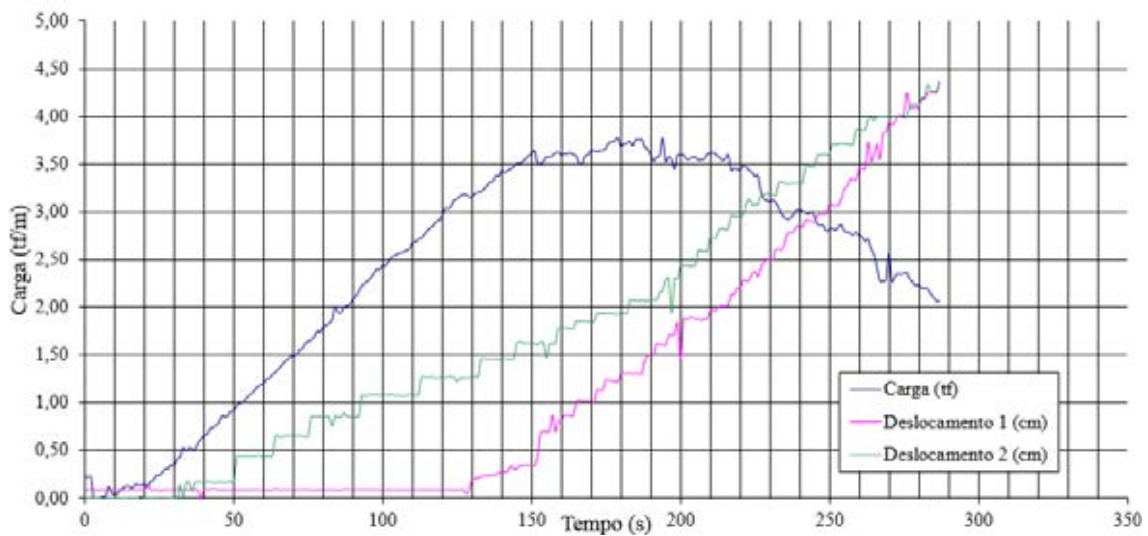
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 313 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



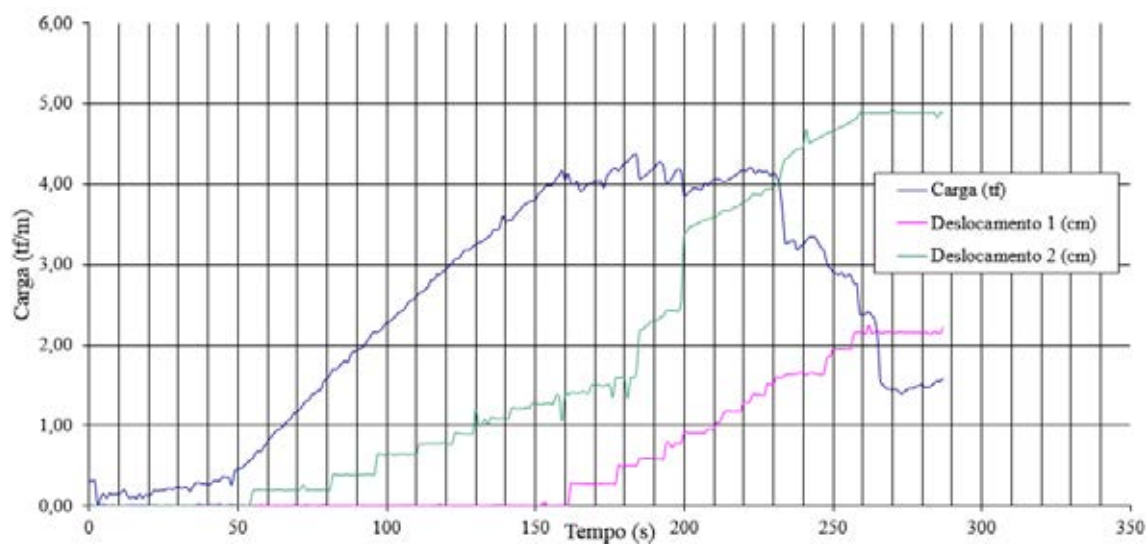
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 314 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



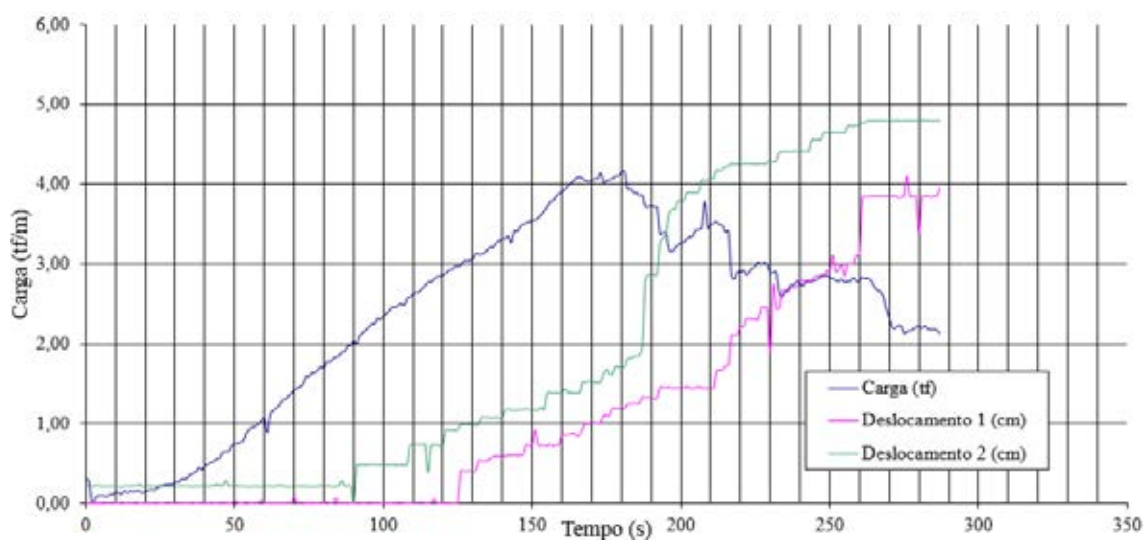
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 315 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



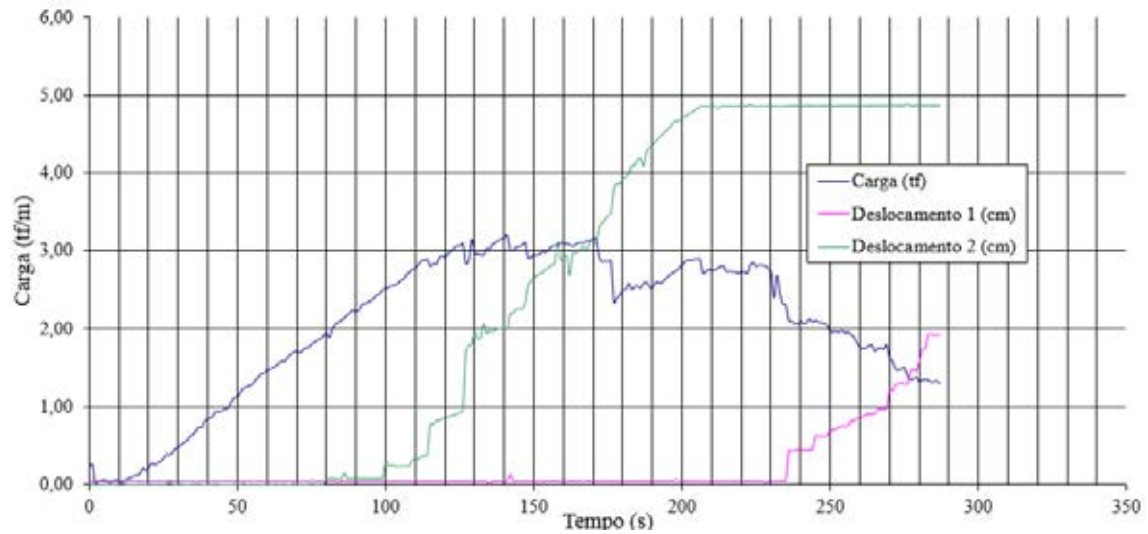
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 316 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



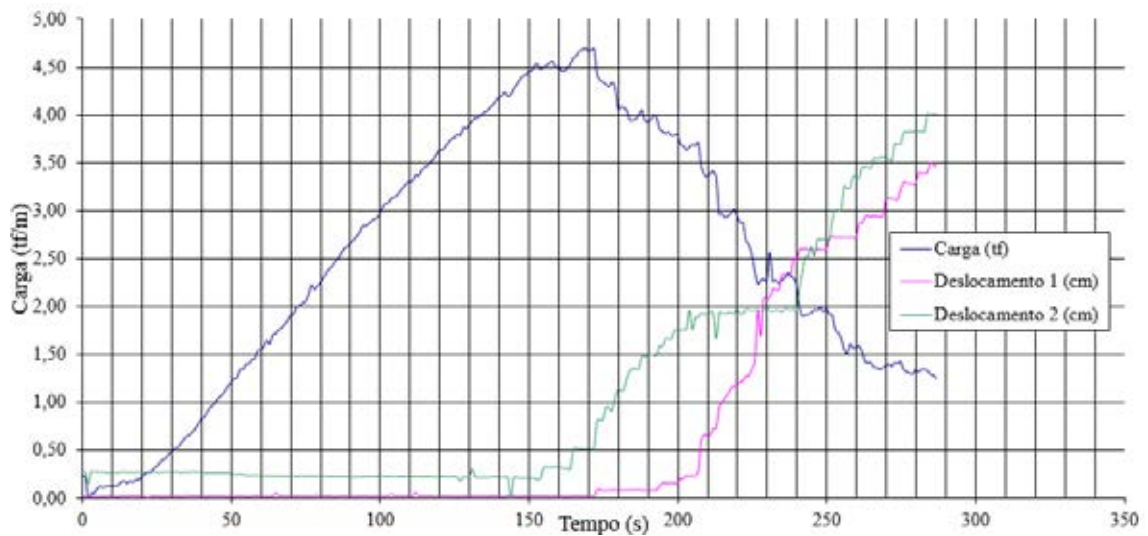
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 317 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



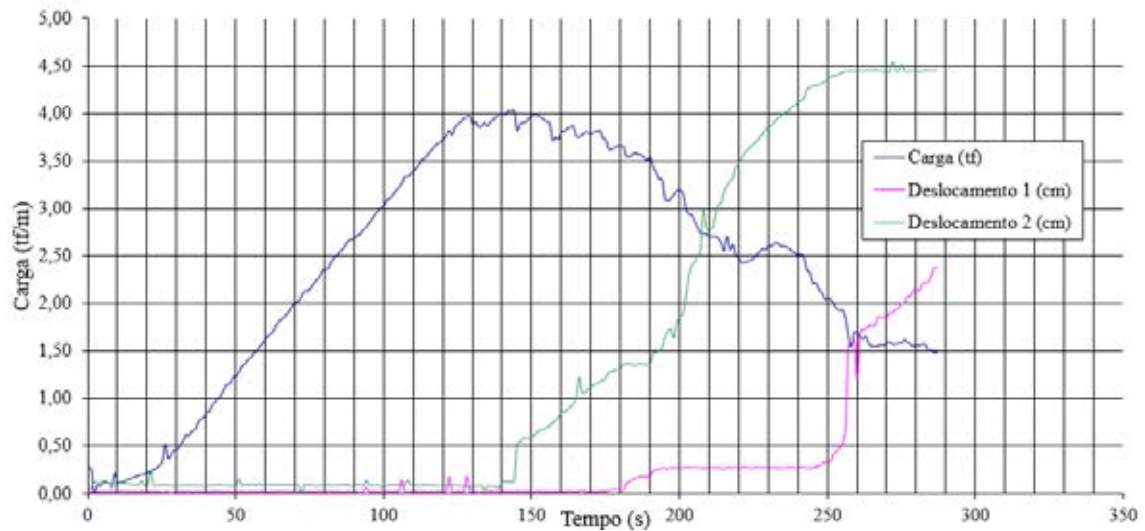
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 318 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



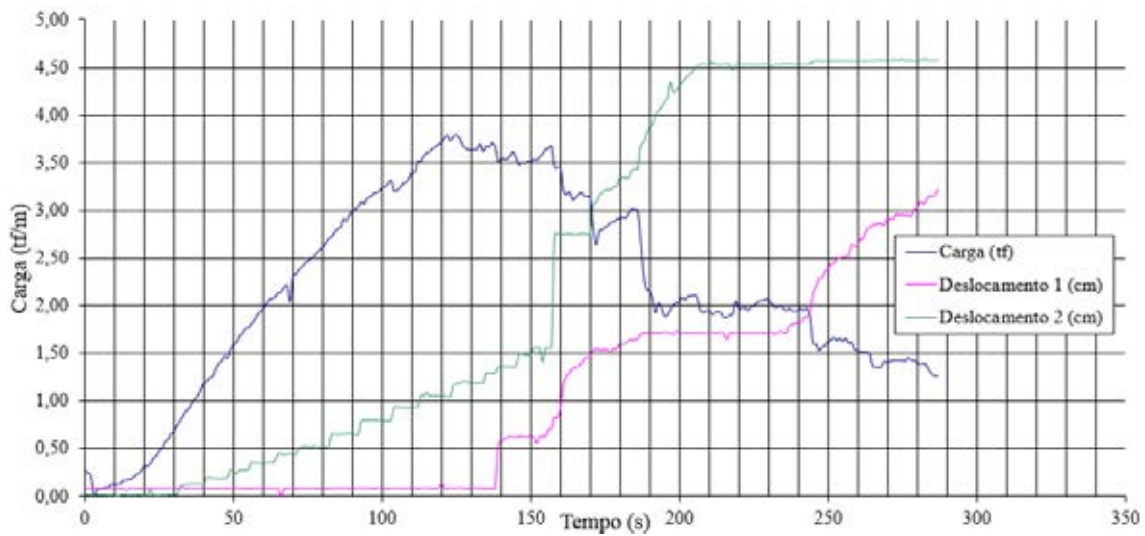
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 319 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



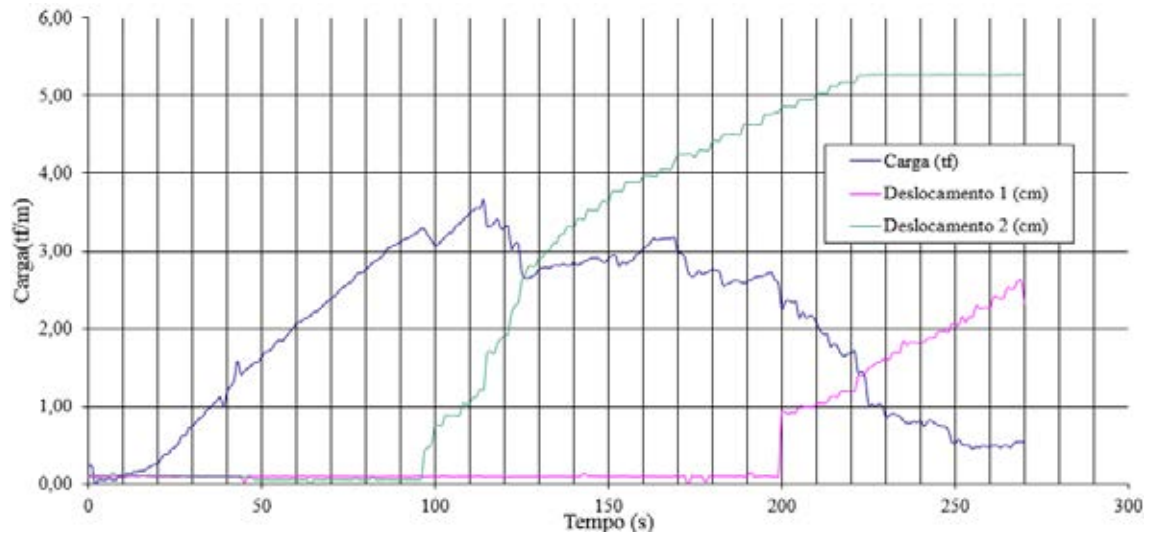
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 320 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



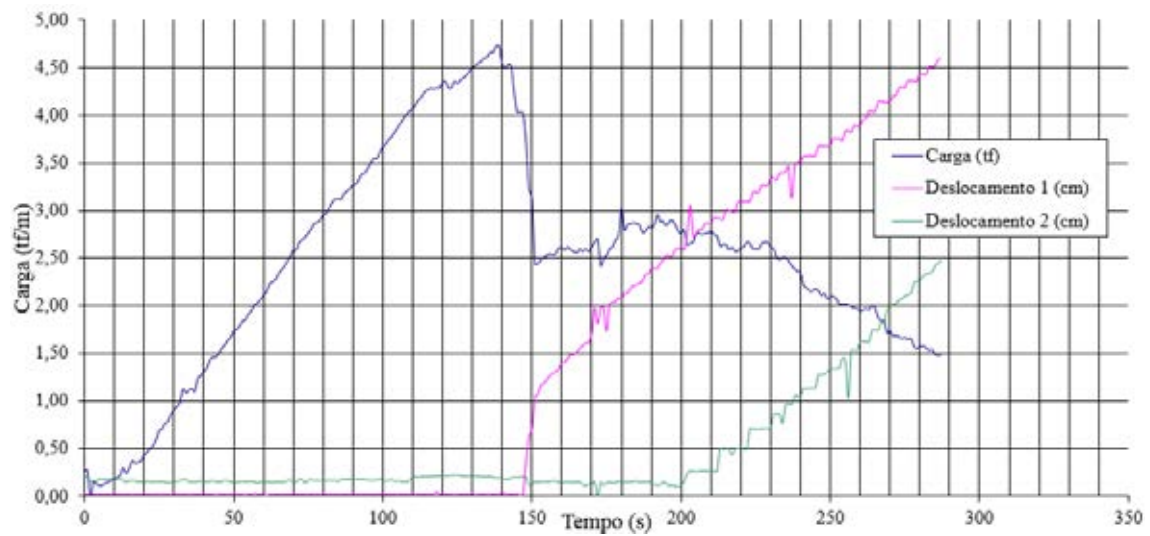
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 321 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



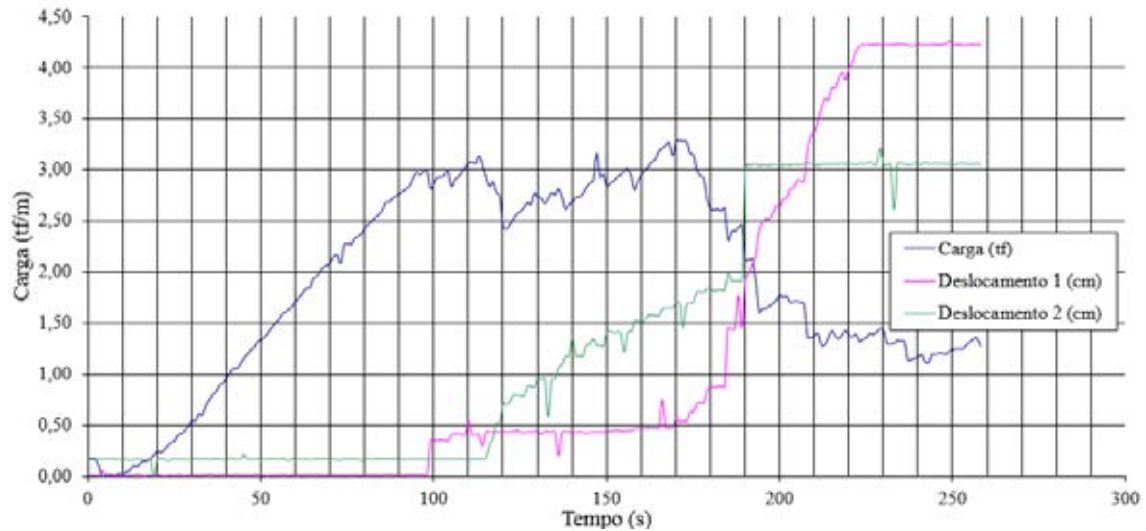
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 322 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



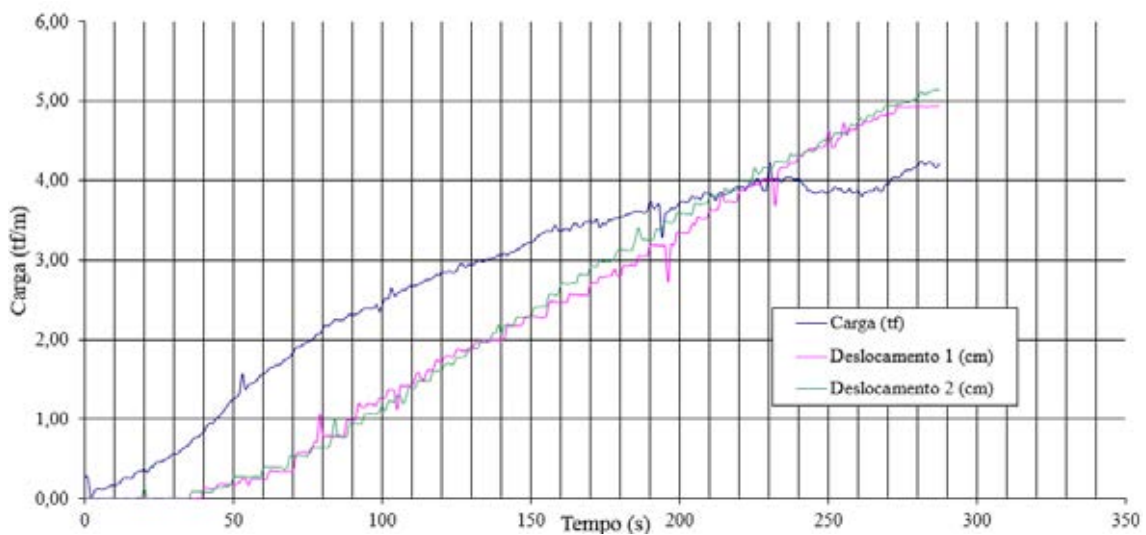
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 323 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20
Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



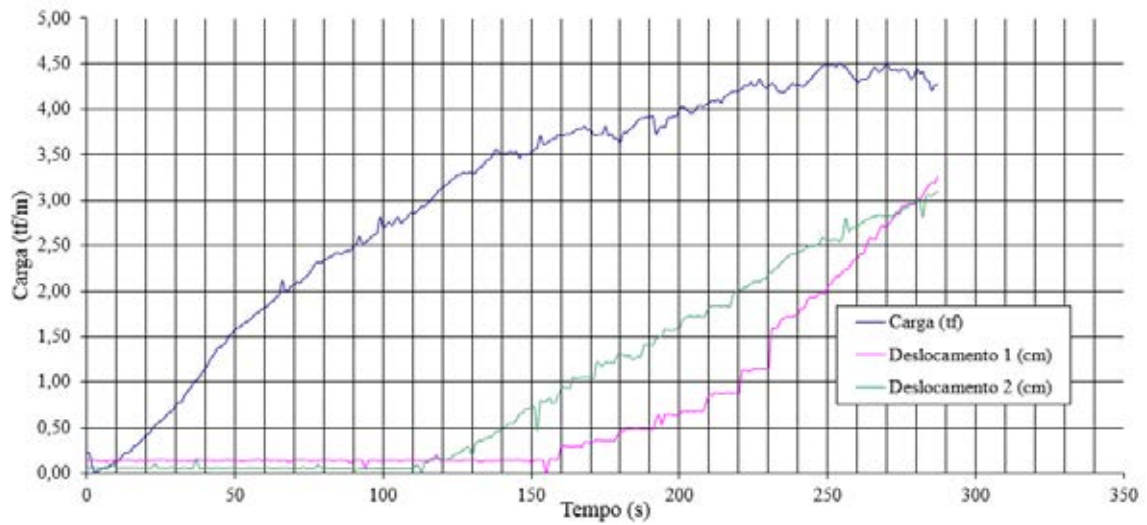
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 324 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20
Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



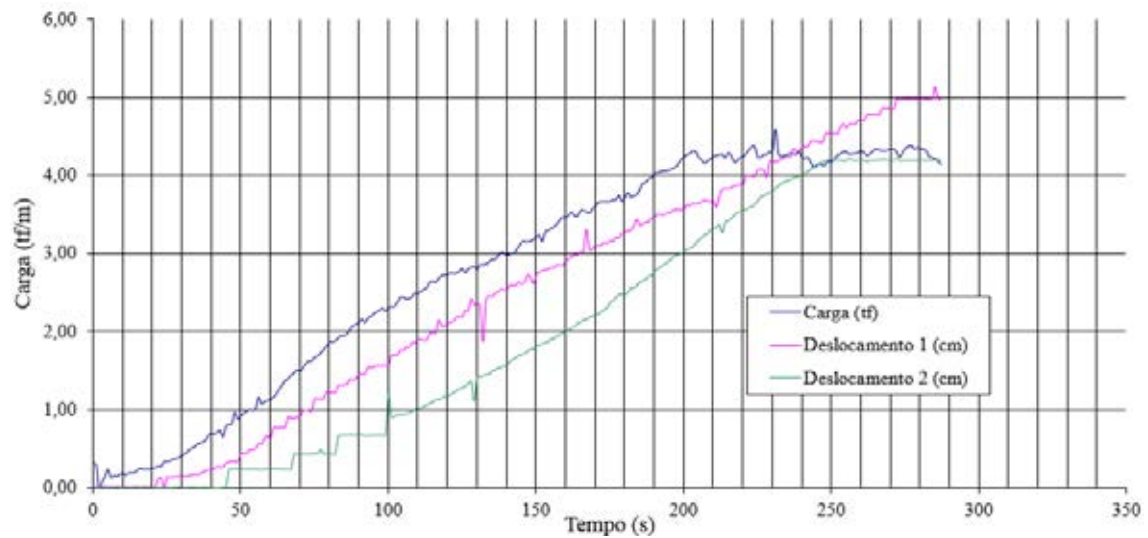
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 325 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



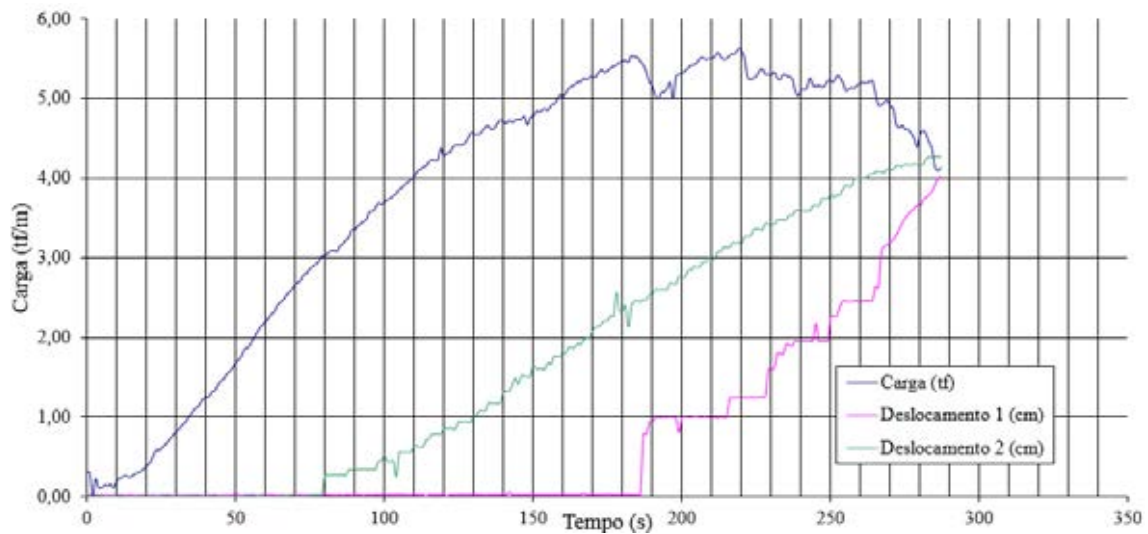
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 326 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



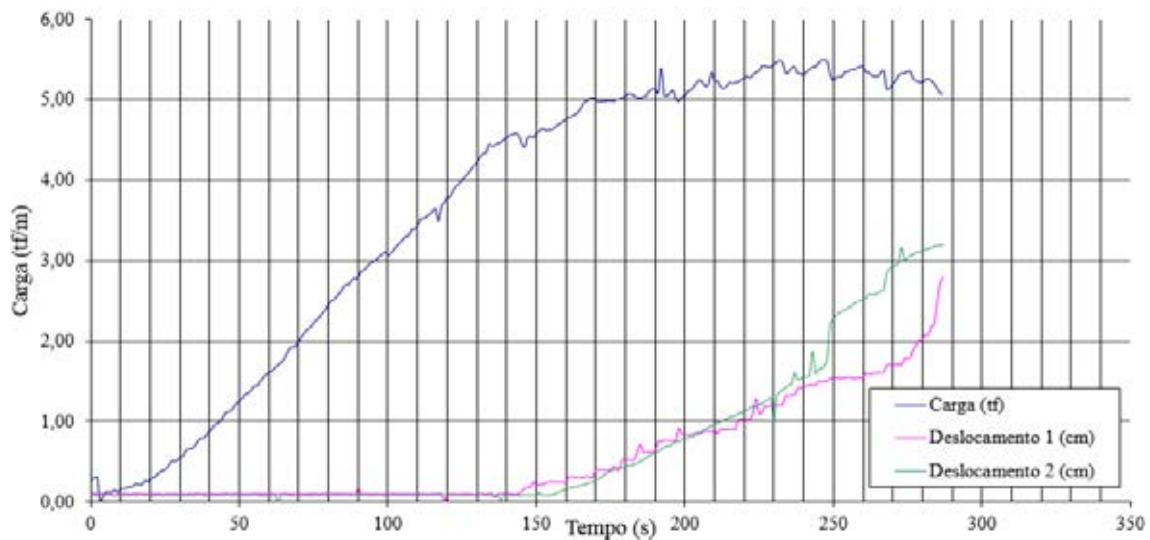
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 327 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



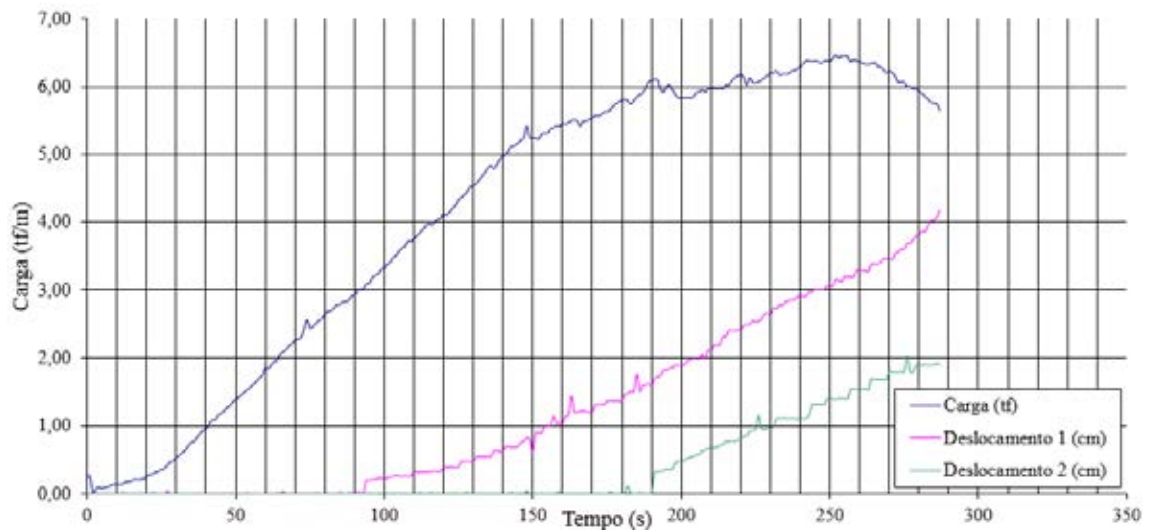
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 328 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



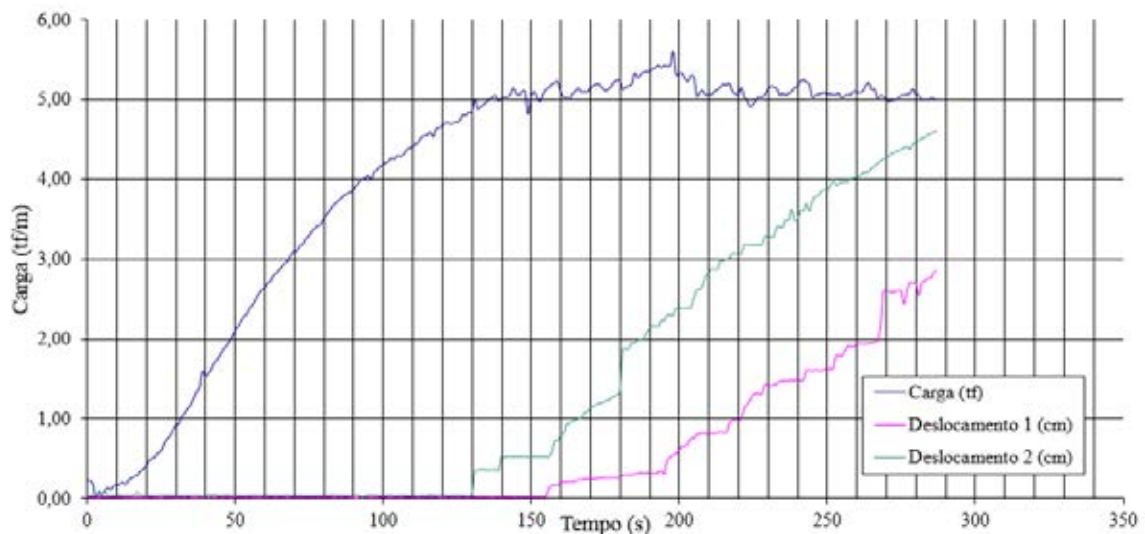
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 329 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



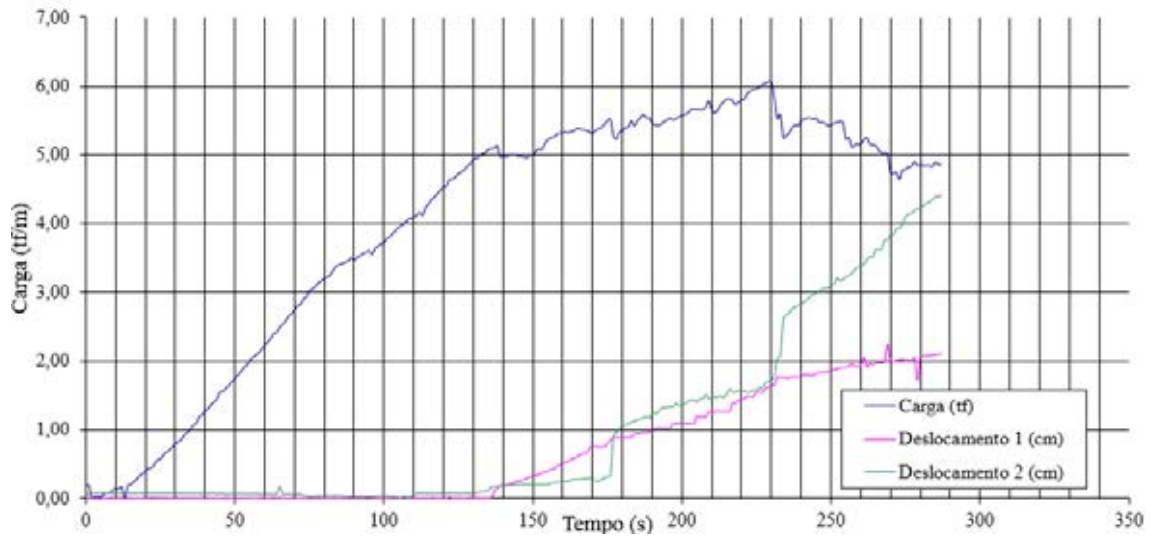
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 330 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



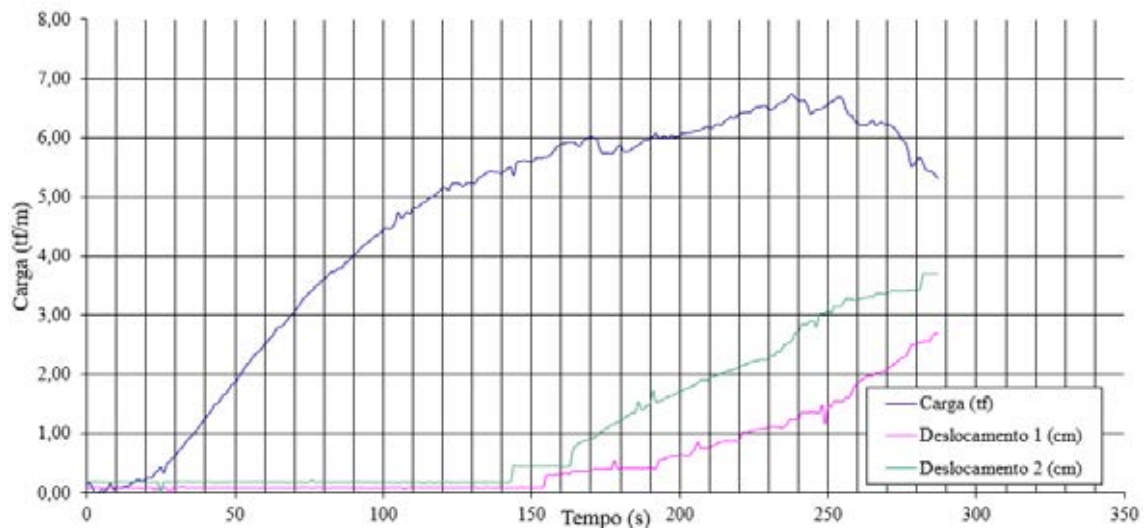
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 331 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



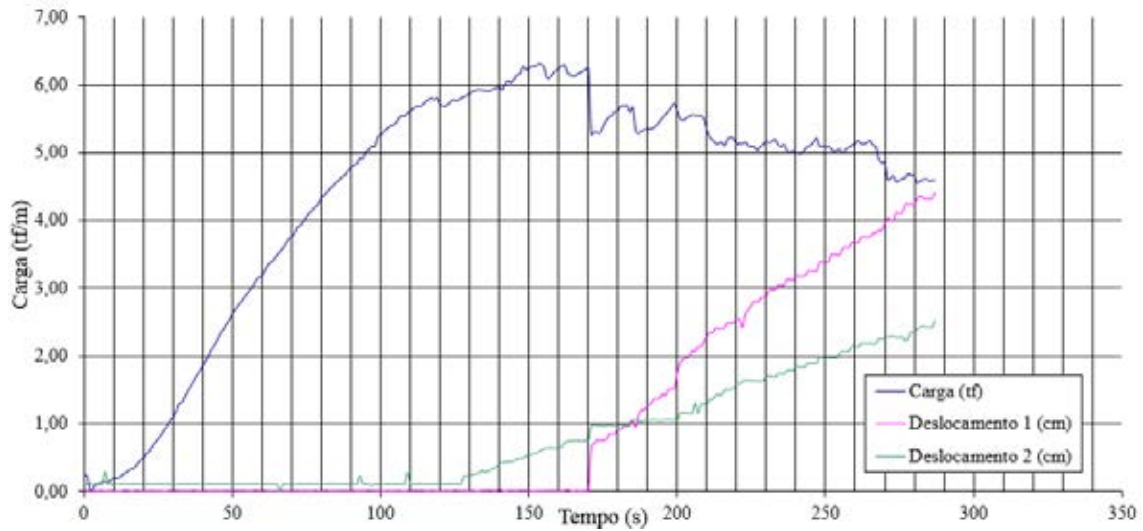
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 332 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



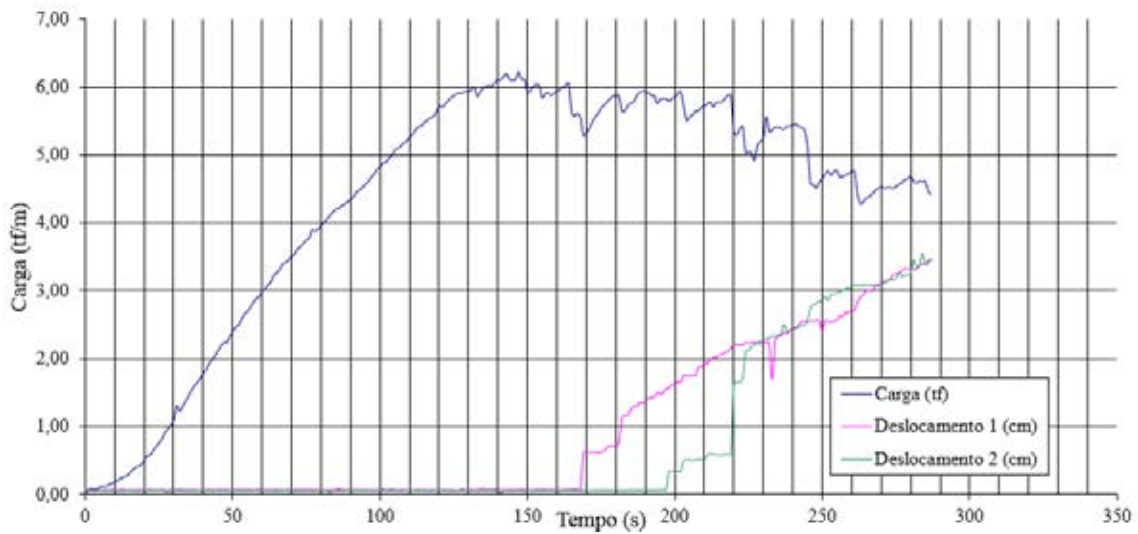
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 333 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



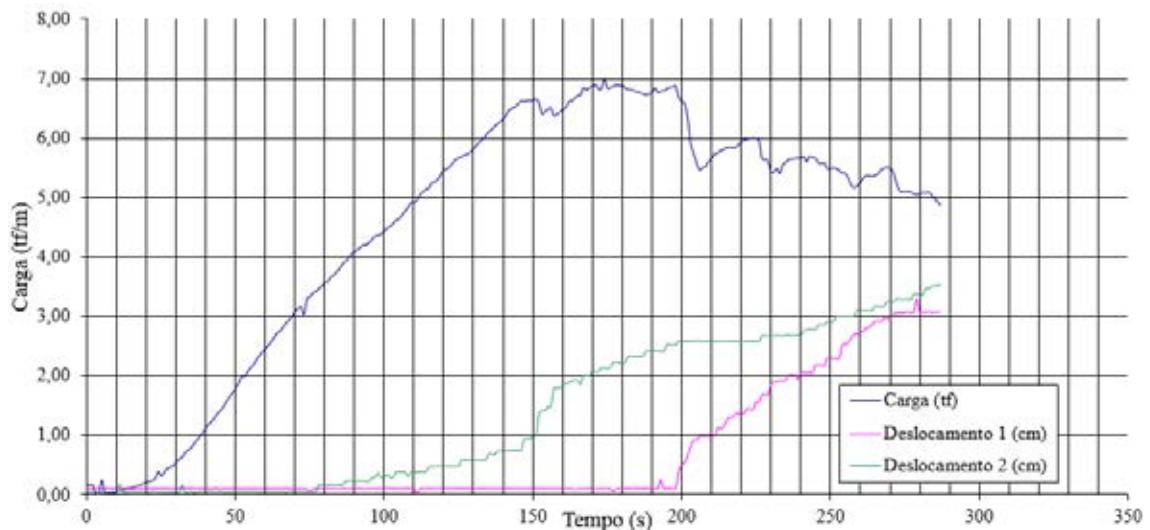
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 334 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



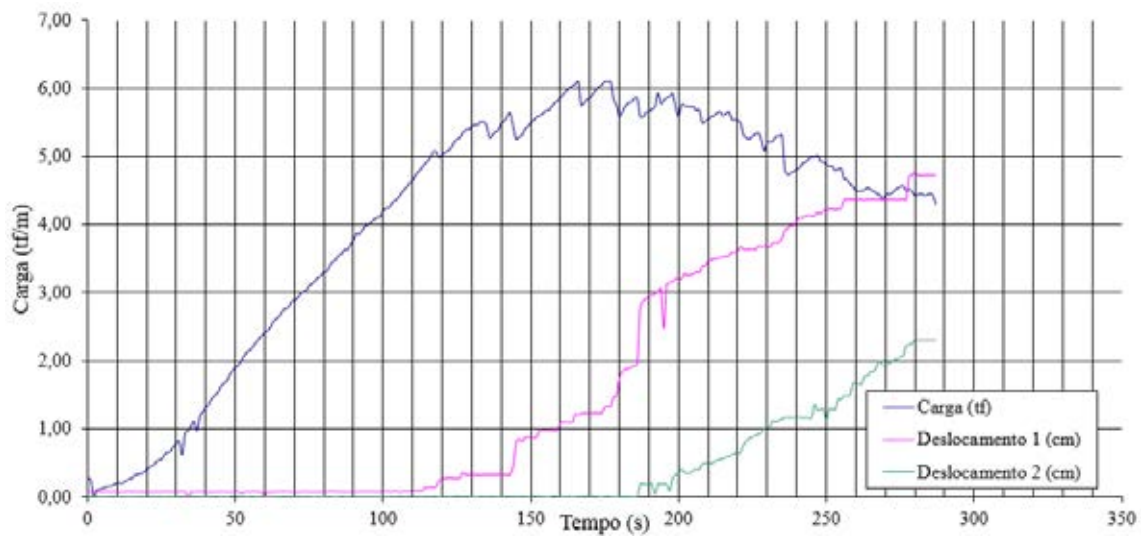
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 335 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



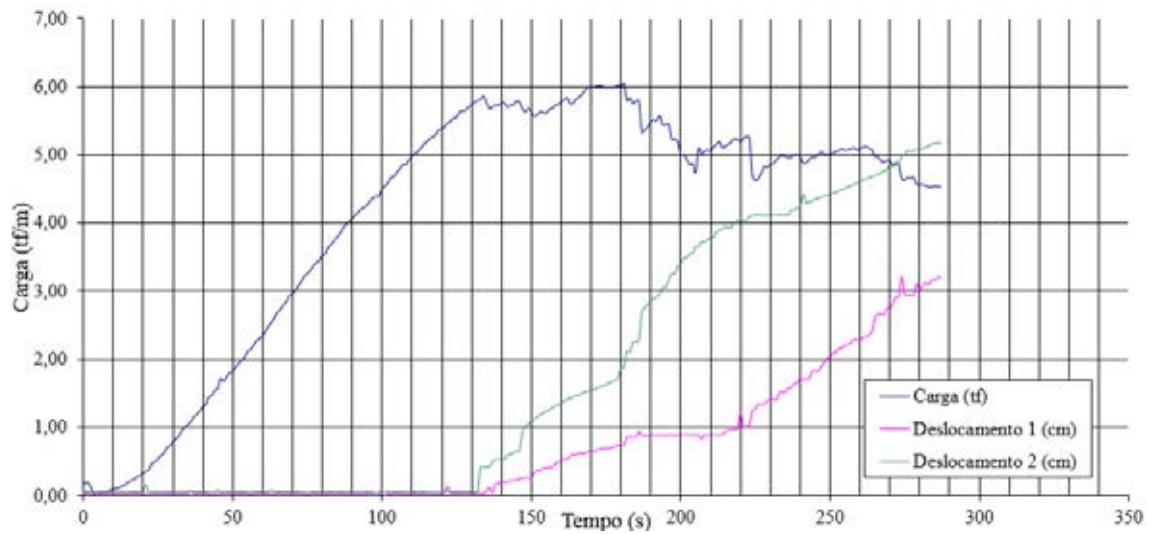
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 336 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



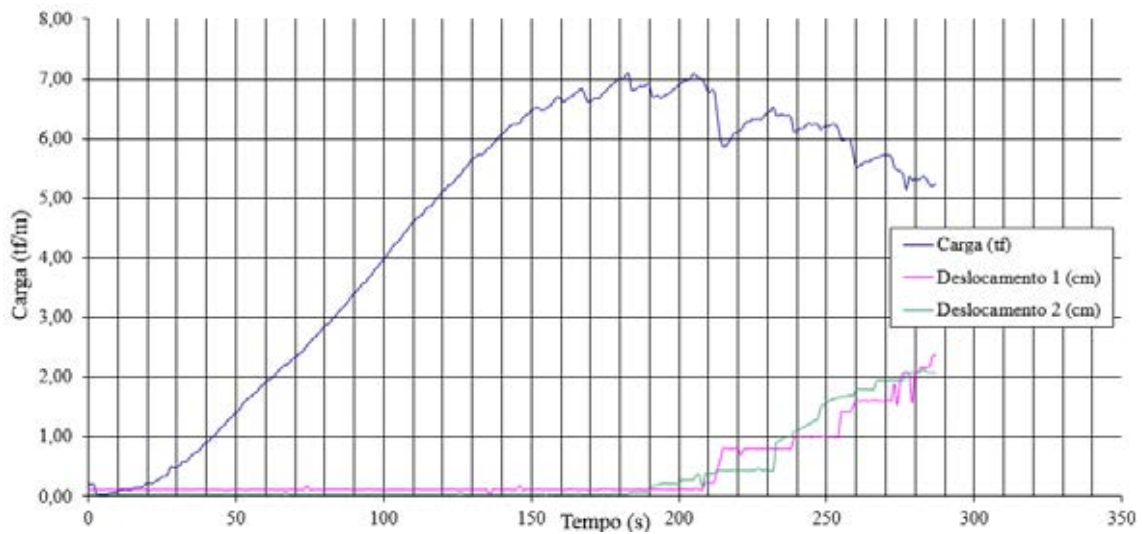
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 337 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 338 - Carga por Tempo para a Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

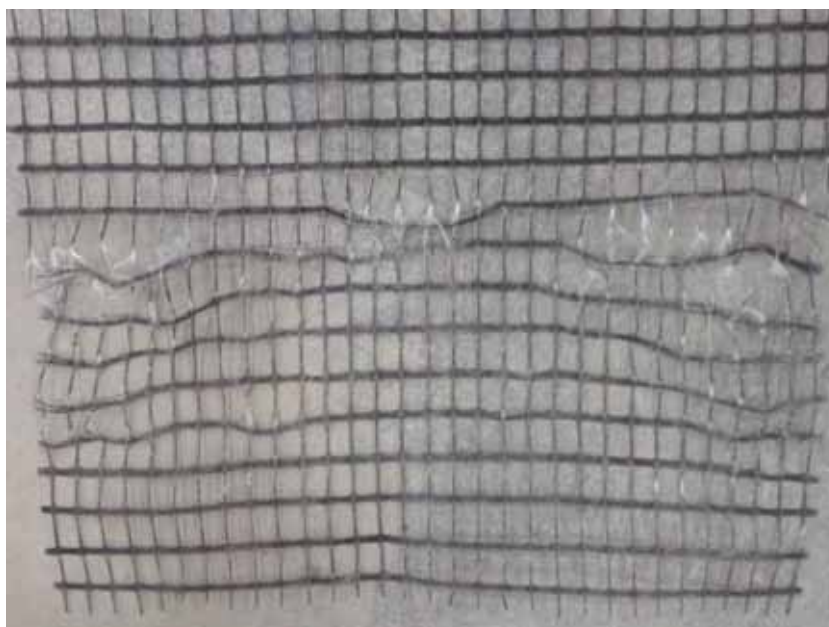
ANEXO I - Resultado fotográficos para a geogrelha modelo FORTRAC  M 35/20-20 com camada simples e dupla

Figura 339 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 340 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



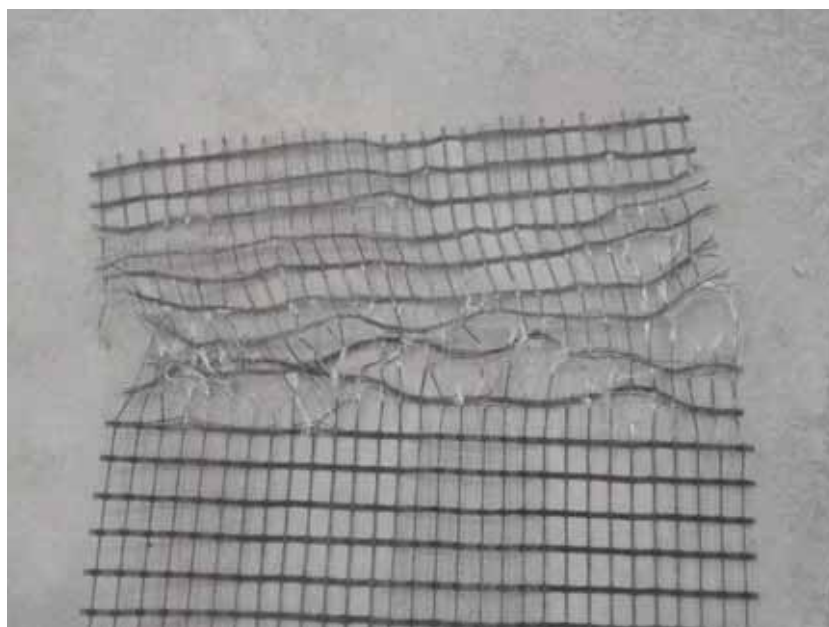
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 341 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



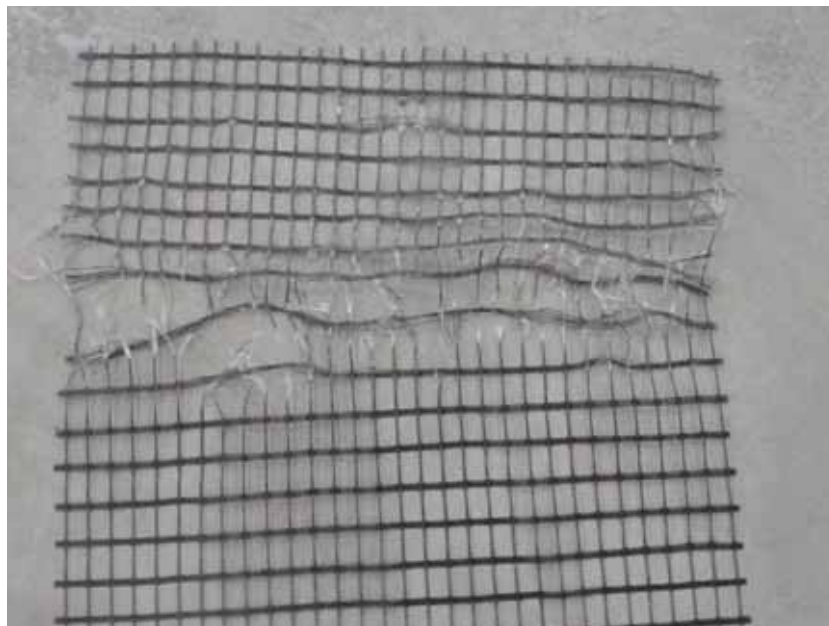
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 342 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



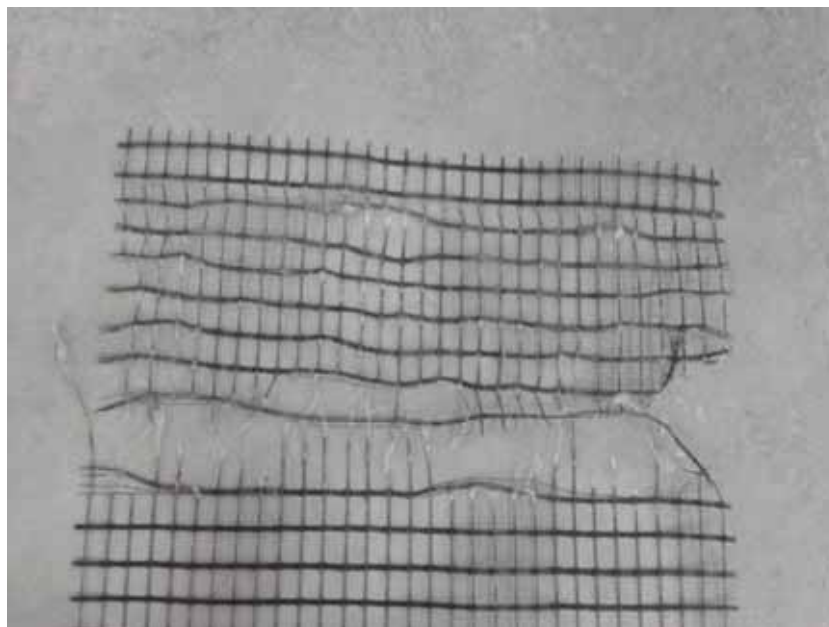
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 343 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 344 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 345 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



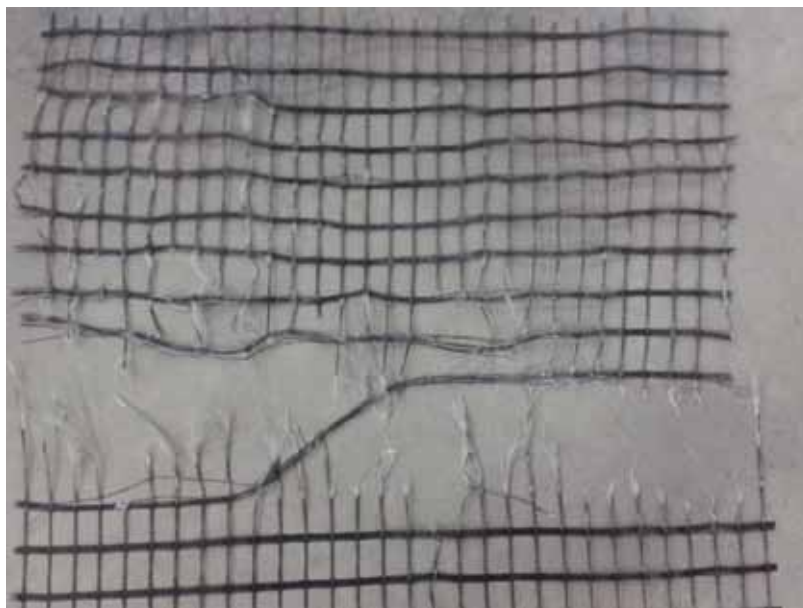
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 346 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 347 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



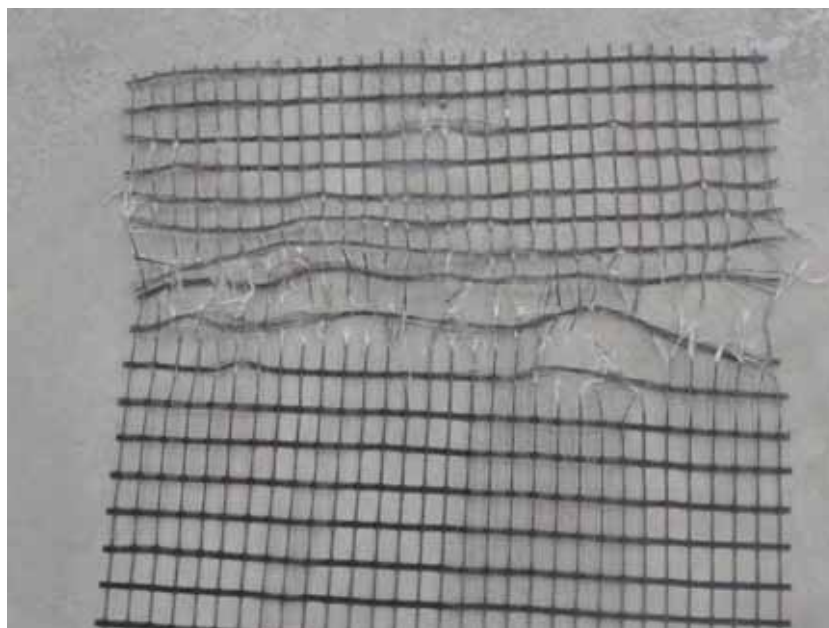
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 348 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



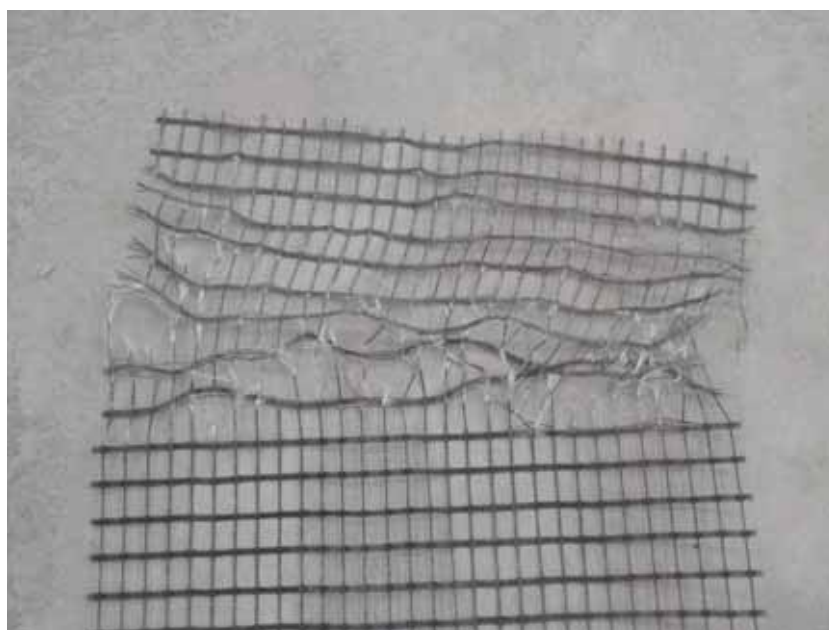
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 349 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 350 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 351 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



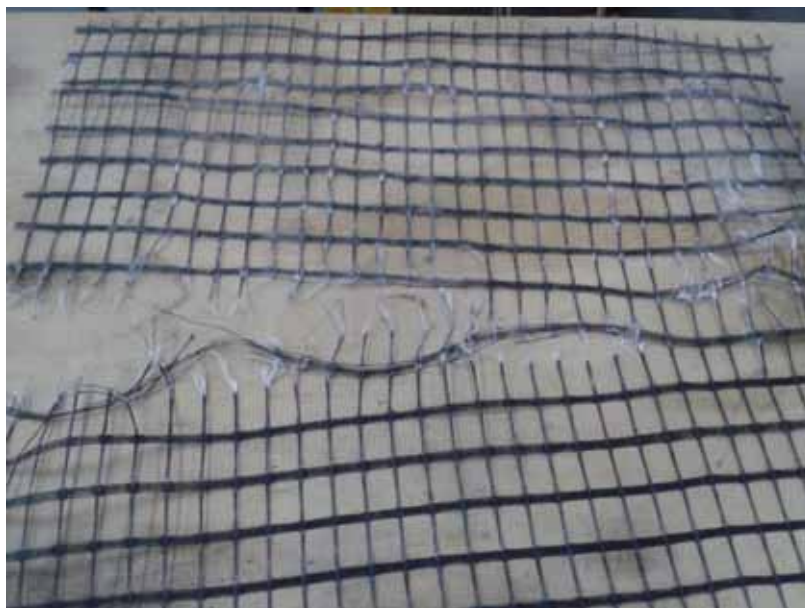
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 352 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



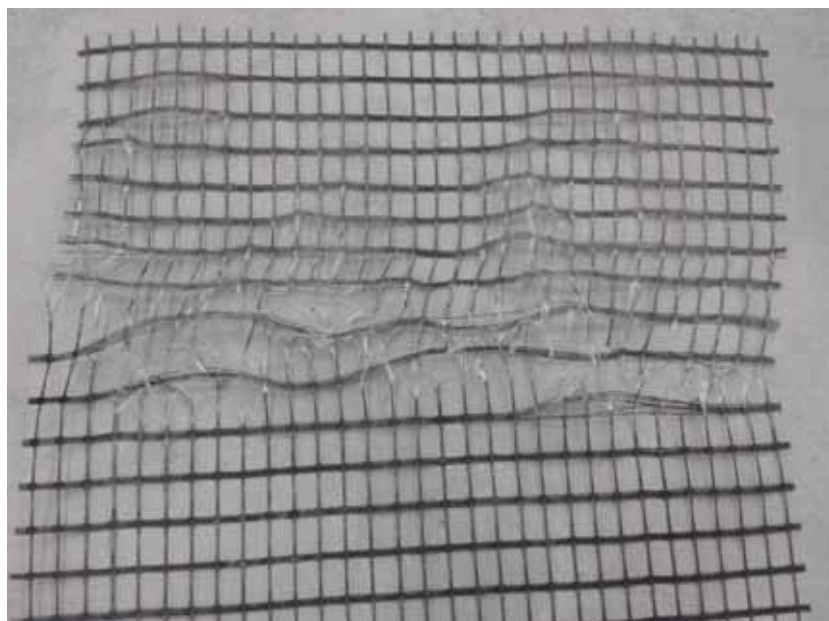
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 353 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



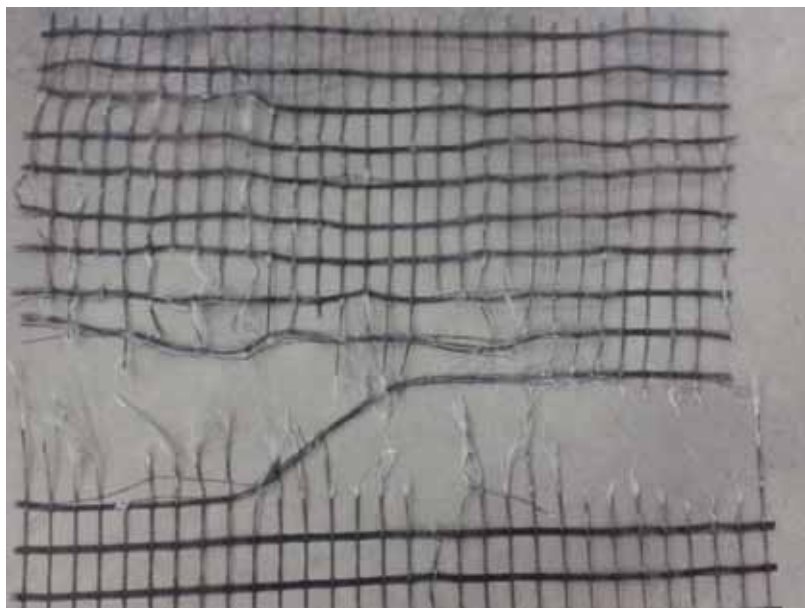
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 354 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



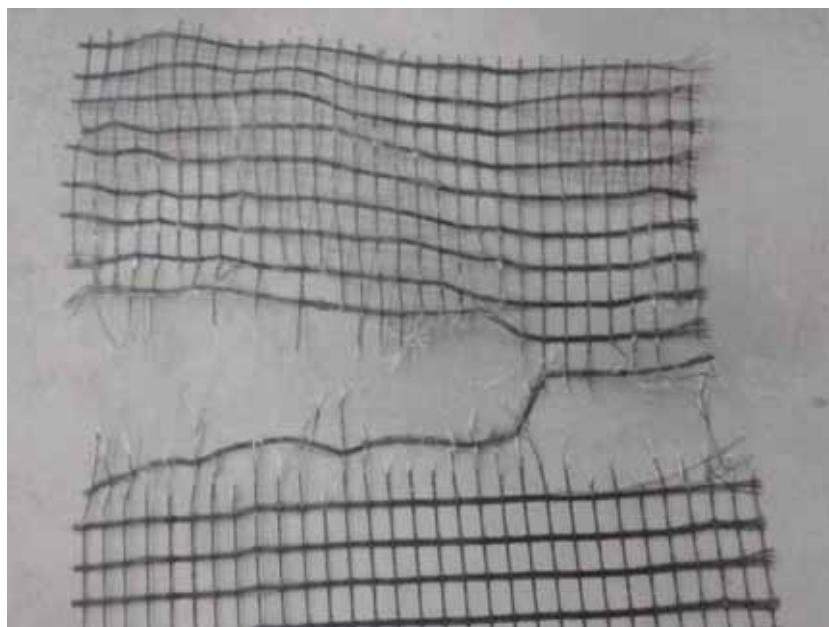
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 355 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



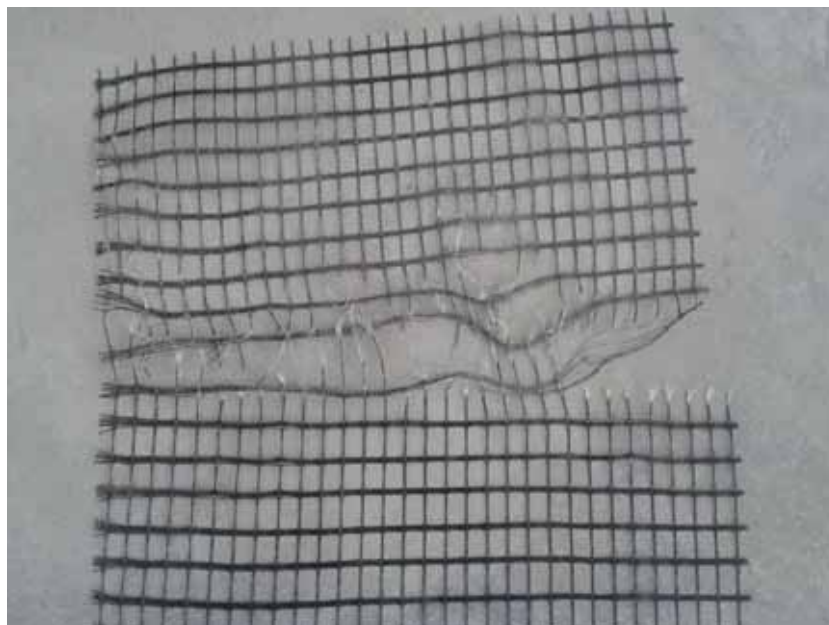
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 356 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 357 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



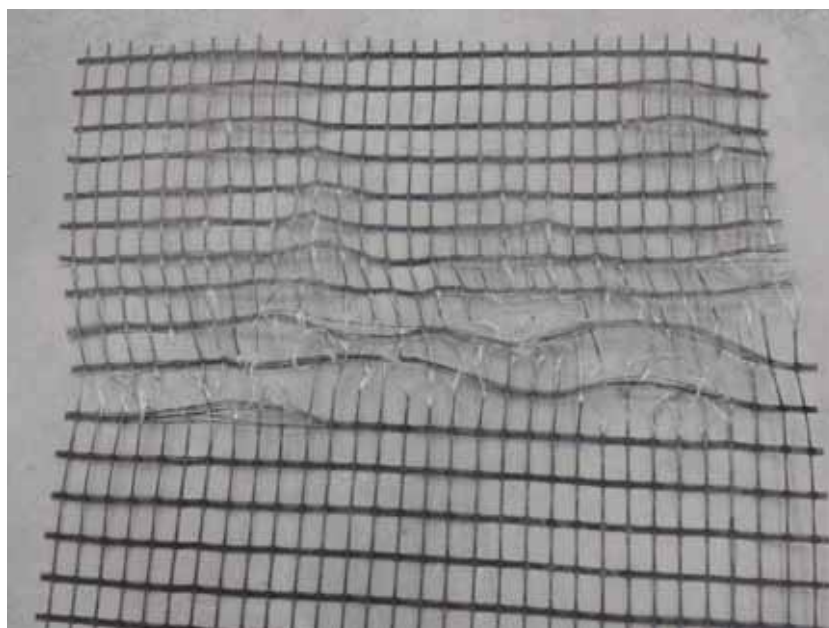
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 358 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



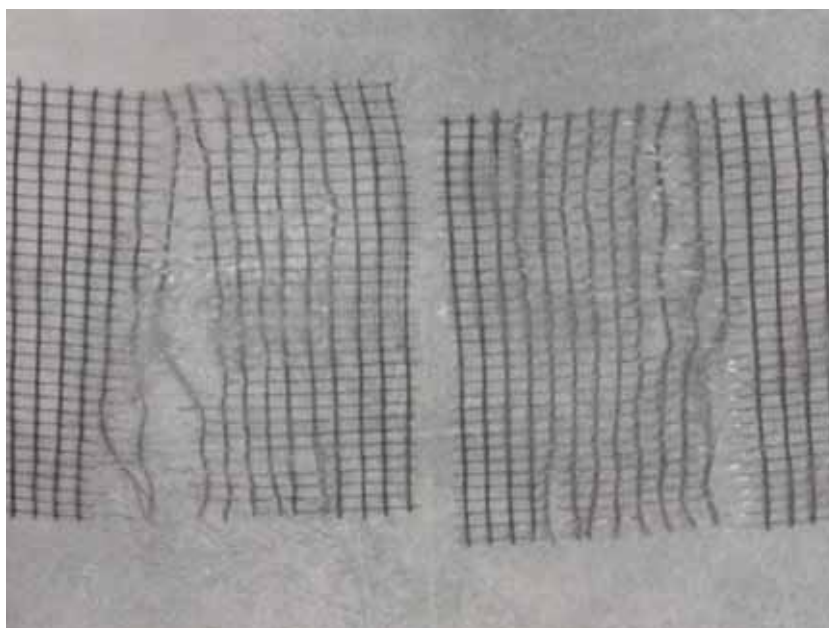
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 359 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



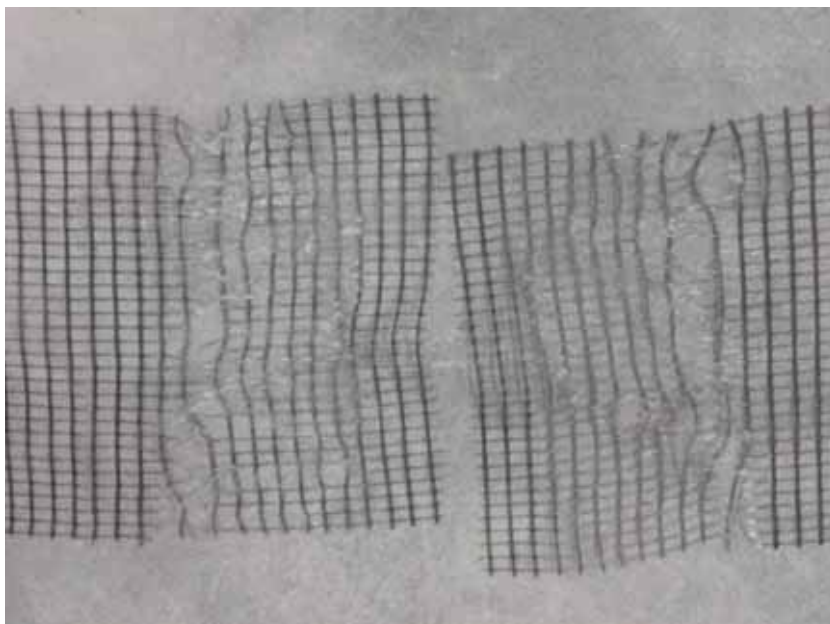
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 360 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



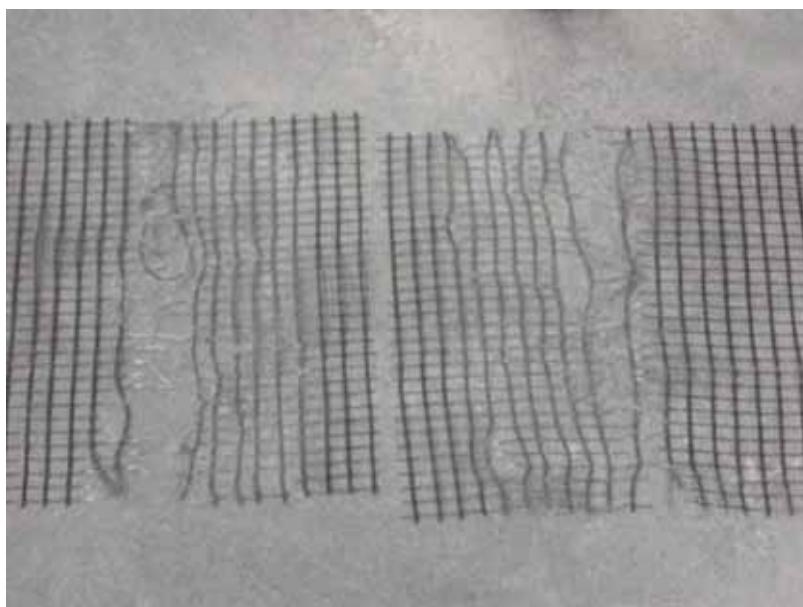
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 361 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



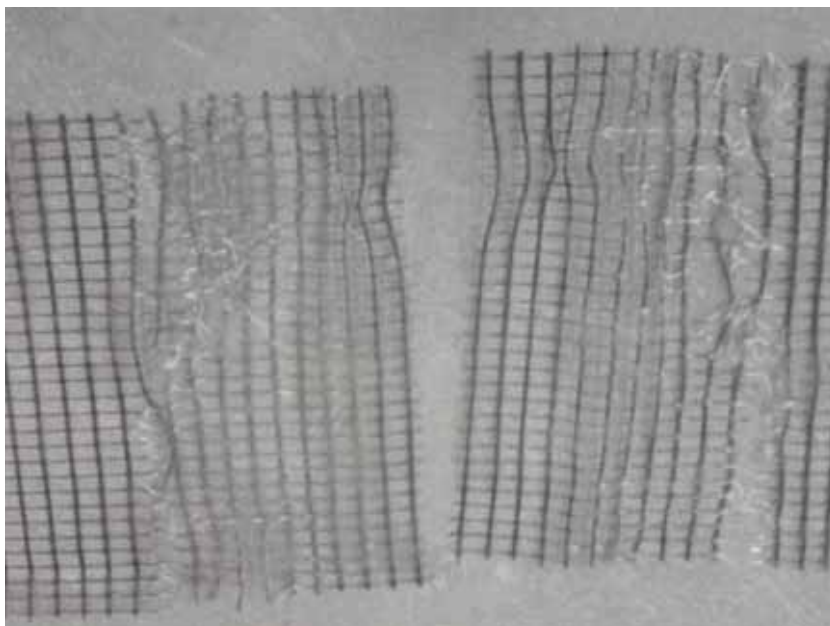
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 362 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



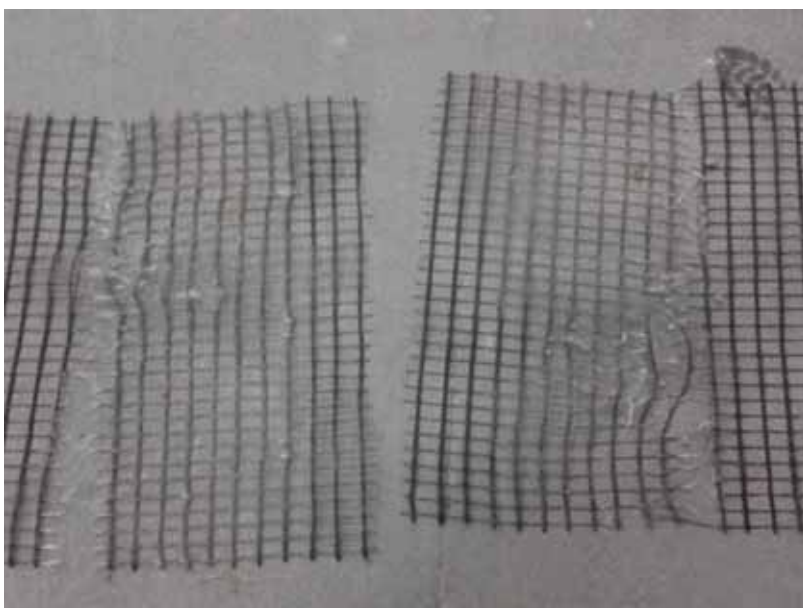
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 363 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



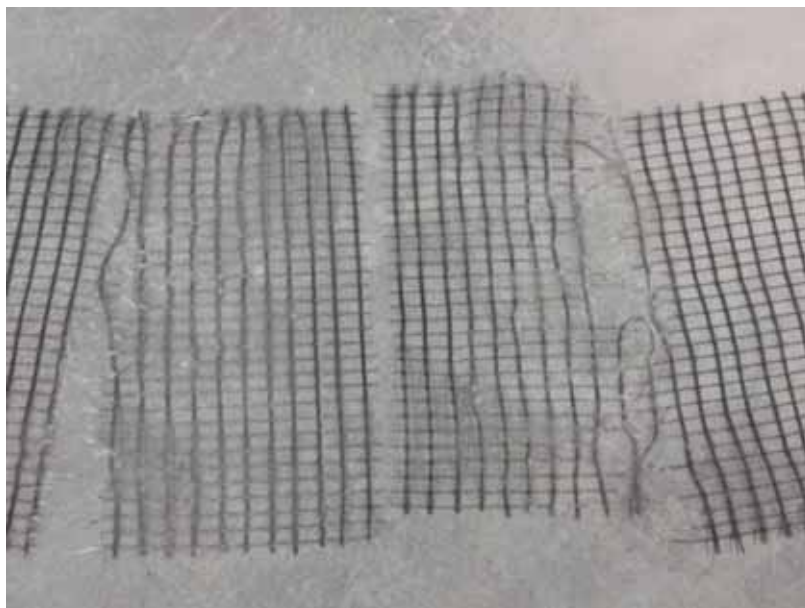
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 364 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



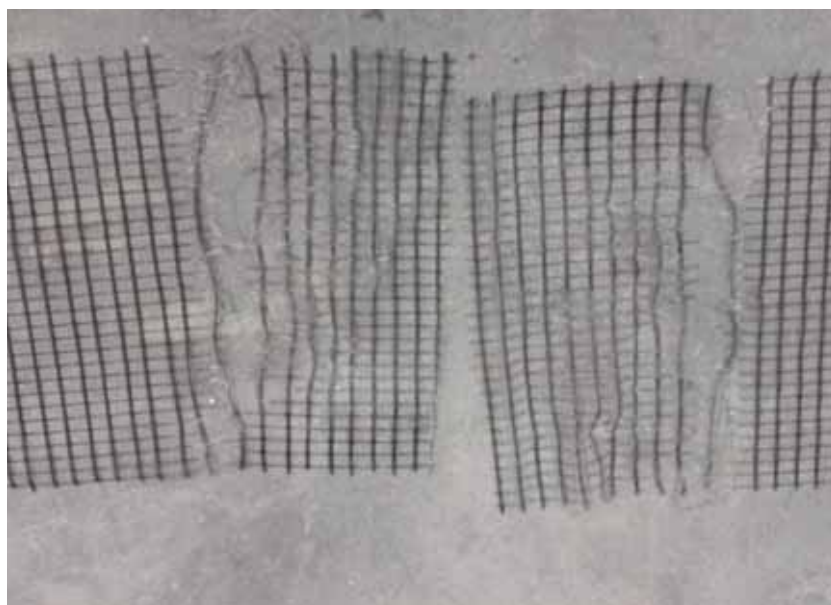
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 365 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



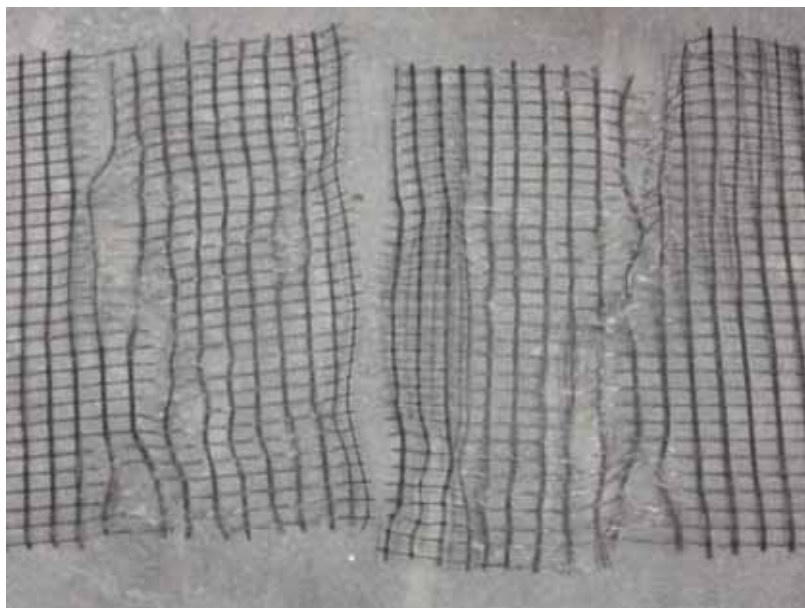
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 366 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



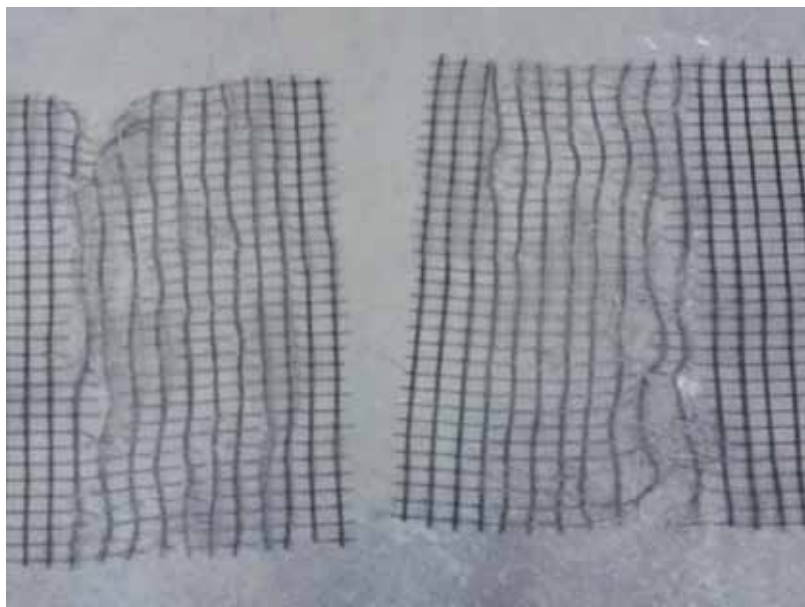
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 367 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



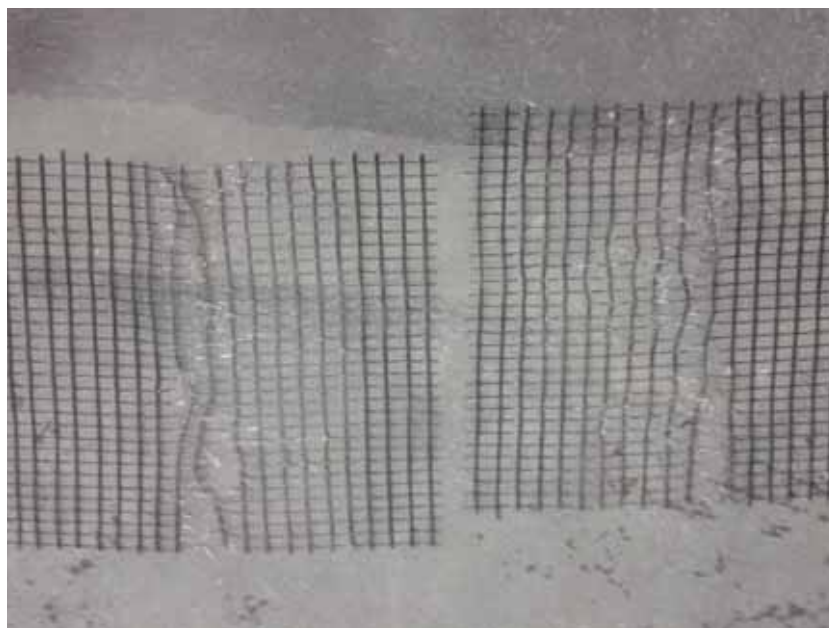
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 368 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



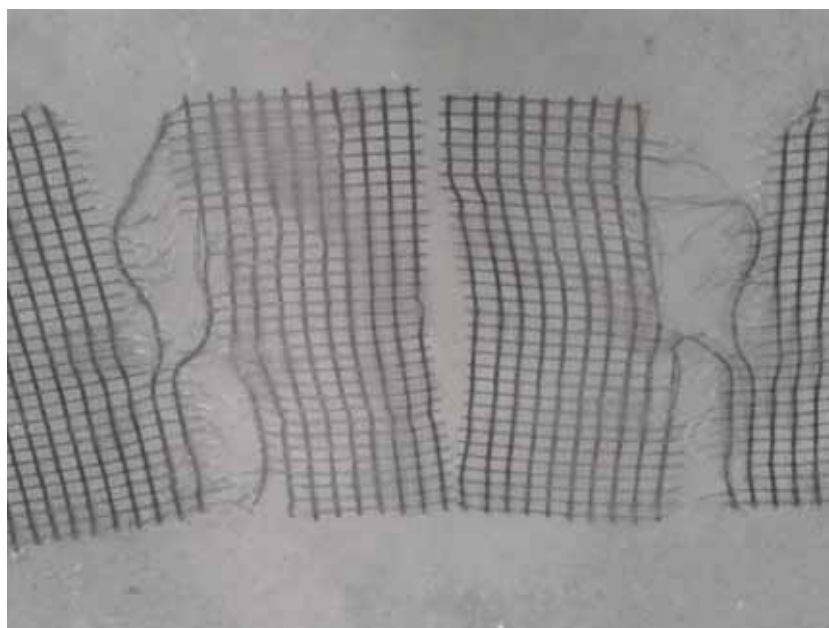
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 369 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



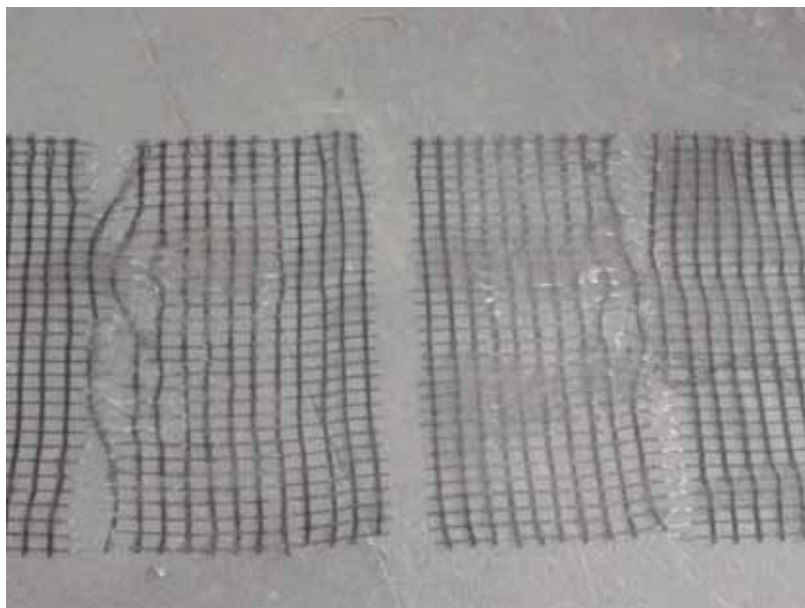
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 370 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



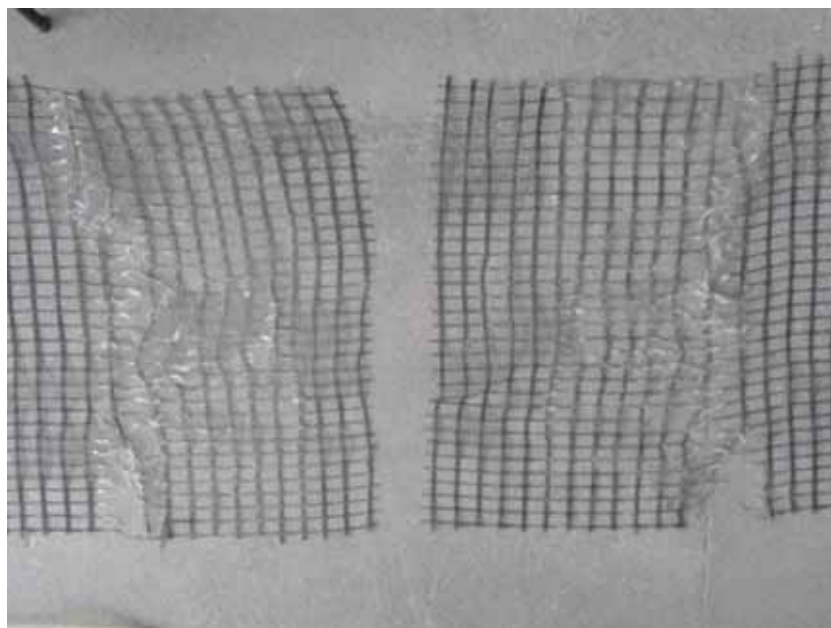
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 371 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



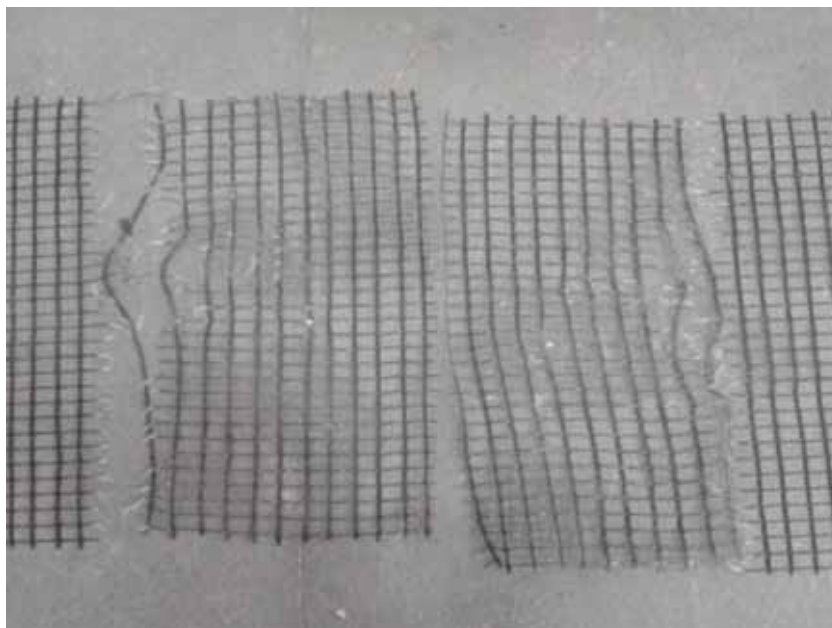
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 372 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



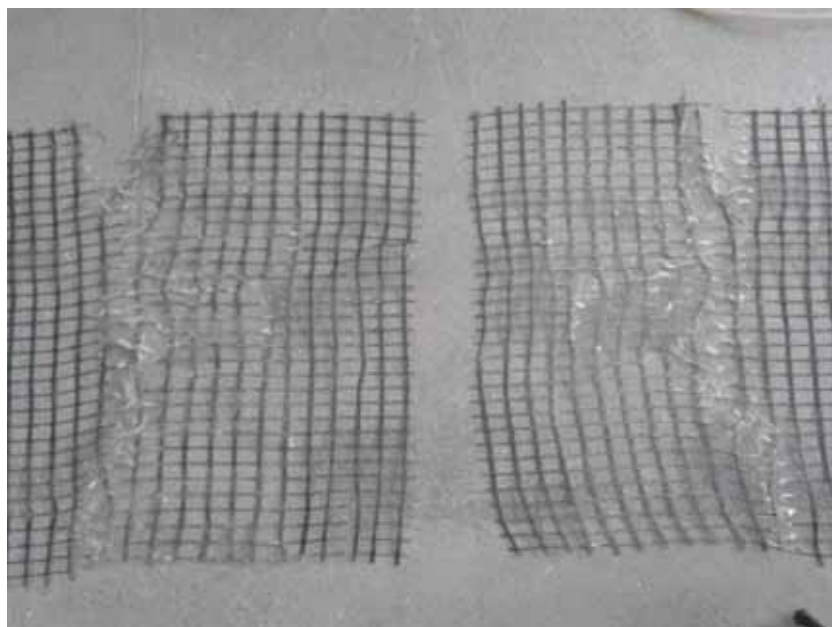
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 373 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

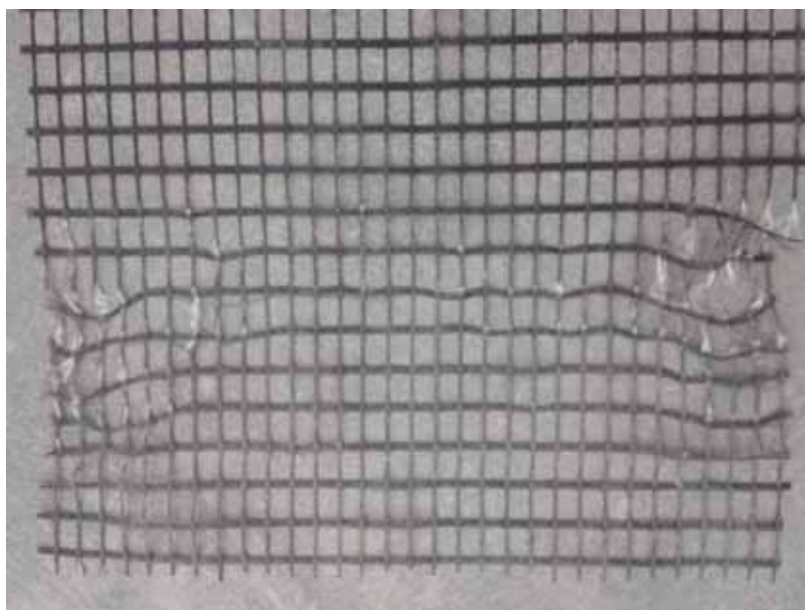
Figura 374 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 35/20-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

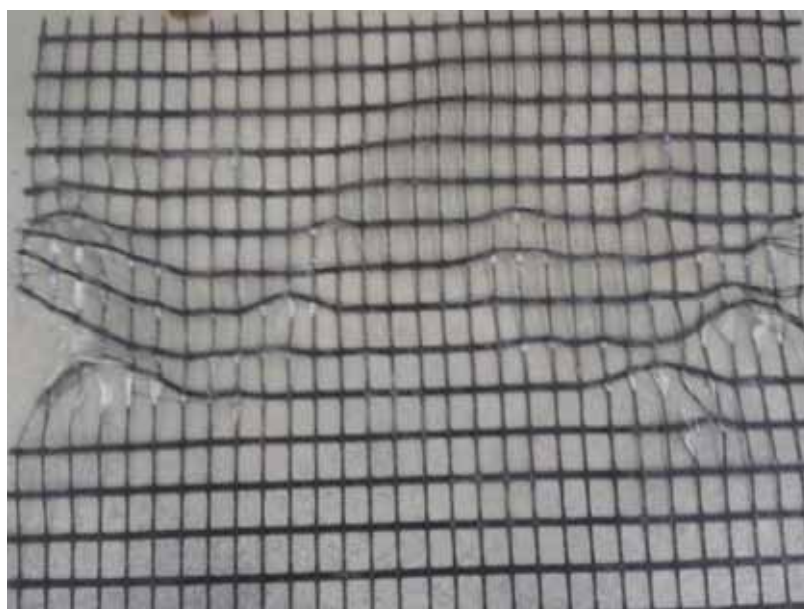
ANEXO J - Resultados fotográficos para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 55/30-20 com camada simples e dupla

Figura 375 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



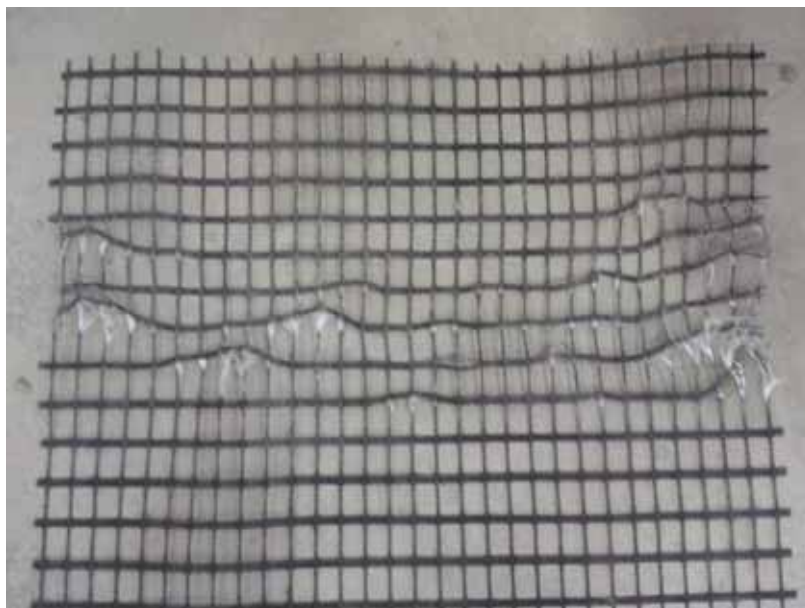
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 376 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



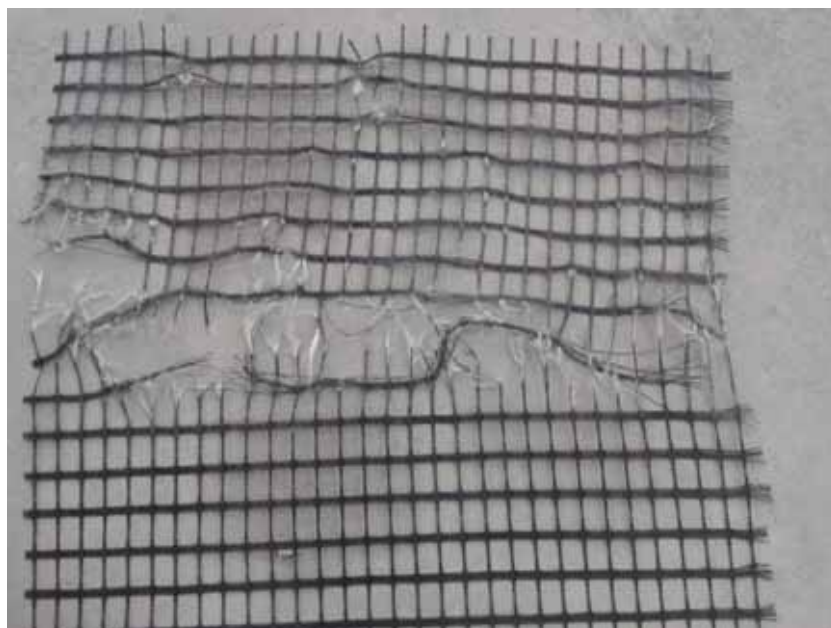
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 377 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 378 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



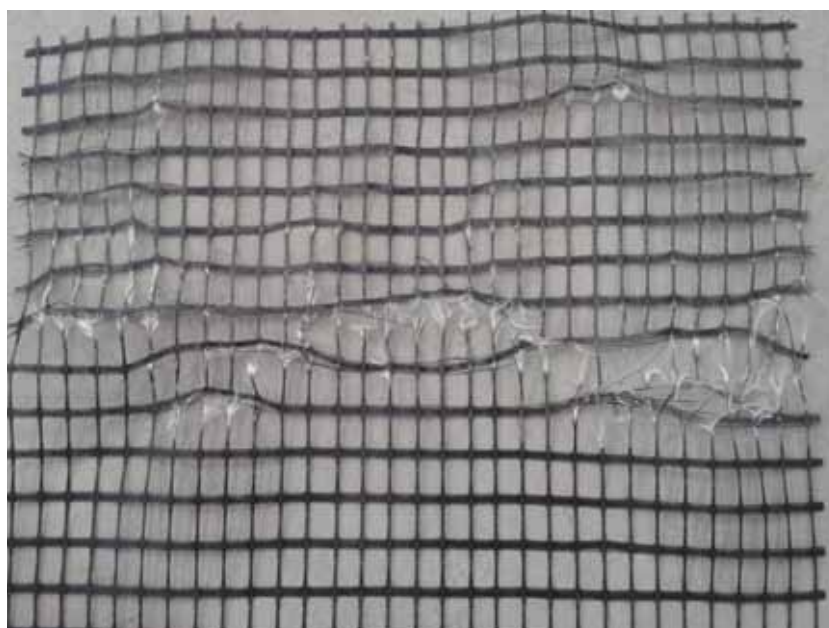
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 379 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 380 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



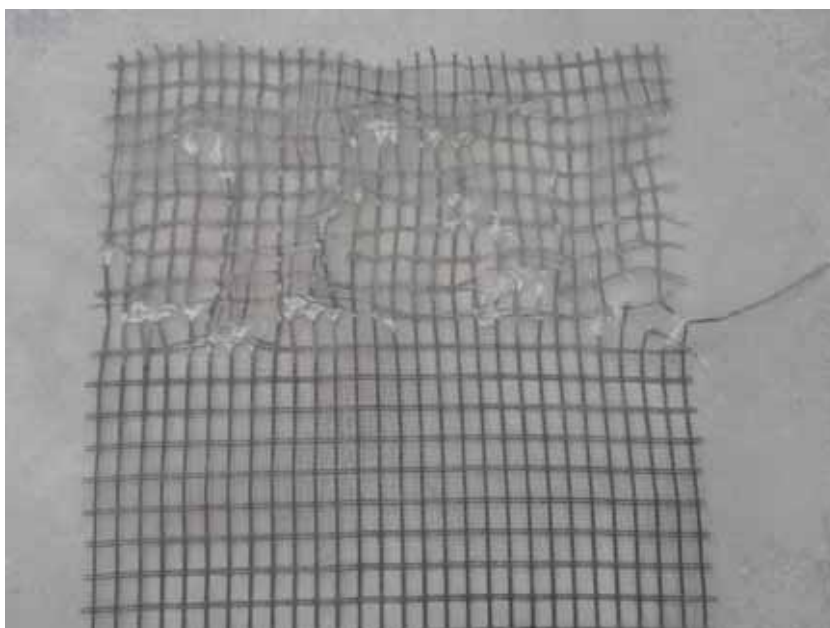
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 381 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



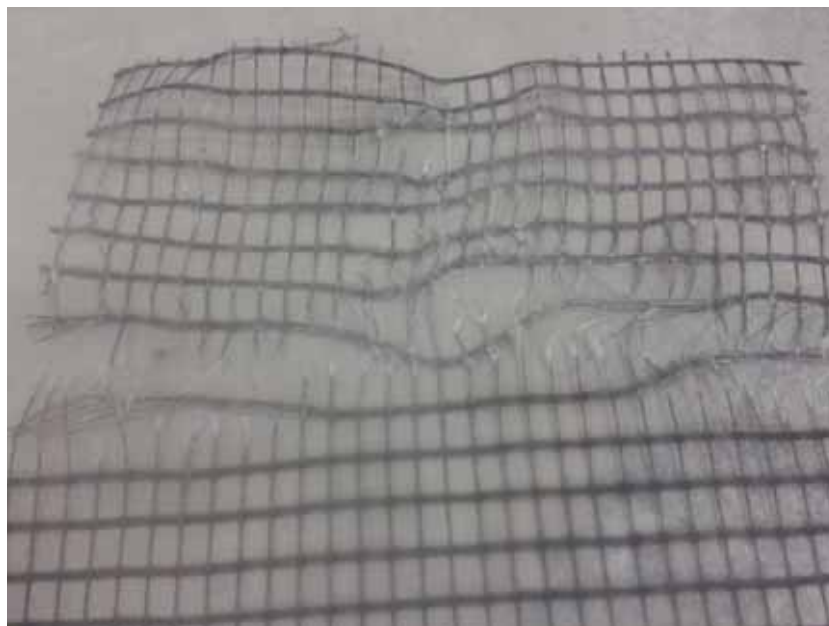
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 382 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 383 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



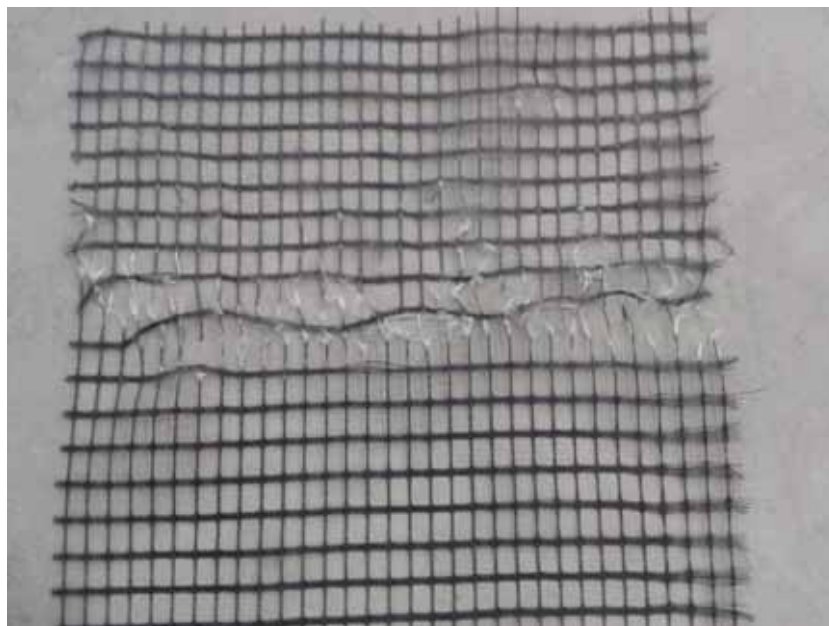
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 384 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



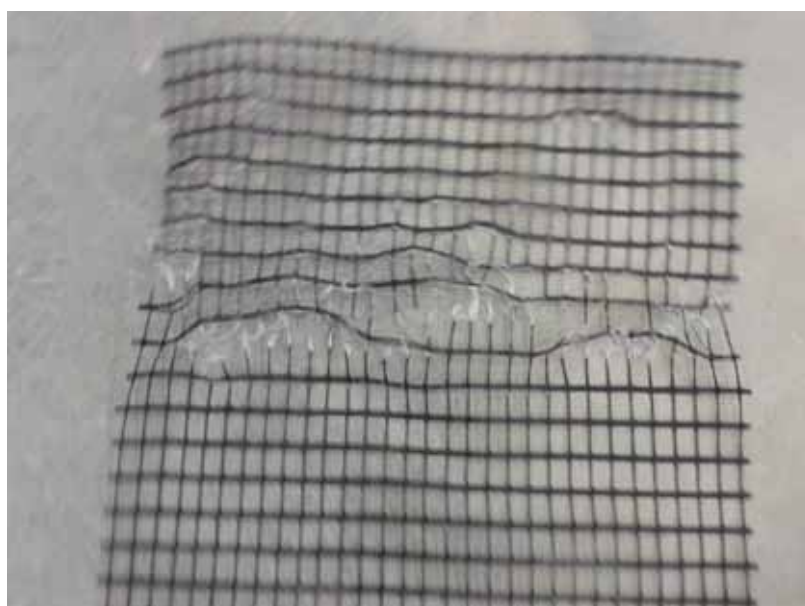
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 385 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



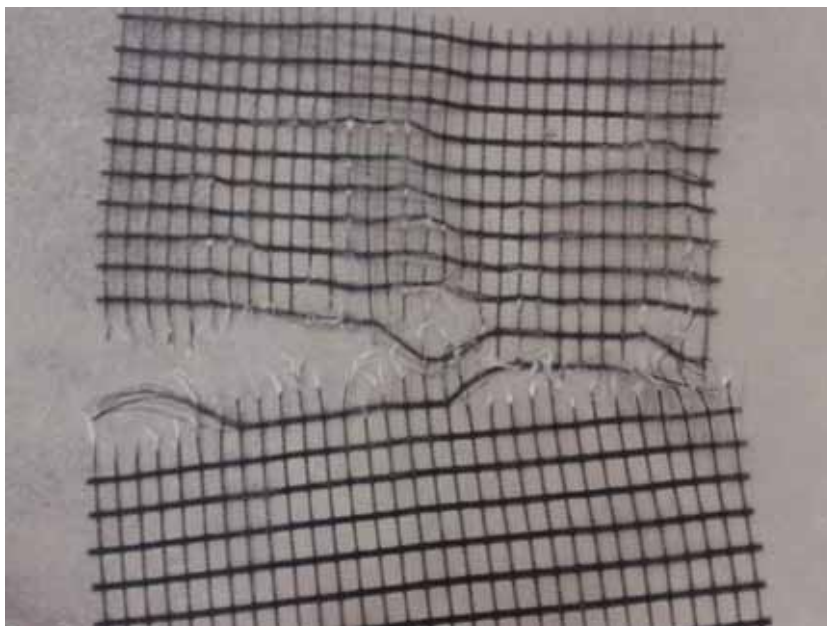
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 386 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



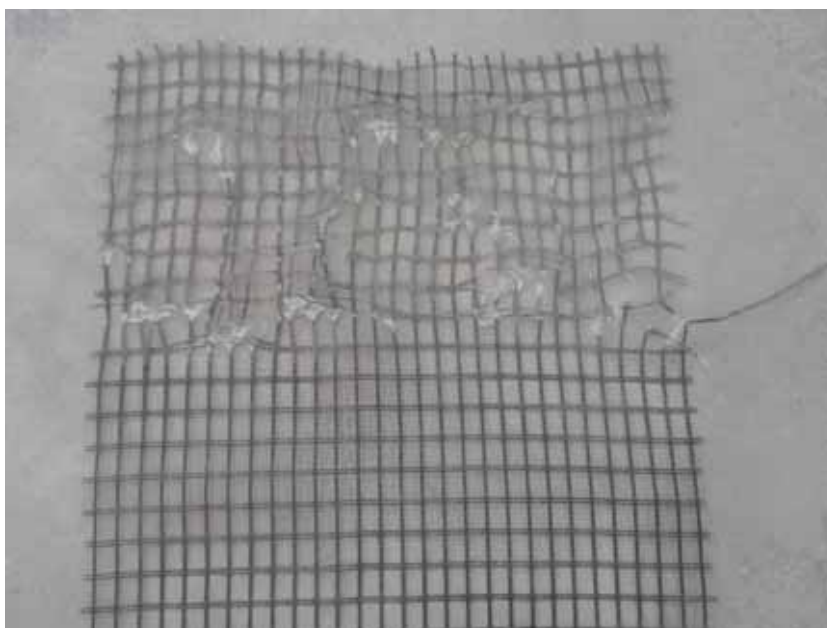
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 387 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



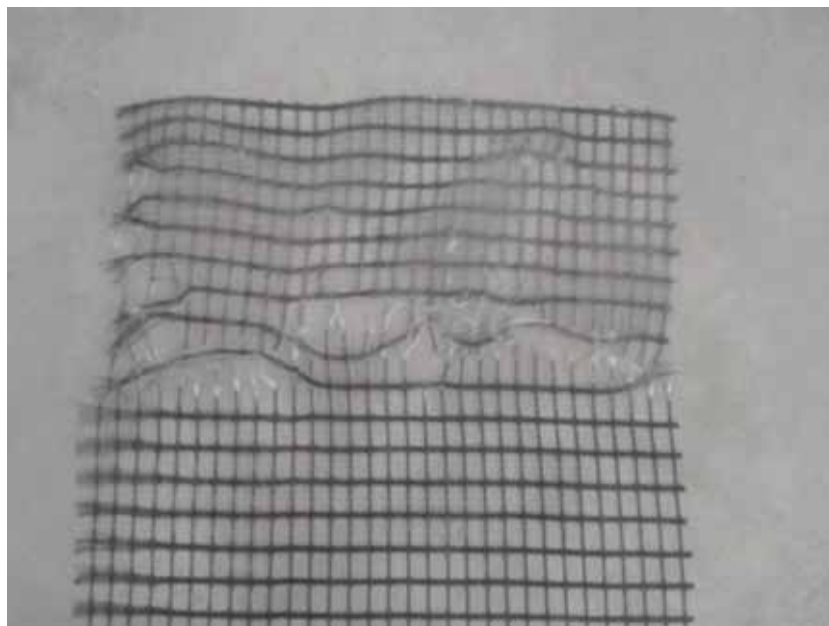
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 388 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



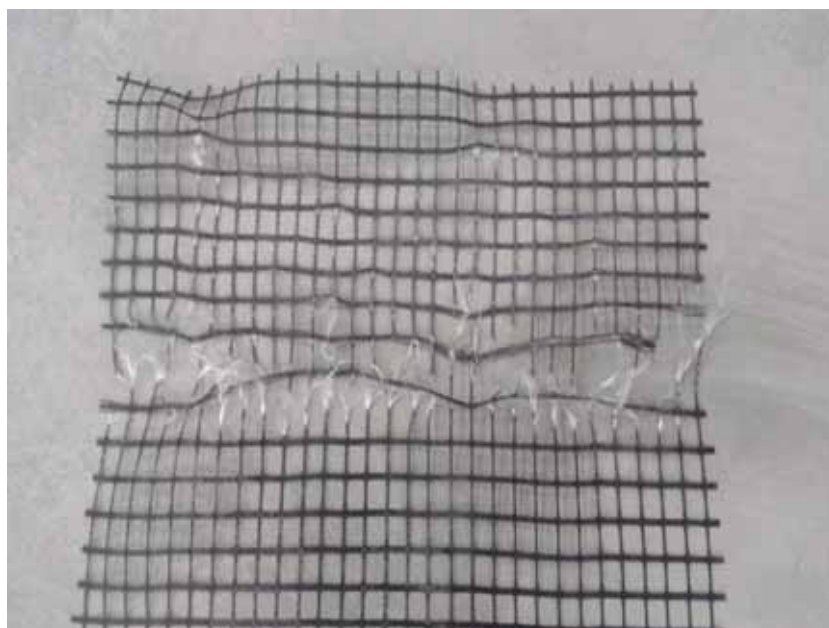
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 389 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



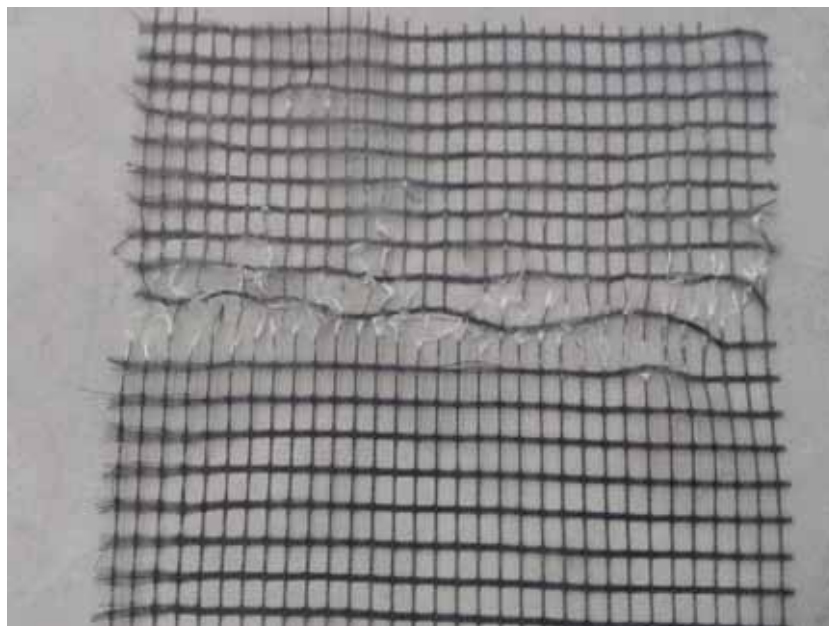
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 390 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



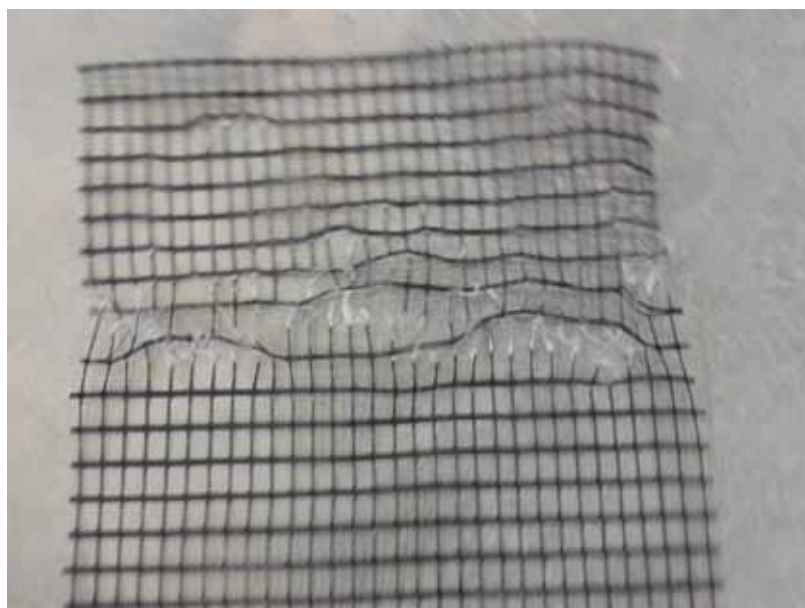
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 391 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 392 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



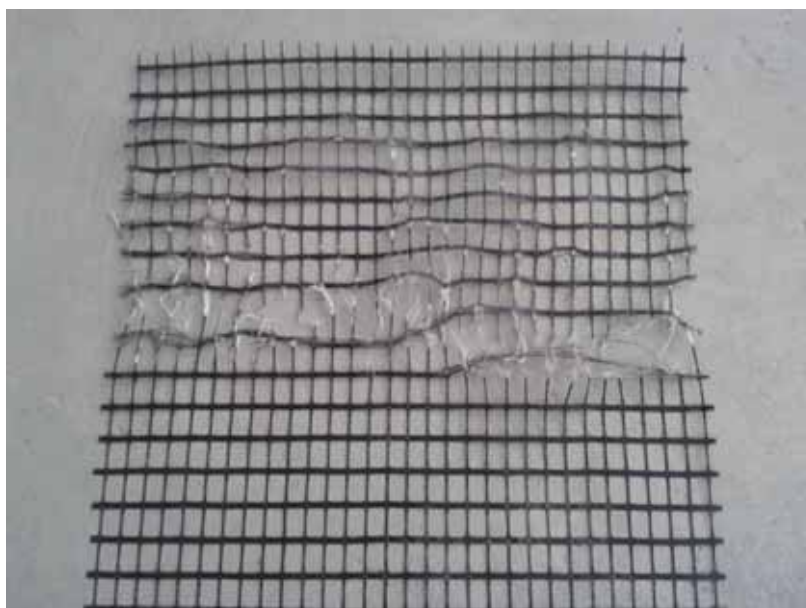
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 393 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



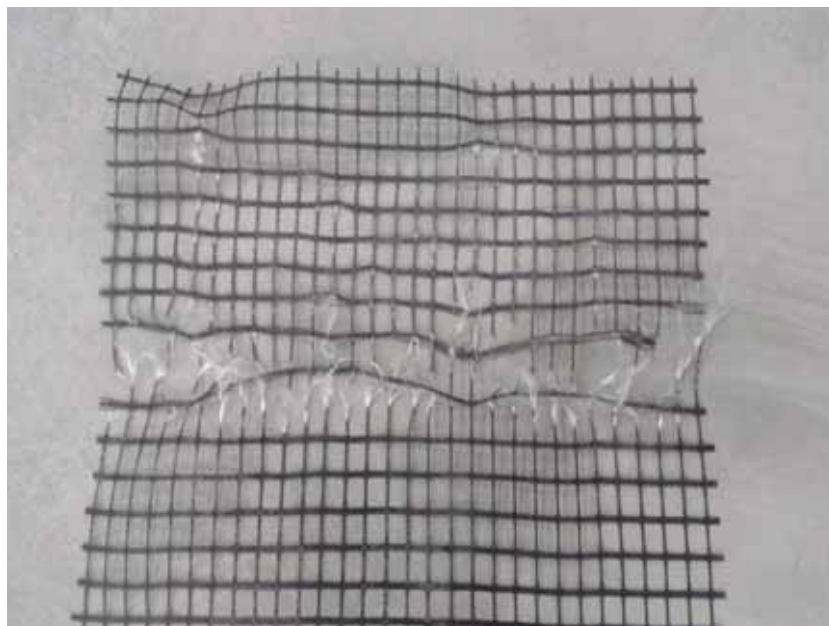
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 394 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



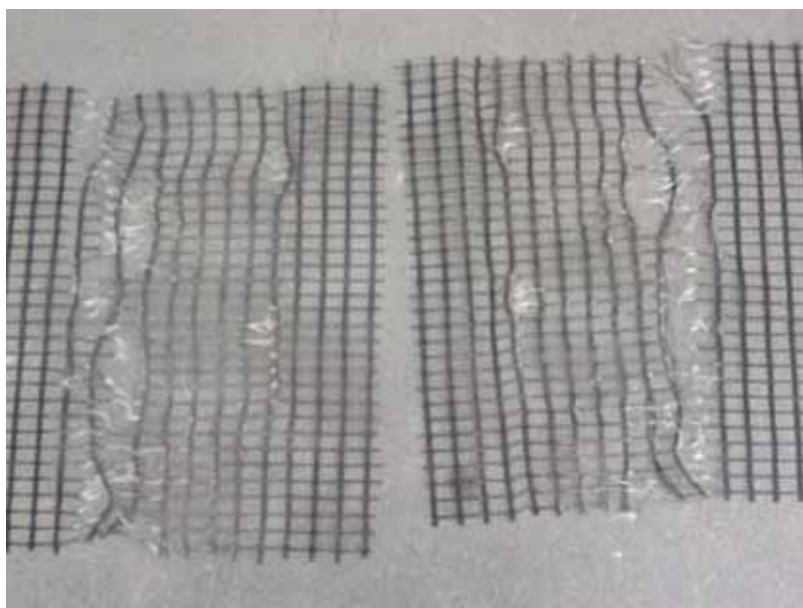
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 395 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



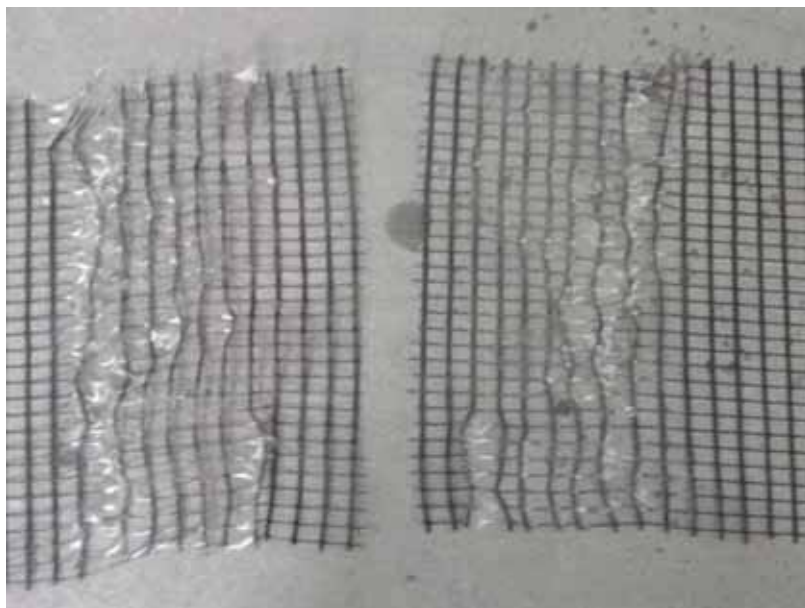
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 396 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



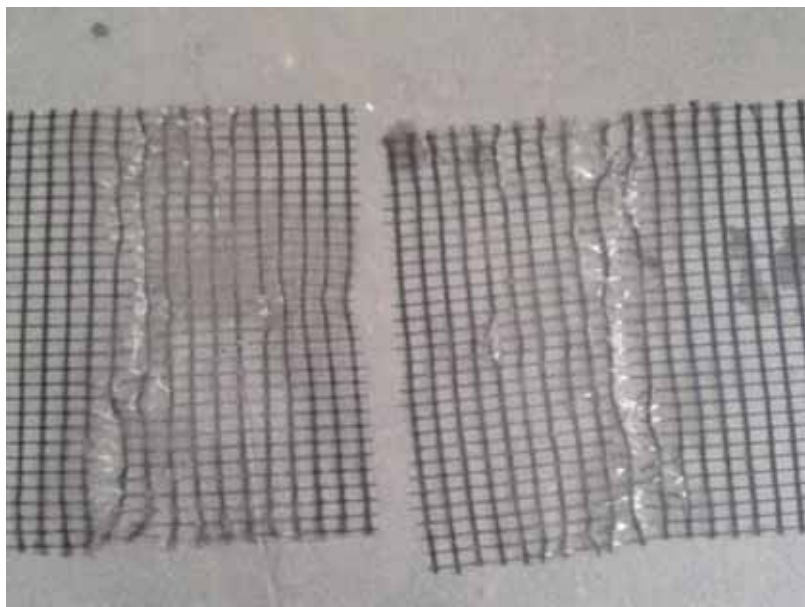
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 397 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



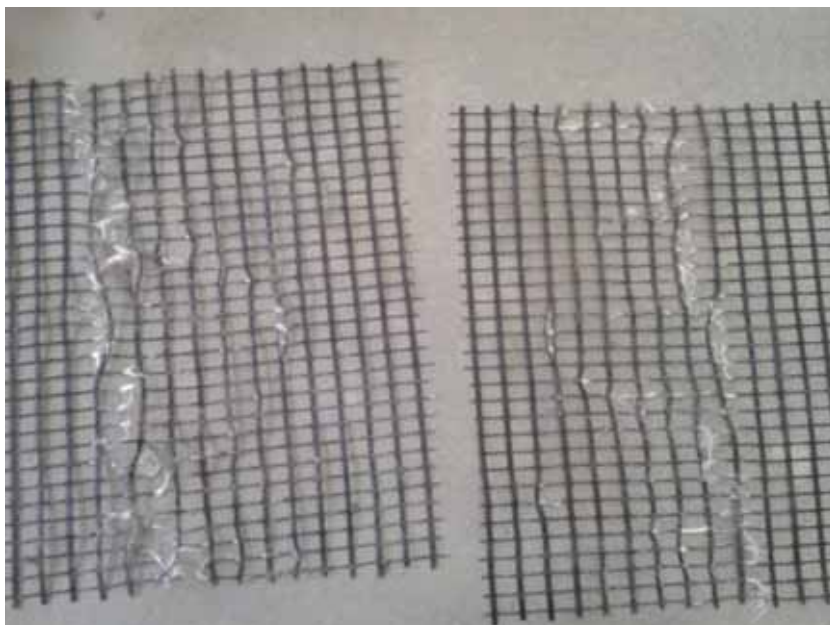
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 398 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



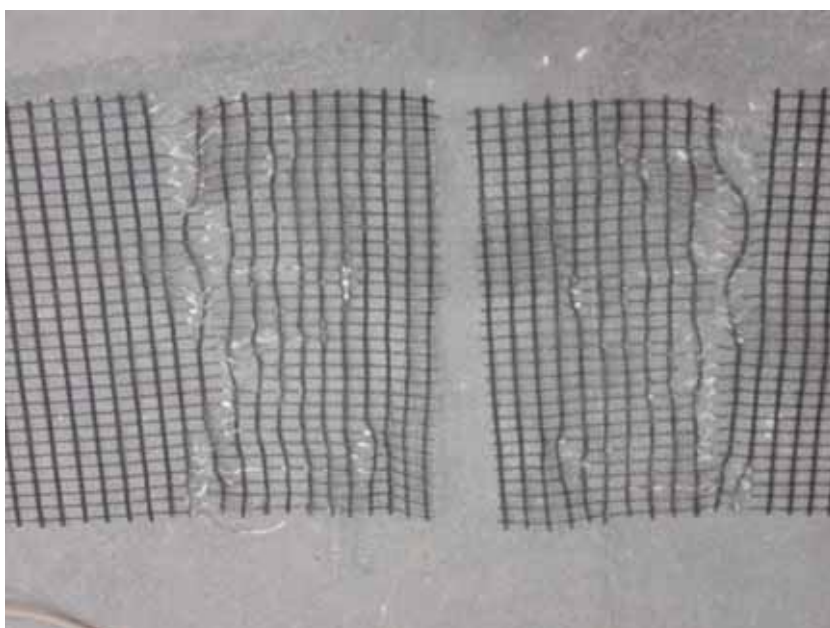
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 399 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



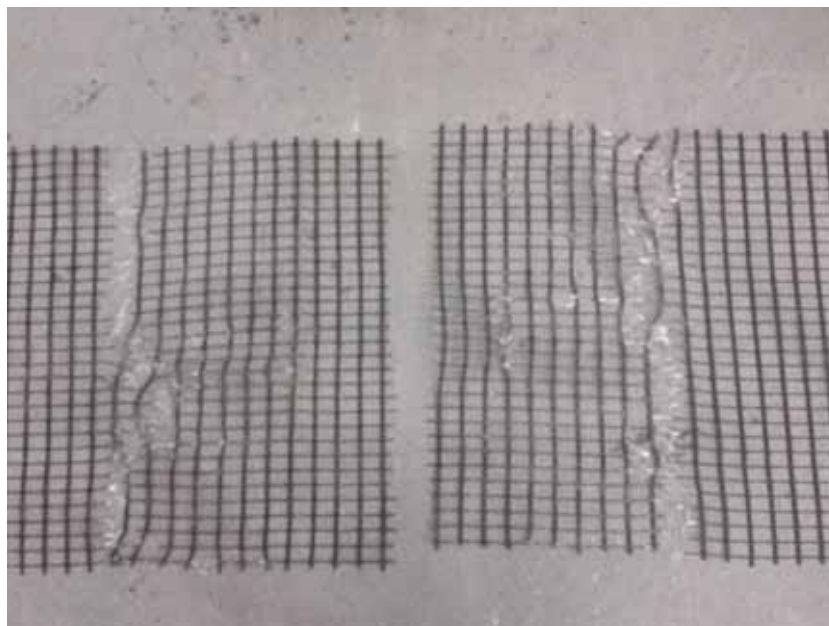
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 400 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



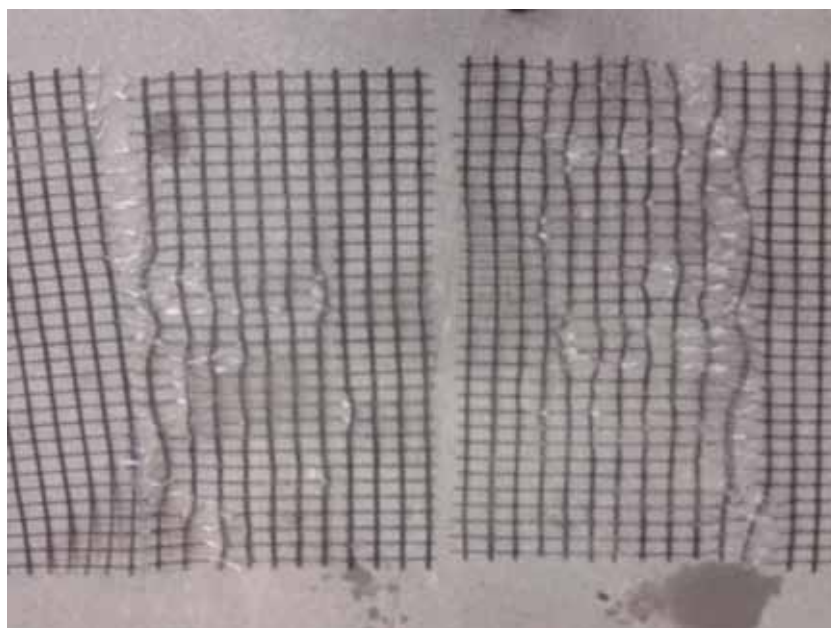
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 401 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



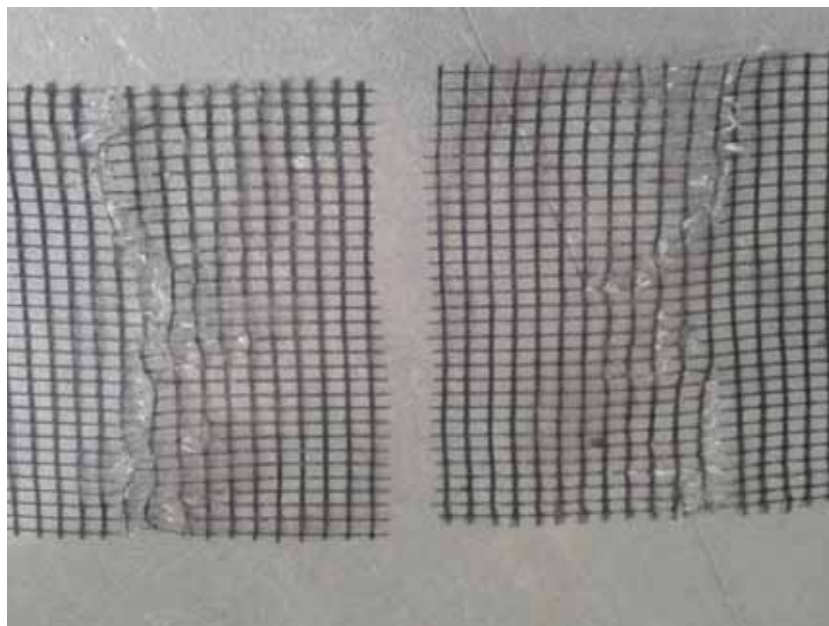
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 402 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



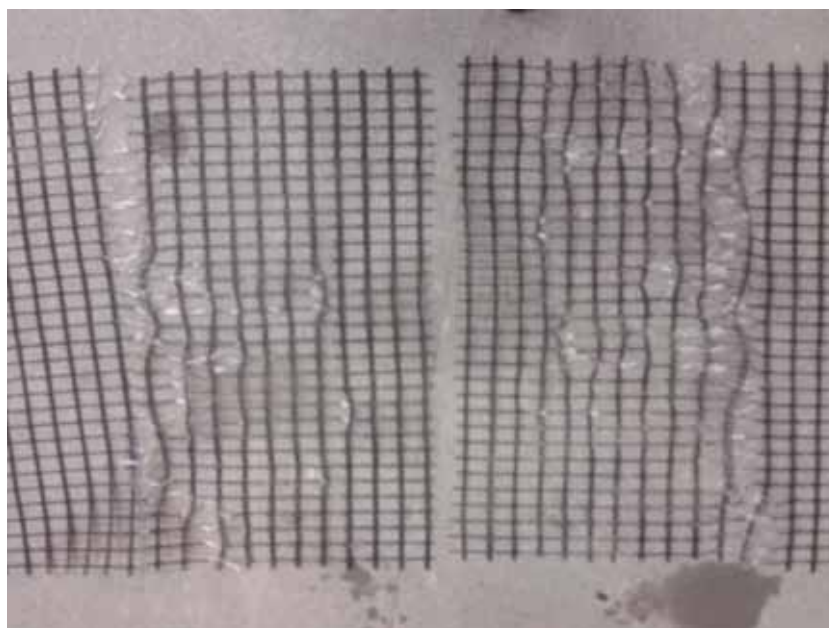
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 403 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



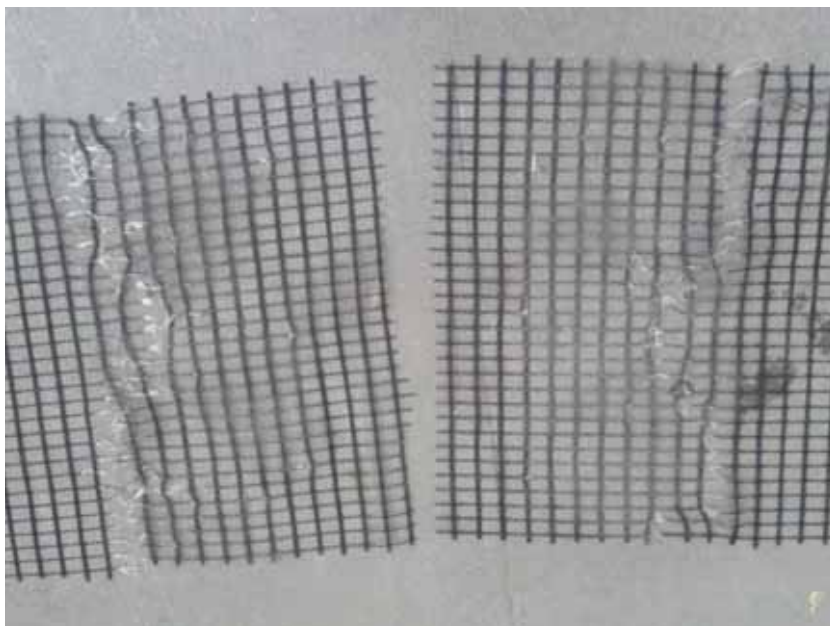
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 404 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



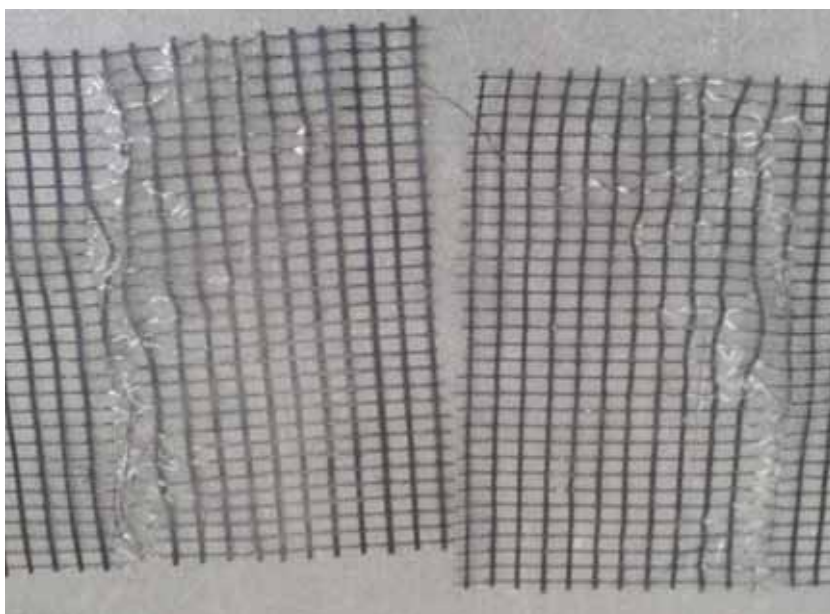
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 405 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



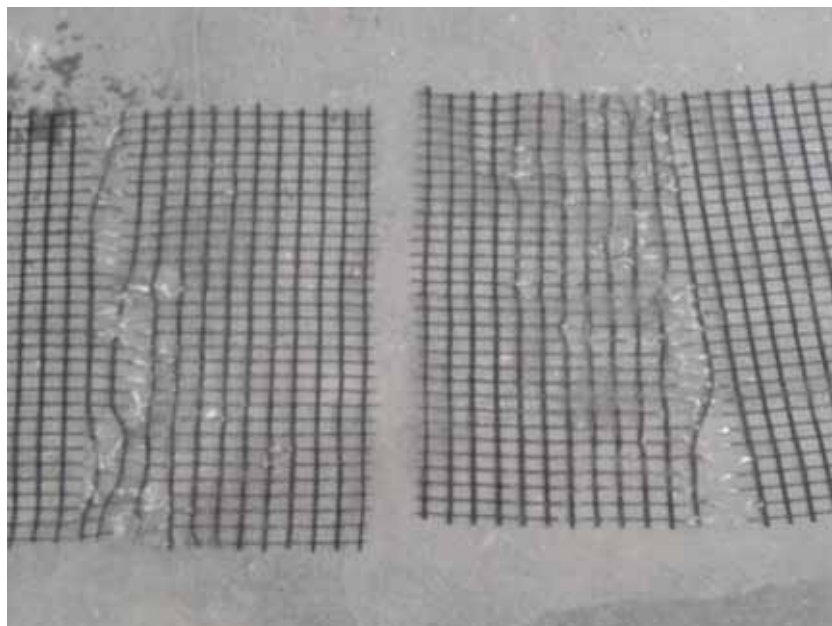
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 406 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



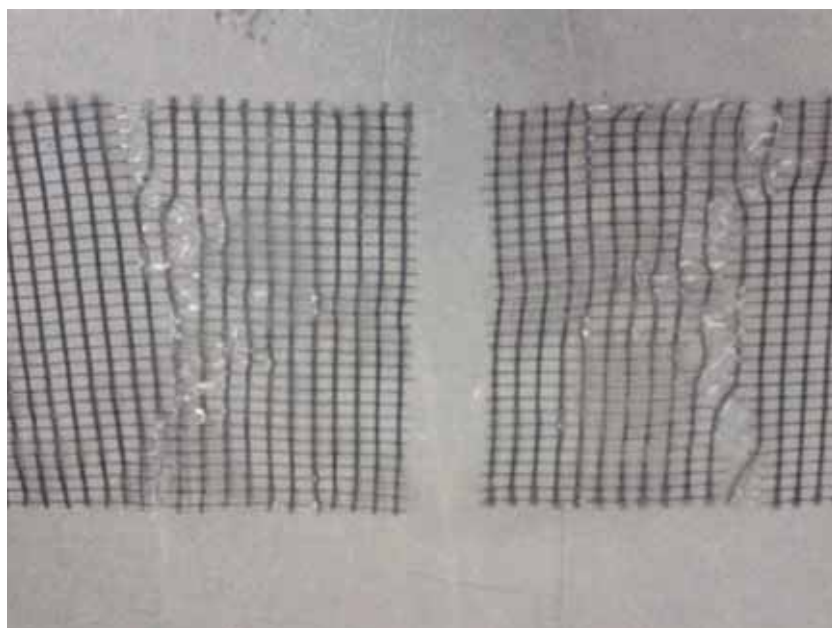
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 407 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



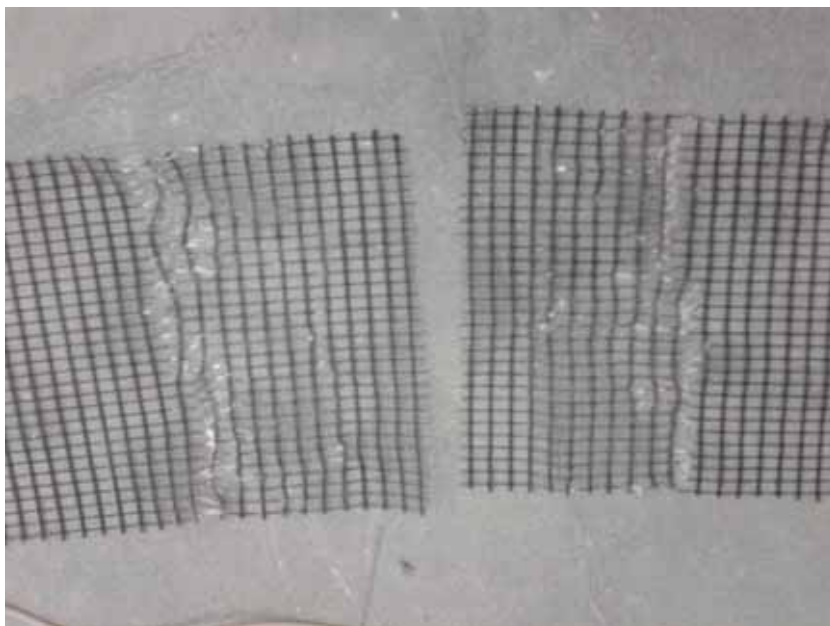
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 408 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



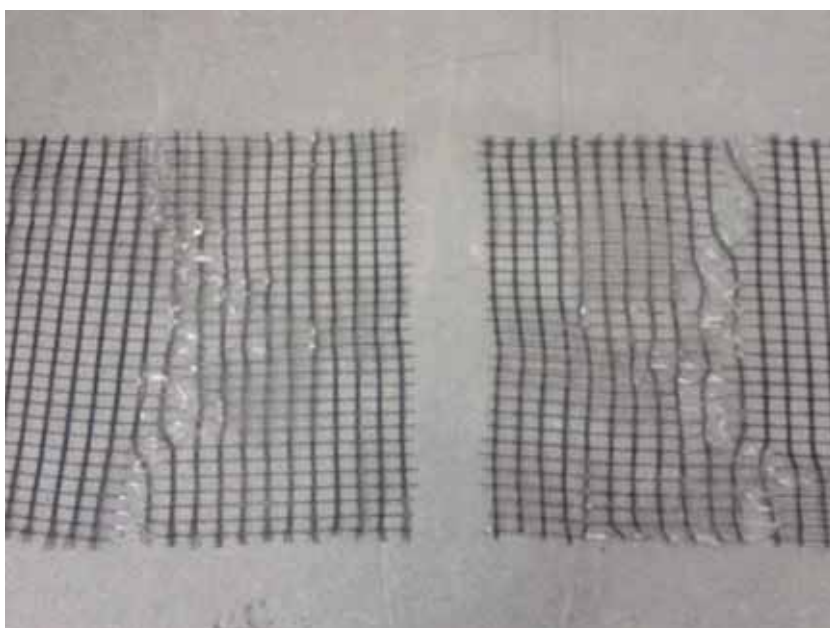
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 409 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

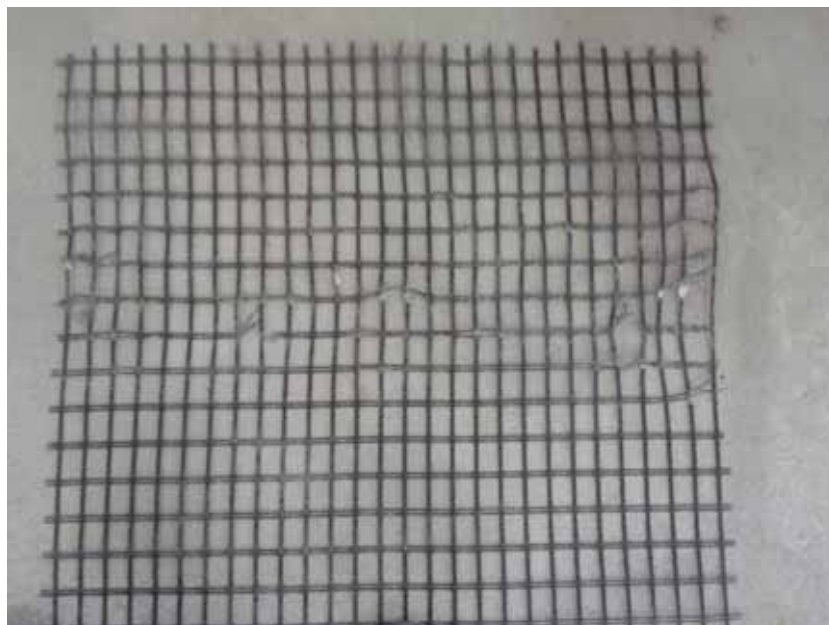
Figura 410 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 55/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

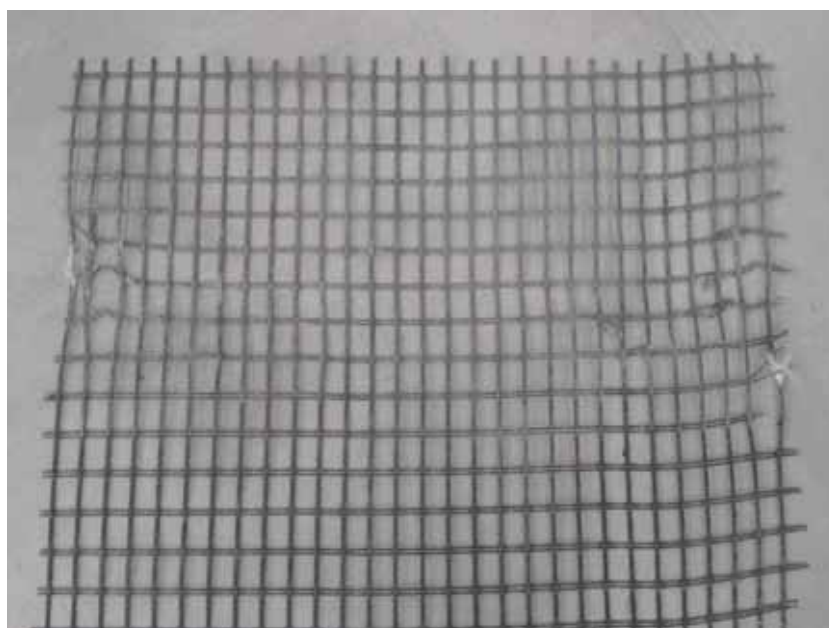
ANEXO K - Resultados fotográficos para a geogrelha modelo FORTRAC ® M 80/30-20 com camada simples e dupla

Figura 411 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 1)



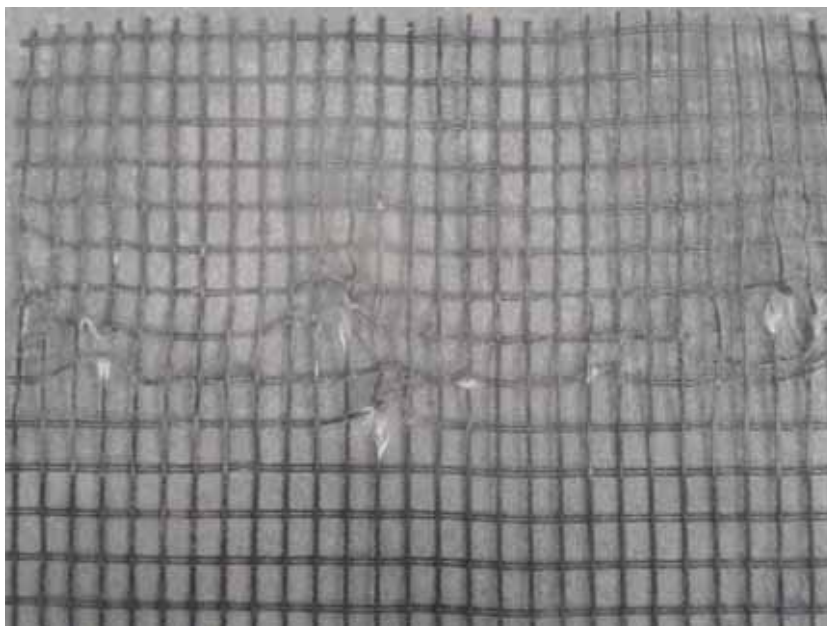
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 412 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 413 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 3 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 414 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 415 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 2)



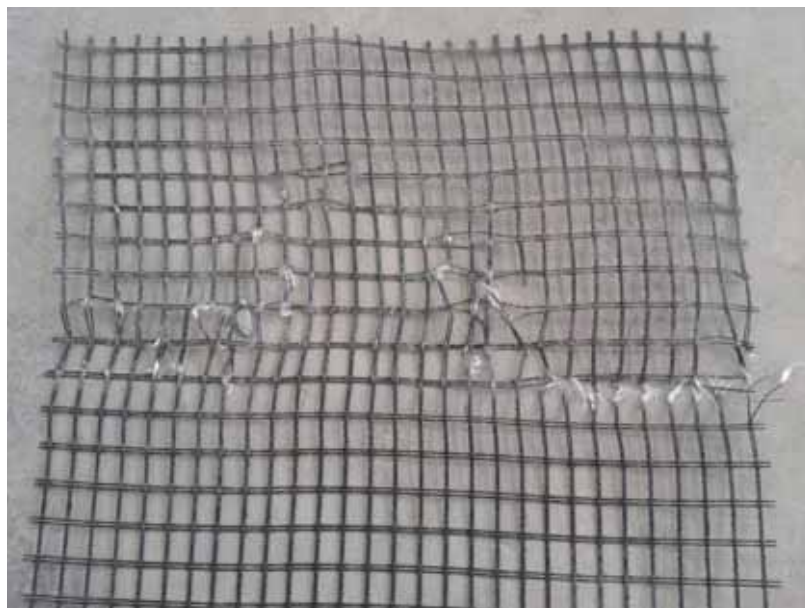
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 416 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 18 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 417 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



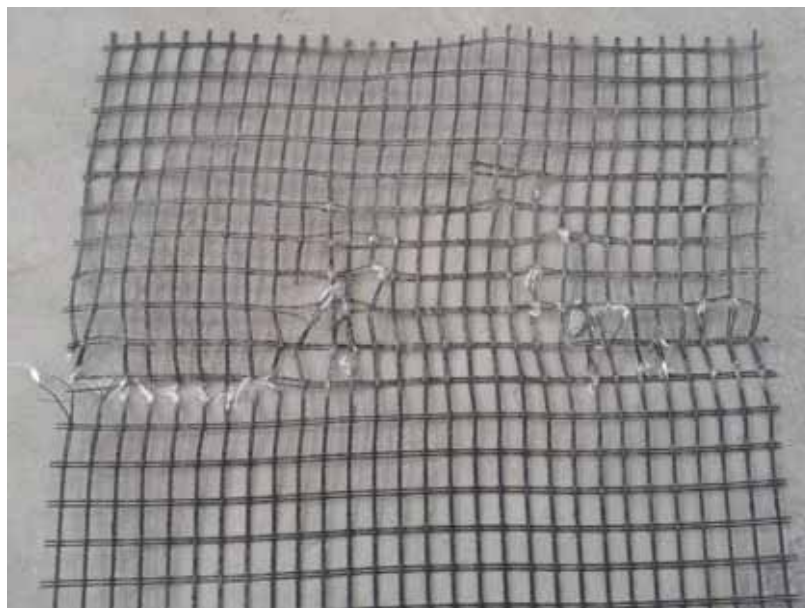
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 418 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 419 -Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 420 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



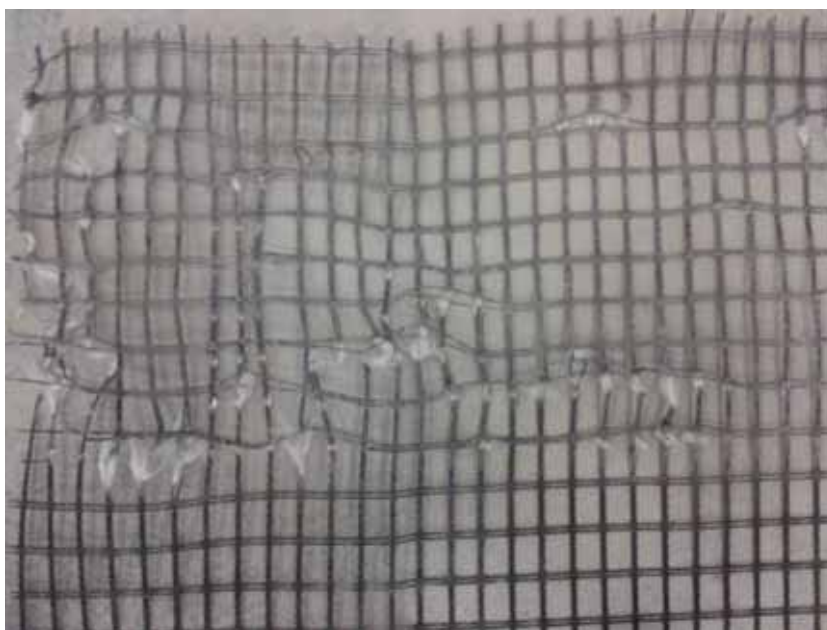
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 421 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 422 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 423 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



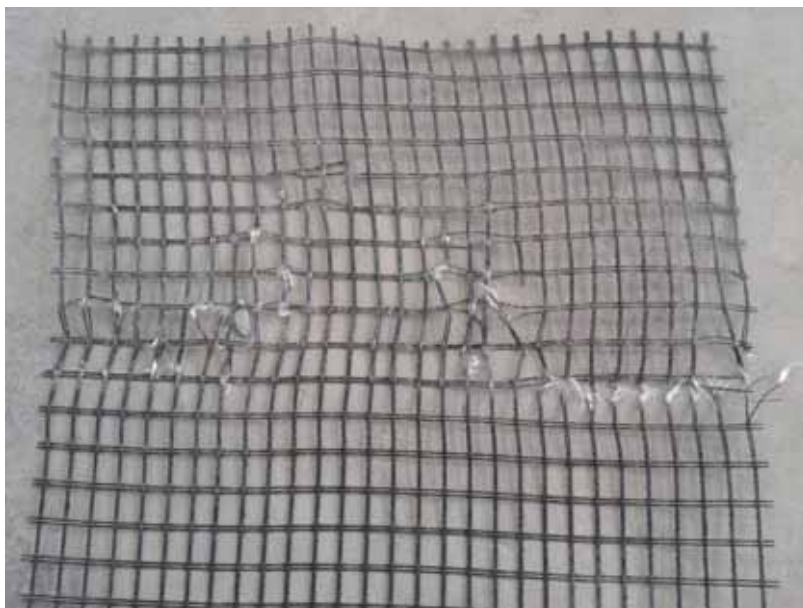
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 424 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



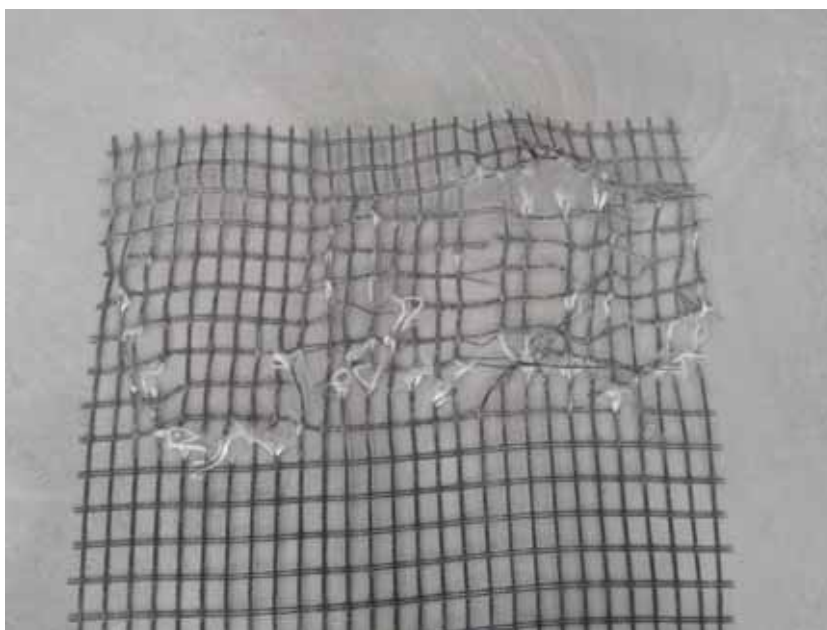
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 425 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



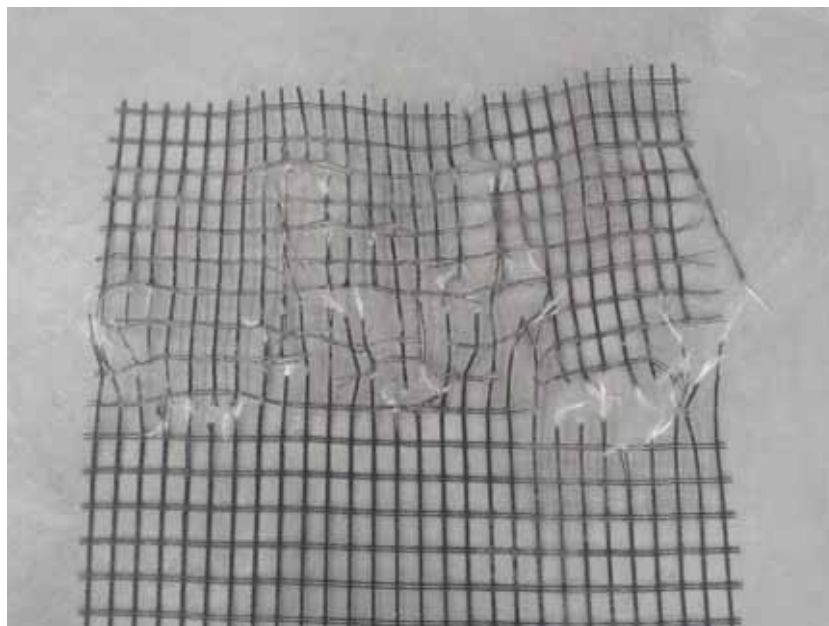
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 426 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



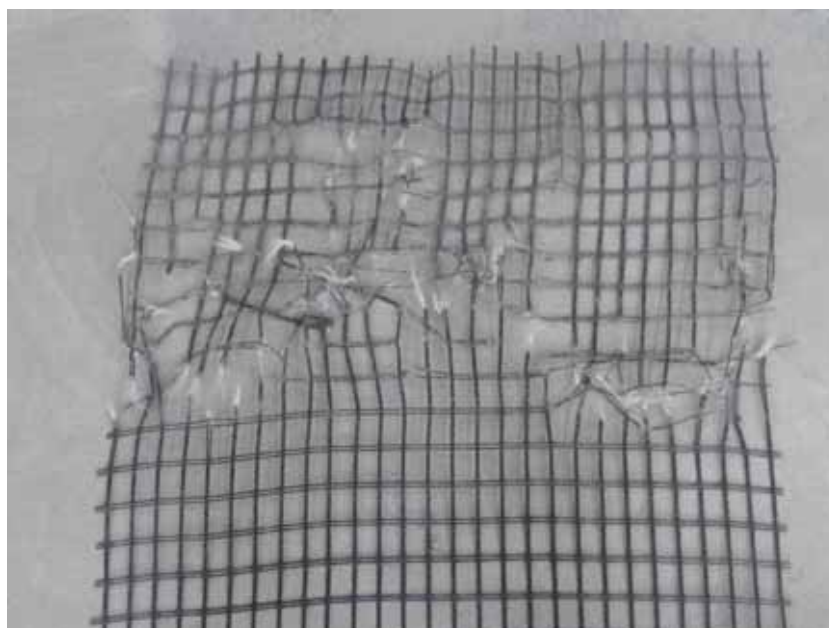
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 427 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



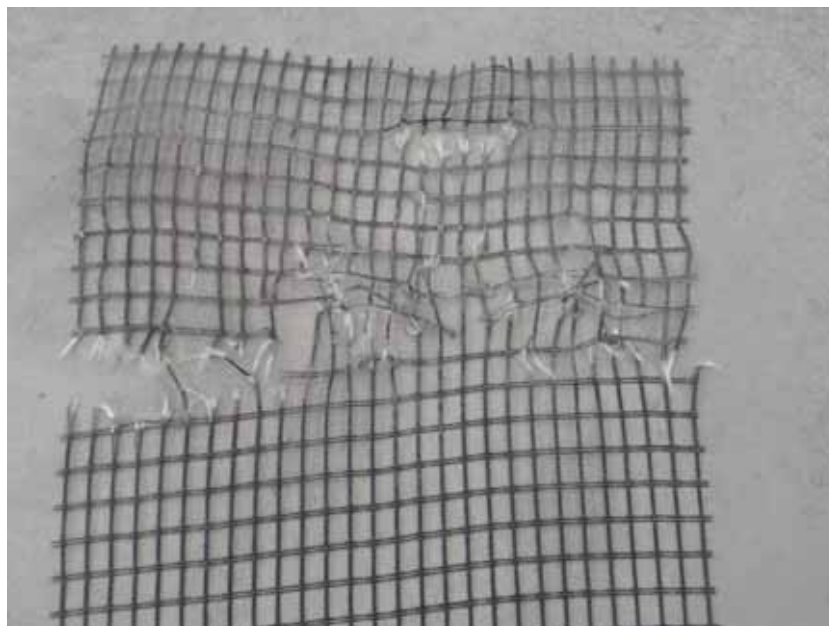
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 428 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



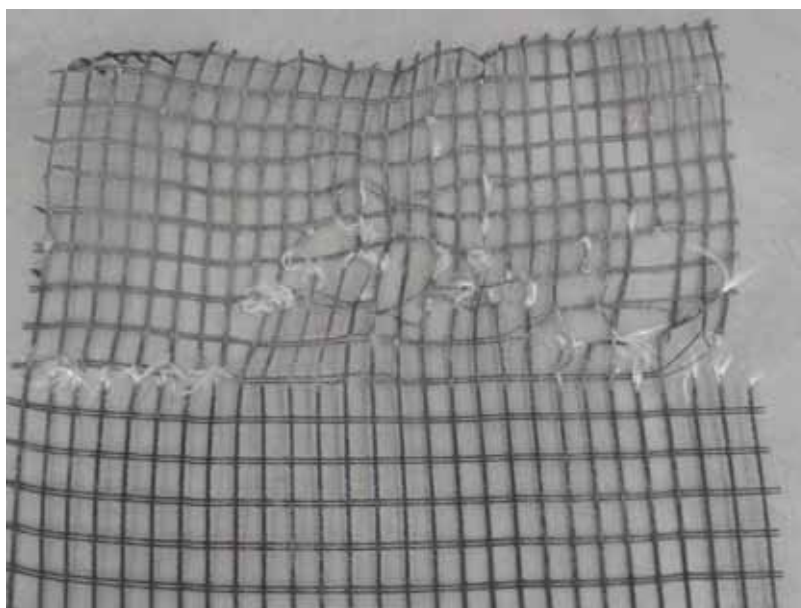
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 429 -Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 430 -Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



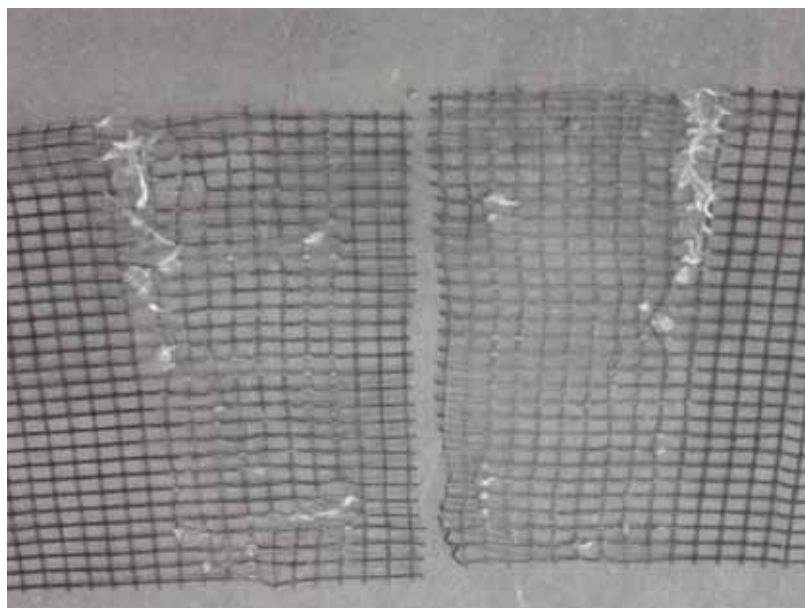
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 431 -Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 432 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



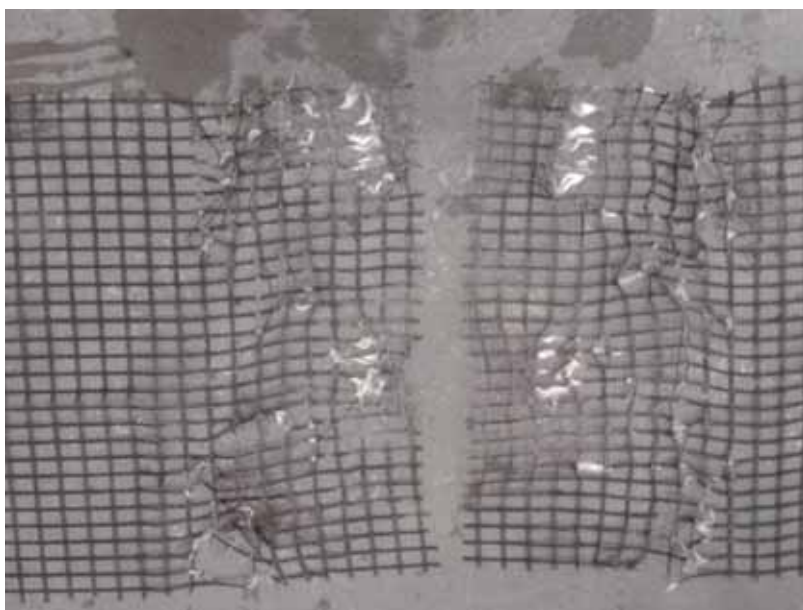
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 433 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 434 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



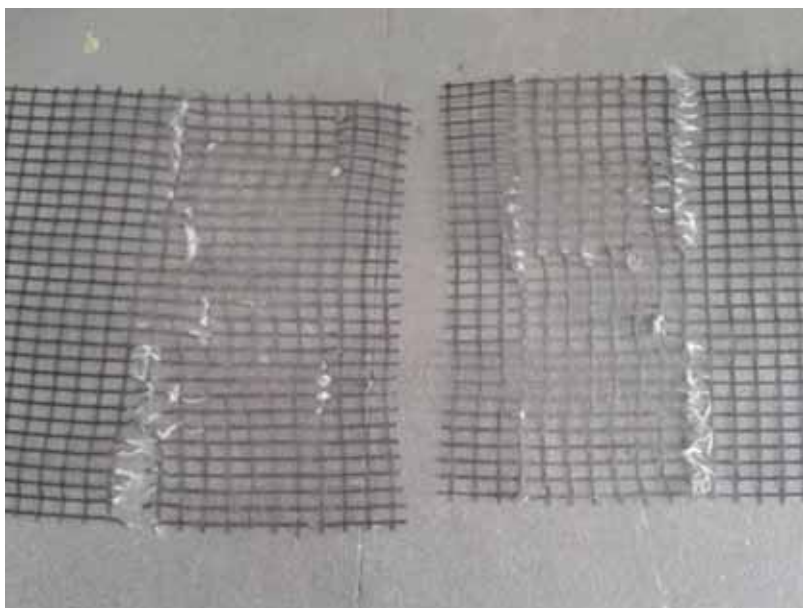
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 435 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



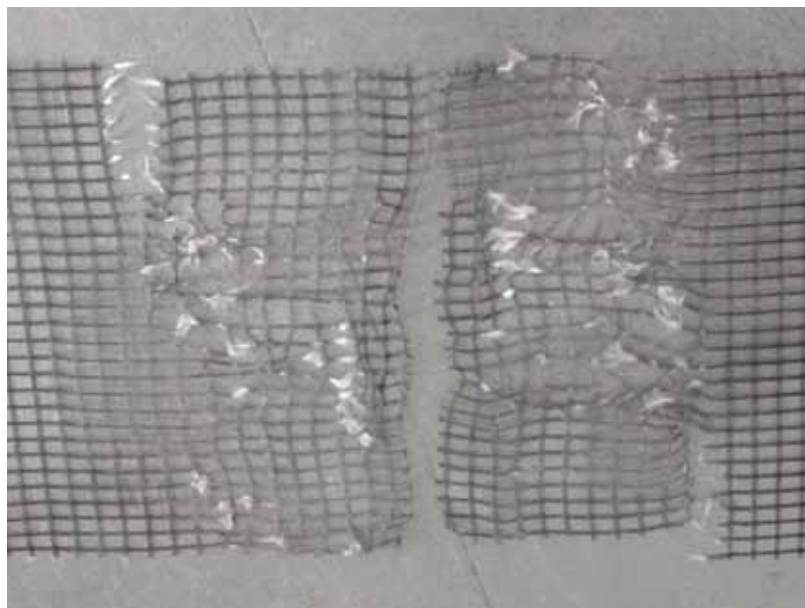
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 436 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



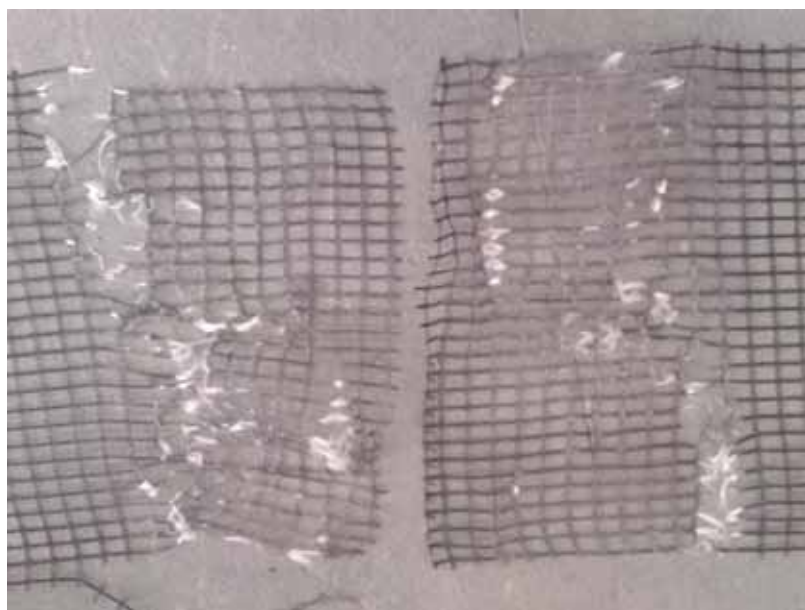
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 437 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



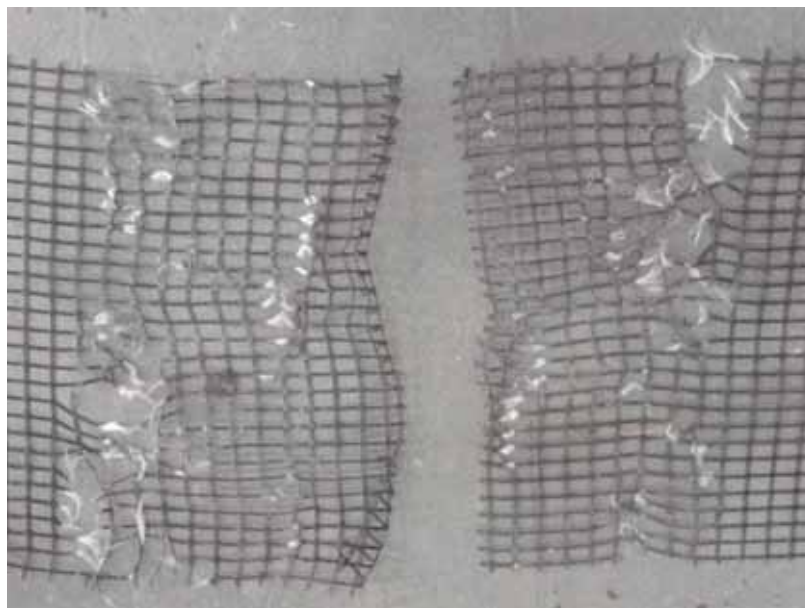
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 438 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



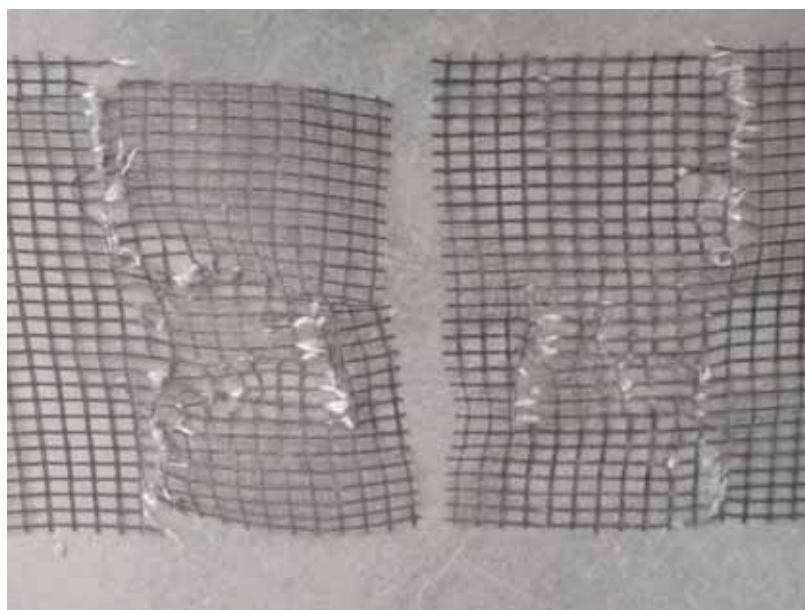
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 439 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



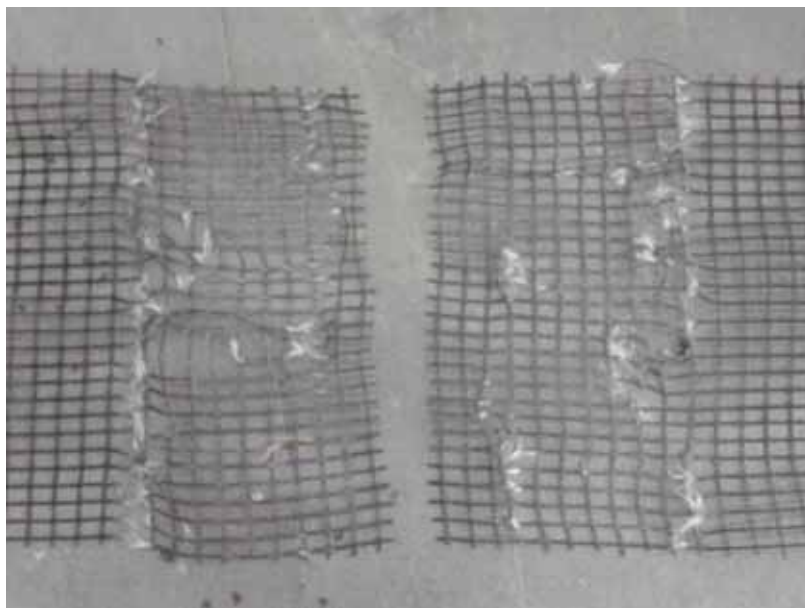
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 440 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



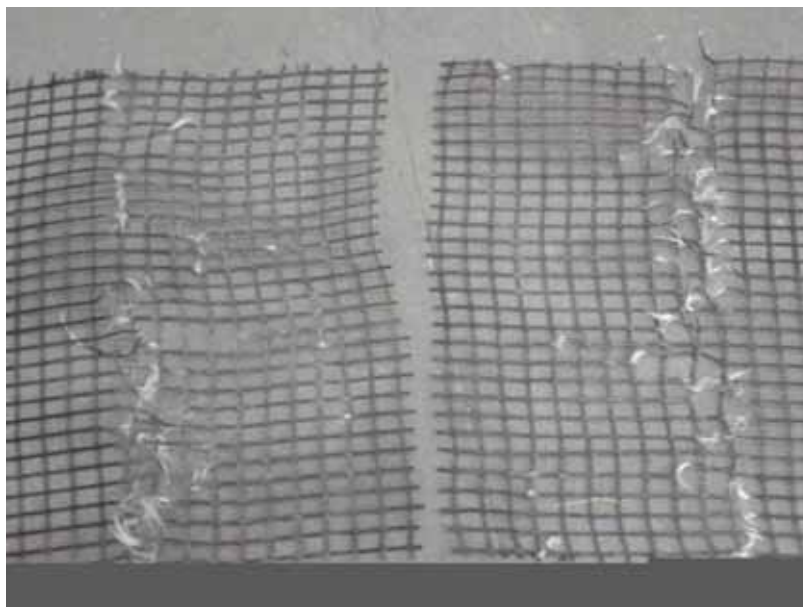
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 441 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



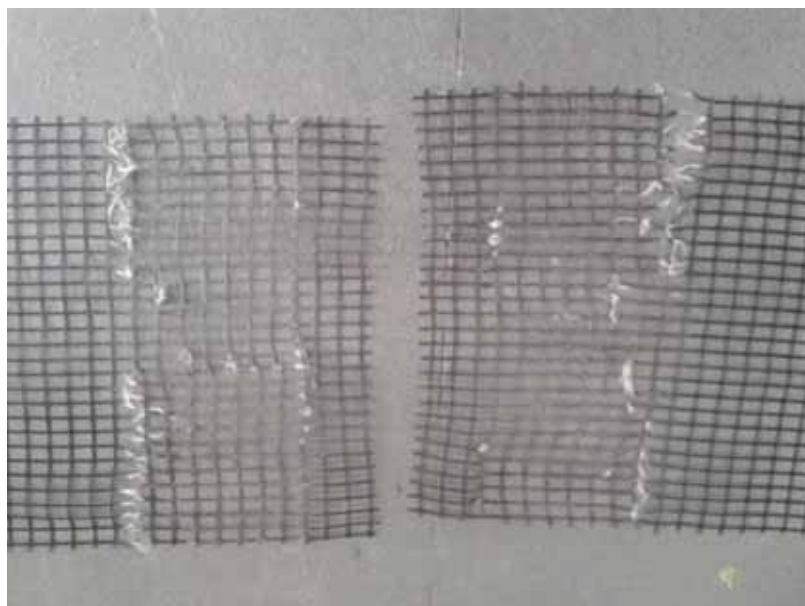
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 442 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



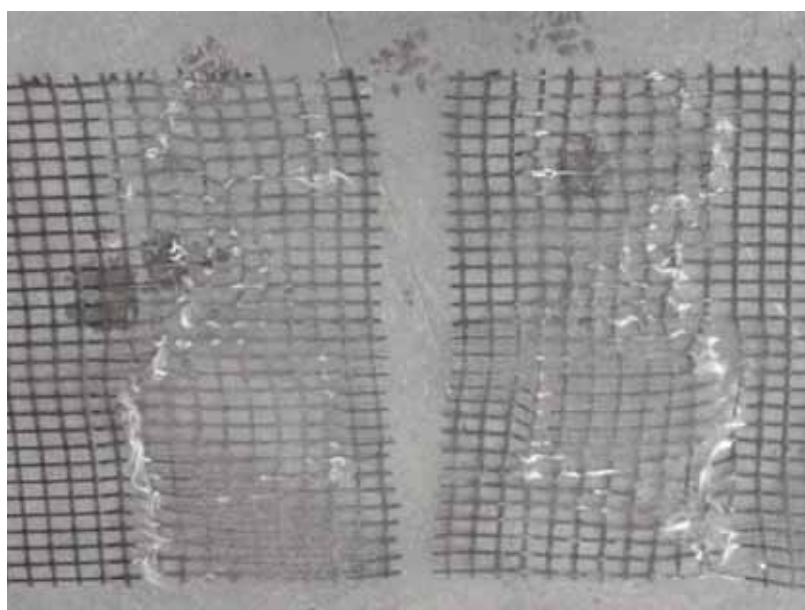
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 443 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



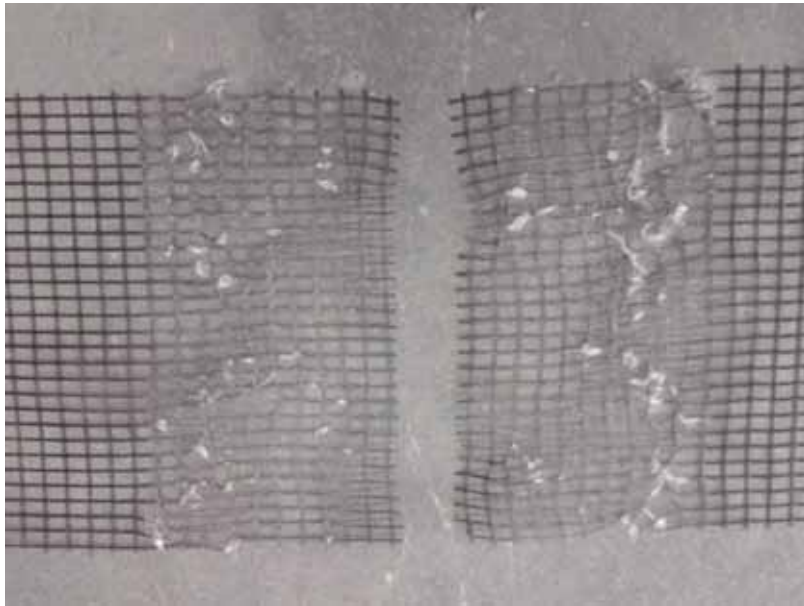
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 444 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

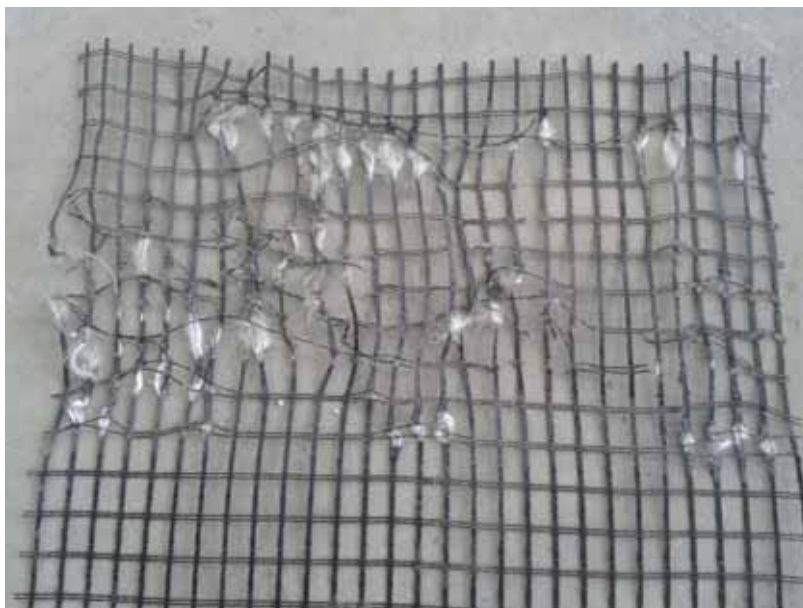
Figura 445 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 80/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

ANEXO L - Resultados fotográficos para a geogrelha modelo FORTRAC® M 110/30-20 com camada simples e dupla

Figura 446 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 447 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



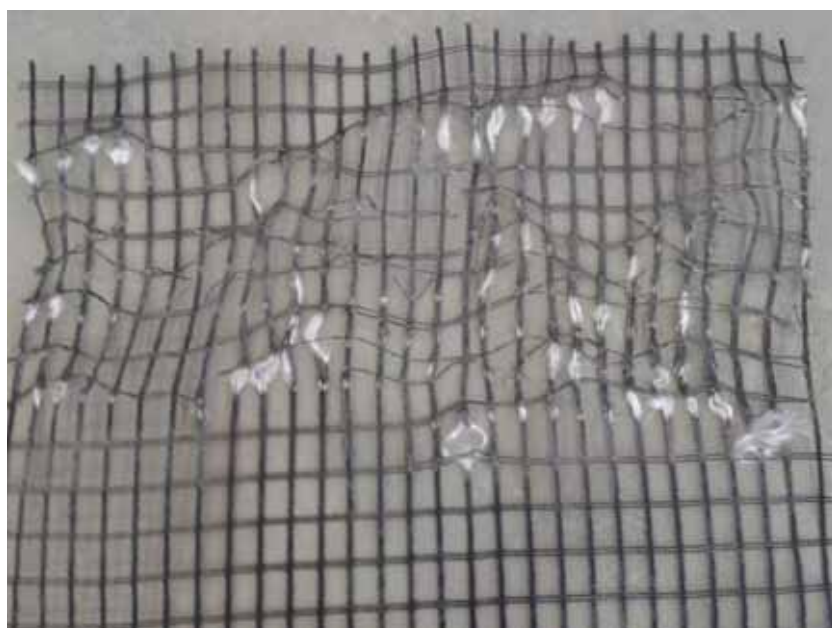
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 448 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 449 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



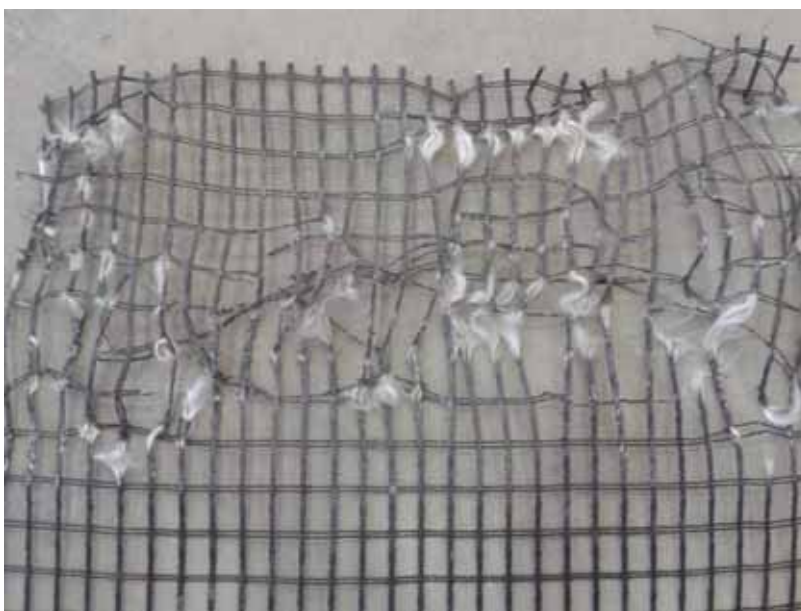
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 450 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 451 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 452 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 453 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 454 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 455 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)

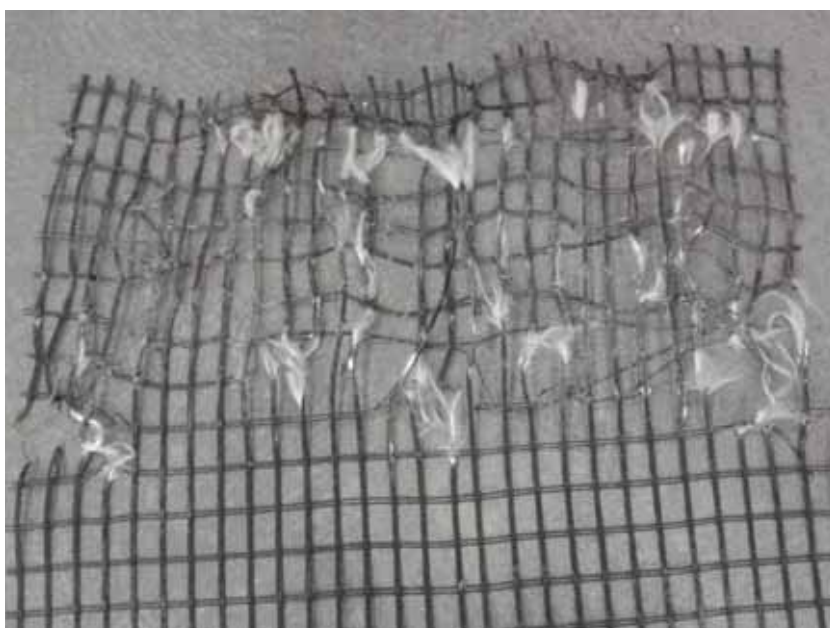
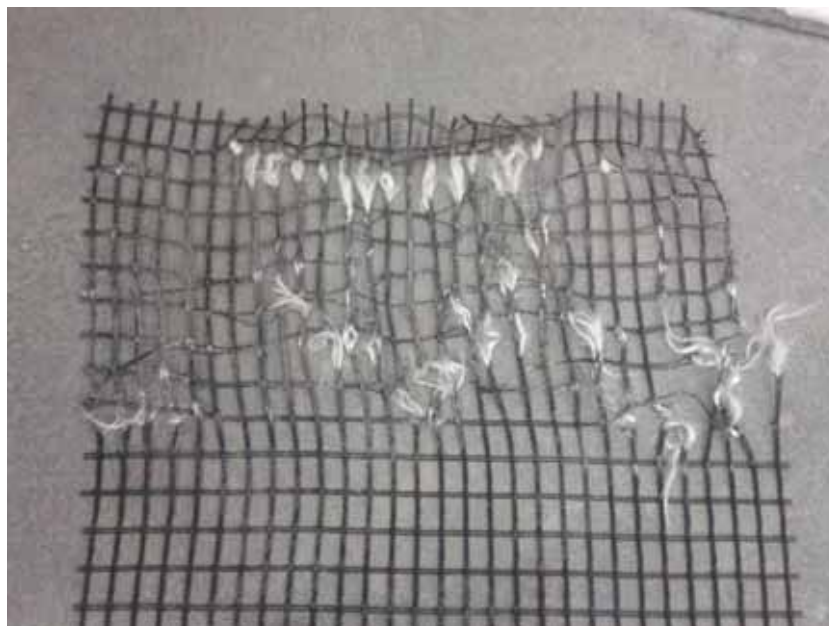
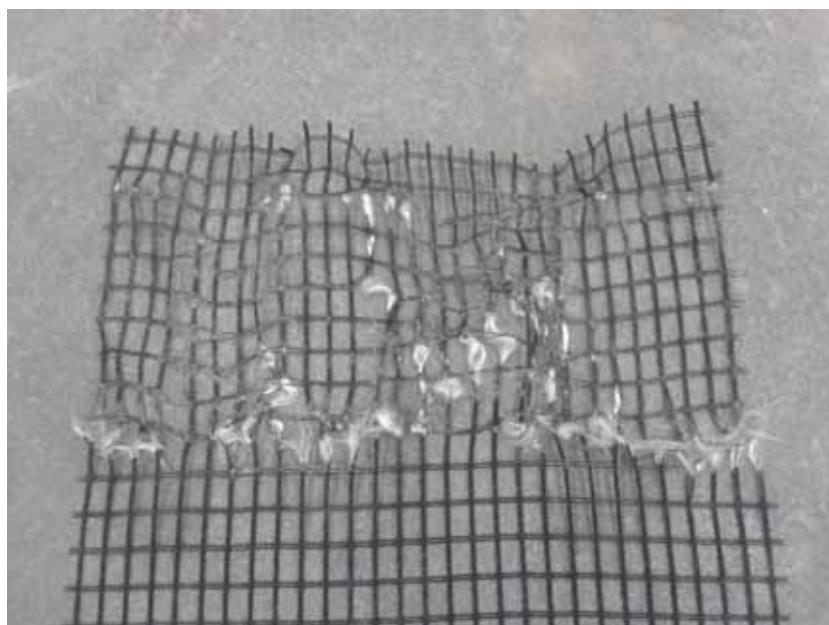


Figura 456 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 457 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 458 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



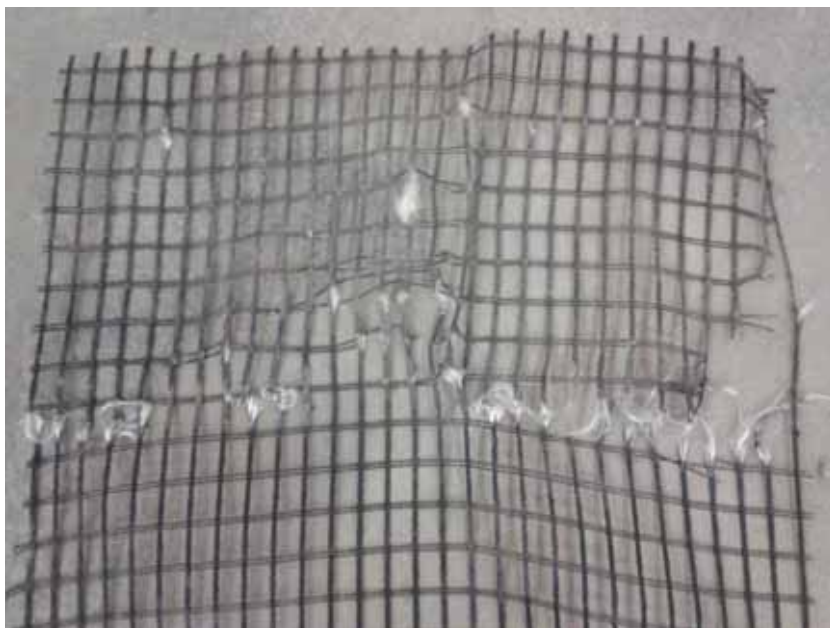
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 459 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 460 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Simples Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



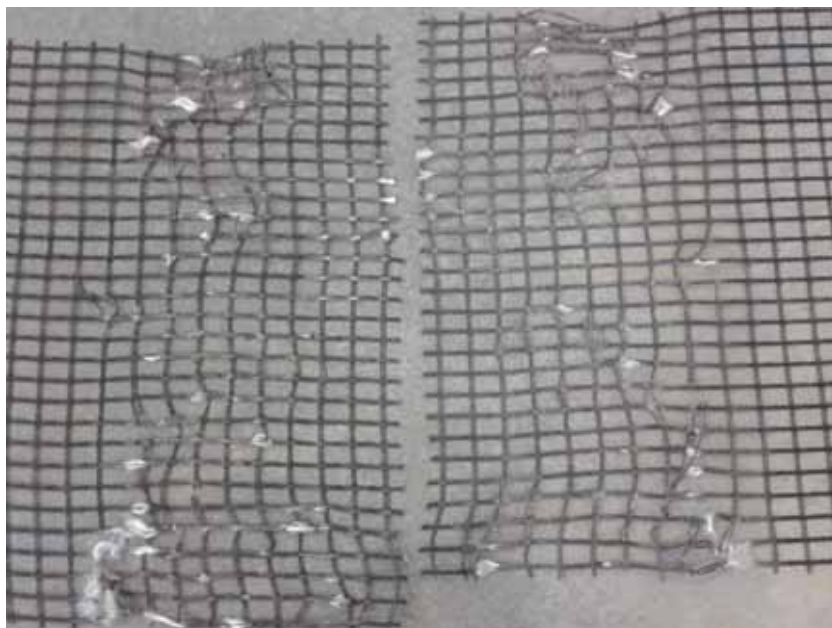
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 461 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 462 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 2)



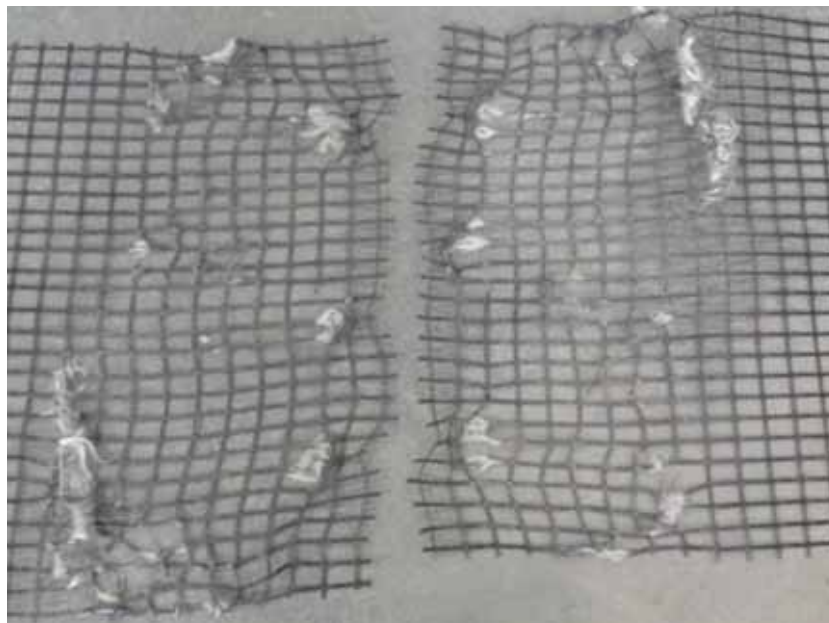
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 463 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 35 kPa (Ensaio 3)



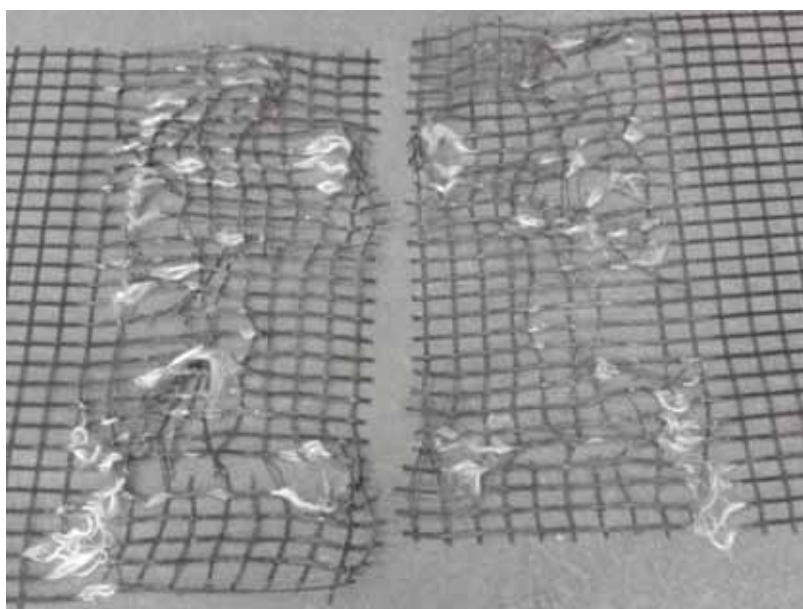
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 464 - Geogrelha Modelo Fortrac® M110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 465 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 2)



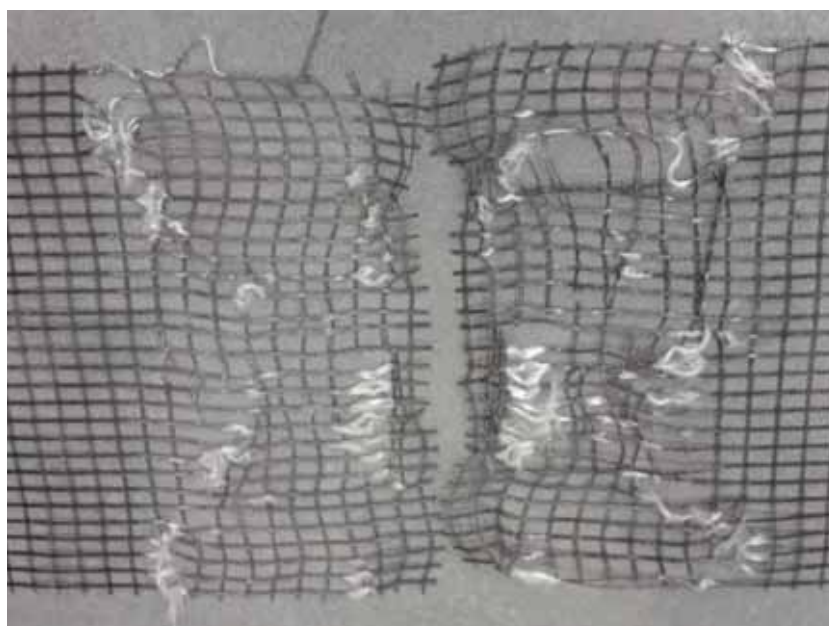
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 466 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 50 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 467 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 1)



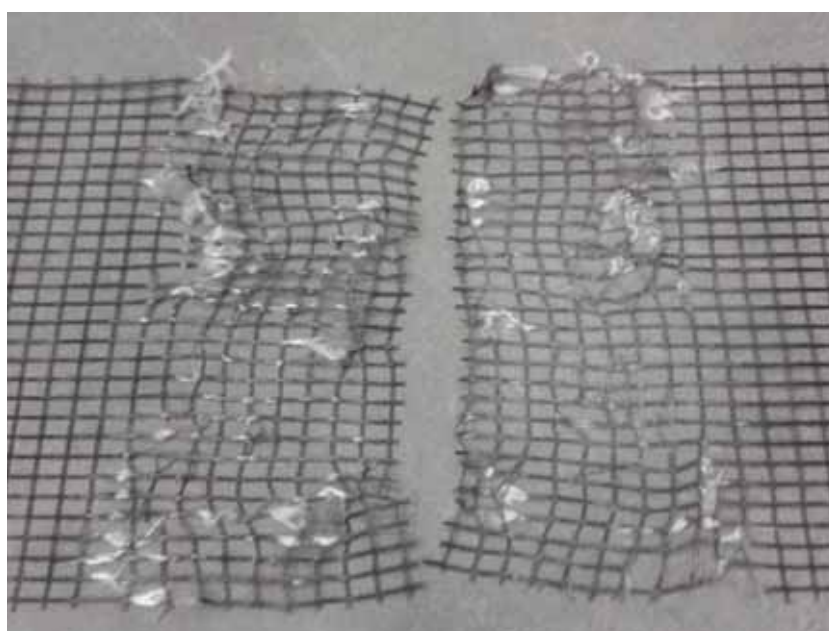
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 468 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 469 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 70 kPa (Ensaio 3)



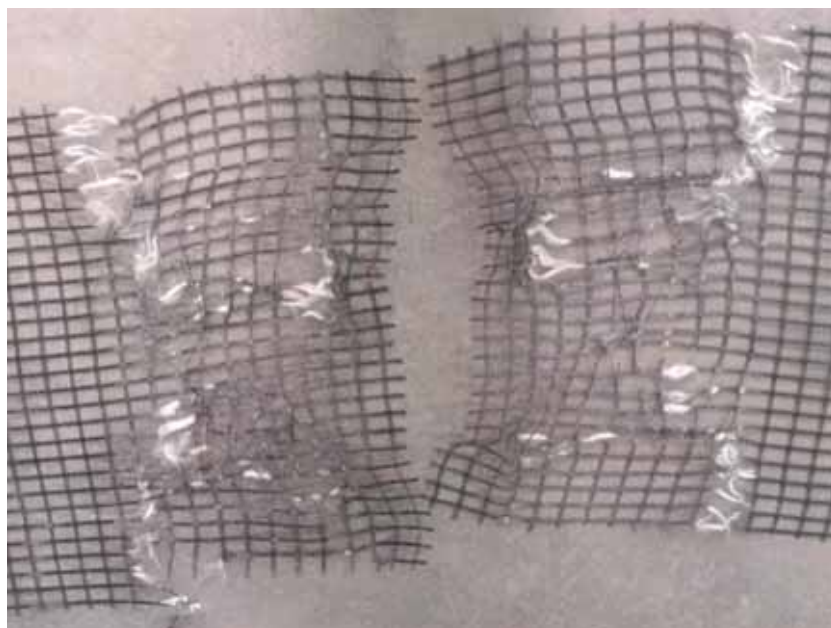
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 470 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 471 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 2)



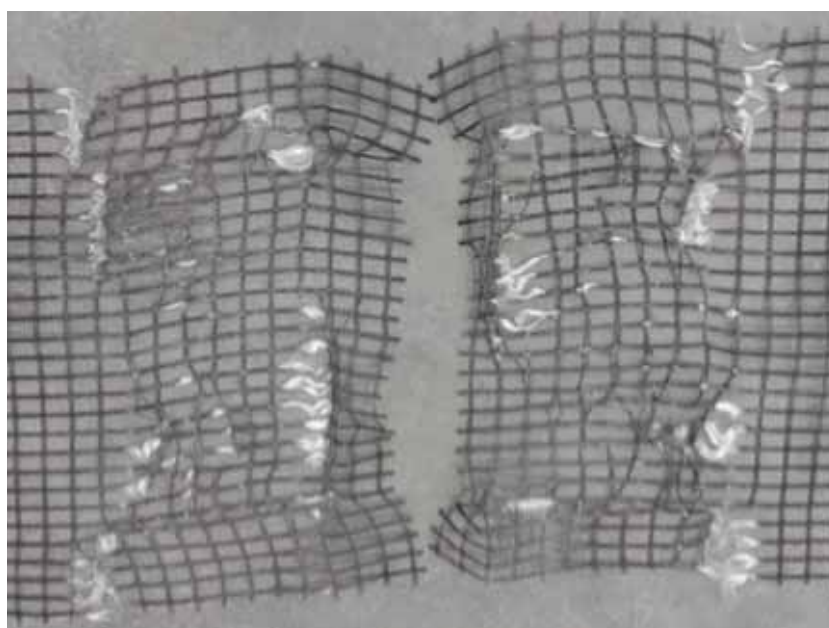
Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 472 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 85 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 473 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 1)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 474 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 2)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).

Figura 475 - Geogrelha Modelo Fortrac® M 110/30-20 Camada Dupla Sobrecarga de 100 kPa (Ensaio 3)



Fonte: (Elaborada pelo autor, 2015).