

DESENVOLVIMENTO DE GEOSSINTÉTICOS DERIVADOS DO BAMBU PARA REFORÇO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Emiliana de Souza Resende Guedes
emilianarezende@hotmail.com

Igor Silva dos Santos
igor125ed@gmail.com

Mayara Luana de Jesus Santos
mayaraluana.ml@gmail.com

Gabriel Paiva Lessa Lima
gabriel_paiva_lessa@hotmail.com

Resumo – Reforçar o solo consiste na introdução de elementos resistentes à tração, compensando dessa forma, a pouca resistência que o solo possui quanto a esse esforço. Materiais a base de polímeros são utilizados para esse fim, entre eles a geogrelha sintética. Dentro desse contexto, o presente trabalho buscou analisar a possibilidade de uso de uma geogrelha de bambu como alternativa de reforço de solo. Realizou-se ensaios de caracterização do solo e desempenho das estruturas através de provas de carga em equipamento de grande porte. Analisou-se o efeito da inclusão do reforço, a eficiência da geogrelha de bambu e o efeito da adição de mais linhas de reforço natural. Caracterizou-se o solo como uma areia com pouco pedregulho. Os ensaios de comportamento indicaram que a inclusão de um reforço sintético propicia um acréscimo de 142% na resistência do solo arenoso. A geogrelha de bambu foi 11,2% mais eficiente que a geogrelha sintética e demonstrou melhor comportamento quando submetida a maiores cargas. O aumento do número de linhas de reforço propicia um ganho na capacidade de carga do solo, porém, verificou-se que este efeito pode ser afetado pela compactação do solo nas aberturas da geogrelha e o nível de tensões transferidas nas linhas inferiores de reforço. A estrutura que apresentou melhor comportamento foi com inclusão de três geogrelhas de bambu, possibilitando um ganho na capacidade de carga 270,1% maior que a do solo natural.

Palavras-Chave: Reforço De Solo, Bambu, Geogrelha, Geossintéticos, Prova de Carga.

INTRODUÇÃO

Os solos têm como característica geral uma elevada resistência a compressão, porém eles possuem uma baixa resistência a tração. Reforçar o solo consiste na introdução de elementos resistentes à tração, compensando dessa forma, a pouca capacidade que o material possui quanto a esse esforço. Com essa ajuda do elemento de reforço, o solo aumenta a sua resistência e diminui a sua deformabilidade.

O uso de reforços de solo é uma boa solução para redução de custos de obras, principalmente estruturas de arrimo ou grandes contenções. O reforço também é bastante usado para estabilização de aterros, bases e sub-bases. Os elementos mais utilizados como reforço de solo são: solo-cimento, fibras naturais ou sintéticas e geossintéticos. Nos últimos tempos, o emprego de materiais geossintéticos, como reforços em estruturas de contenção tem sido cada vez mais aplicado. Os motivos para o crescente uso desses materiais são vários, pois são produzidos com adequado controle de qualidade e permitem que o processo executivo seja realizado de maneira rápida e simples. Ainda apresentam baixo custo, confiabilidade, resistência a recalques diferenciais e são ativadores do mercado de materiais de construção. (MORATORI, 2015). O bambu pode ser utilizado de diversas formas na construção, poupando assim a utilização de outros materiais e impedindo danos ao meio ambiente. Na Ásia temos os exemplos vivos mais antigos da arquitetura com bambu, em templos japoneses, chineses e indianos. Na

África também se encontram muitas habitações populares construídas com bambu (JUNIOR et al., 2009).

A alternativa proposta por esse trabalho é desenvolver um geossintético natural do tipo geogrelha, oriundo de tiras de bambu, que possa ser usado como reforço de solo, de forma sustentável.

O ensaio proposto para realização e comparação dos resultados nesse presente trabalho é o ensaio de prova de carga direta sobre placa (NBR 6489) por mostrar a tensão- deformação conseguindo estar mais relacionado com a capacidade de carga. Esse ensaio também necessita de equipamentos com grandes estruturas. Devido a necessidade de equipamentos específicos para realização desse trabalho, é proposto a montagem de um equipamento que possa realizar o ensaio de prova de carga direta (NBR 6489) com pequenas adaptações. A simulação desse ensaio permitirá uma avaliação do ganho de capacidade de carga proporcionada pela geogrelha desenvolvida.

MATERIAS E MÉTODOS

O Solo

O solo utilizado no presente trabalho foi coletado da área de estoque de materiais próximo ao campo de futebol do IFS Campus Aracaju (Figura 1).

Coletou-se aproximadamente 1.300 kg e para estocagem desse material foi construída uma baia de madeira instalada na área externa do Laboratório de Mecânica dos Solos do IFS Campus Aracaju.



Figura 1 – Visão geral do local de coleta do solo.

A Geogrelha Comercial

A Geogrelha comercial utilizada foi do tipo MacGrid WG90, fabricada pela empresa Maccaferri, especialista na fabricação de geossintéticos. Possui resistência longitudinal à tração de 90 kN/m e transversal de 30 kN/m, com maior abertura da malha de 3cm.

A Geogrelha de Bambu

Uma das propostas do trabalho foi desenvolver uma geogrelha não convencional, a partir da junção de tiras de bambu. As geogrelhas confeccionadas possuíam dimensões de 100 cm x 100 cm e abertura da malha aproximadamente de 10 cm (Figura 2). Para isso, adquiriu-se 5 bambus com comprimentos e diâmetros variados, proveniente da Fazenda Capim Açú, localizada no município de Rosário do Catete, rodovia SE-230.

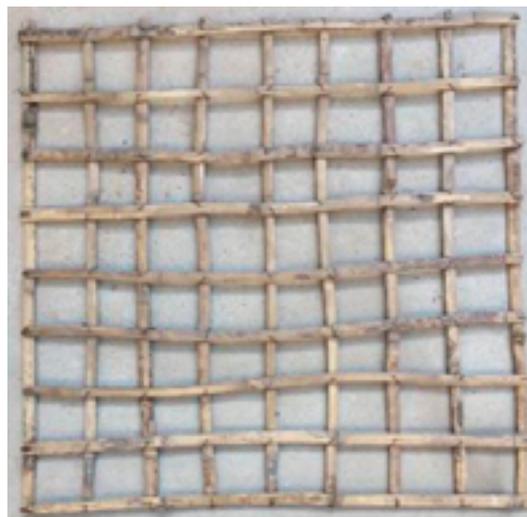


Figura 2. Visão geral das geogrelhas.

Equipamento Para Ensaio De Prova De Carga

Montou-se um equipamento de grande porte ao lado do Laboratório de Mecânica dos Solos do IFS Campus Aracaju. A estrutura consiste em um pórtico de reação, uma caixa para confinamento do solo e sistema de carregamento e instrumentação. (Figura 3)

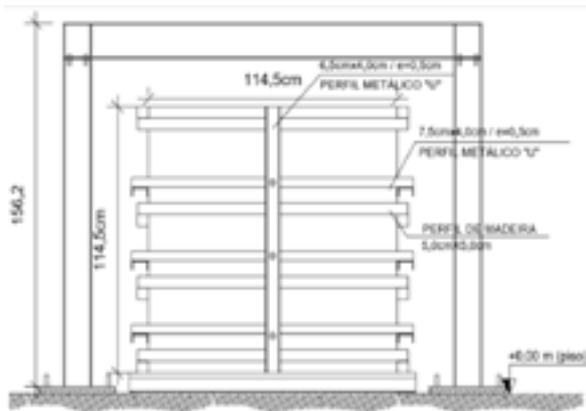


Figura 3. Desenho esquemático da caixa de confinamento e pórtico.

Sistema de Aplicação de Carga de Instrumentação

Como equipamento de carga, trabalhou-se com um macaco hidráulico, com capacidade de 100 kN, acionado à distância por uma bomba hidráulica manual.

Ensaio de Caracterização de Solo

O ensaio de análise granulométrica teve como base as diretrizes prescritas na NBR 7181 (ABNT, 2018). O ensaio de massa específica real dos grãos seguiu as prescrições normativas da NBR 6508 (ABNT, 1984) e o de índice de vazios mínimo e máximo que foram executados, respectivamente, pelas normas NBR 12051 (ABNT, 1991) e NBR 12004 (ABNT, 1990).

Ensaio de Prova de Carga Direta Sobre Placas

Os ensaios de prova de carga direta sobre placa foram executados com base nas diretrizes prescritas na NBR 6489 (ABNT, 1984).

Para o desenvolvimento desse trabalho foi proposto a realização de cinco configurações de ensaios:

1º Ensaio: Solo sem reforço (S);

2º Ensaio: Solo reforçado com uma geogrelha comercial (SGC1);

3º Ensaio: Solo reforçado com uma

geogrelha de bambu(SGB1);

4º Ensaio: Solo reforçado com duas geogrelhas de bambu(SGB2);

5º Ensaio: Solo reforçado com três geogrelhas de bambu(SGB3).

Todos os ensaios foram executados até que fosse alcançado um recalque máximo de 25 mm, observando também o aparecimento e propagação das fissuras na camada superficial do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos ensaios de caracterização, caracterizou-se o solo como uma areia com pouco pedregulho. Os resultados dos ensaios de caracterização estão apresentados na Tabela 1.

Propriedade	Valor
Massa específica dos	2,666 g/cm ³
Índice de vazios	1,166
Índice de vazios	1,956

Tabela 1 – Resultados da caracterização do solo.

Fonte: Os autores (2019).

Ensaio de Prova de Carga

Observa-se a seguir que a geogrelha de bambu, por ser um material muito rígido, possibilita com que a estrutura reforçada seja submetida a maiores estágios de carga devido ao fato do reforço aliviar as tensões transferidas ao solo de forma significativa em virtude da sua alta resistência atração.

A Figura 4 apresenta um comparativo dos resultados da prova de carga realizados no solo sem reforço, com uma geogrelha da Maccaferri e com uma geogrelha natural de bambu.

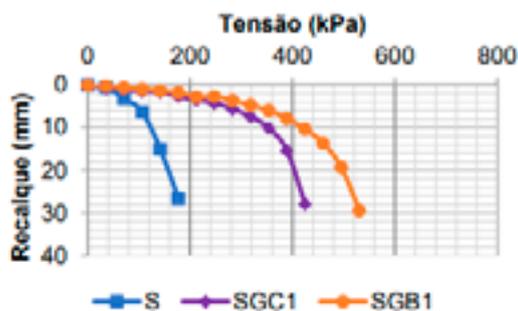


Figura 4 – Curva tensão x recalque do solo não reforçado (S) e do solo reforçado com uma geogrelha natural de bambu (SGB1) e comercial da Maccaferri (SGC1).

Percebe-se que, com os valores de tensões limites de cada ensaio, o ganho da capacidade de carga do solo, quando reforçado com geogrelha de bambu, foi de 199,5% e quando reforçado com geogrelha comercial de 142,0%. Com isso, calcula-se que o bambu consegue atingir resistência de 23,8% superior à geogrelha comercial.

Um comparativo entre todos os materiais ensaiados (Figura 5) demonstra que a melhor solução foi o reforço de solo com três linhas de geogrelha de bambu, ocasionando um ganho de capacidade de carga do solo de 270,1%.

Observa-se que o comportamento carga-recalque da geogrelha comercial é muito similar ao da geogrelha de bambu nos primeiros níveis de estágio de carga, porém em cargas mais elevadas o bambu se mostrou como material de reforço mais eficiente.

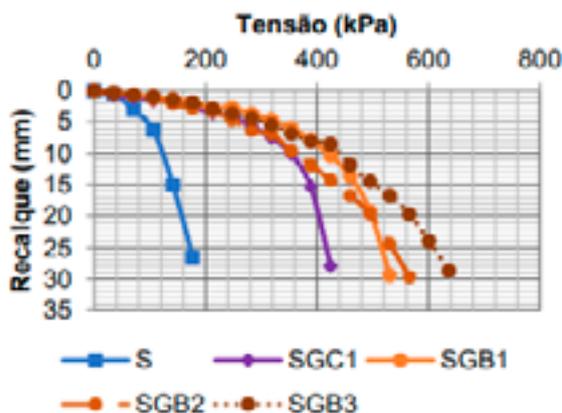


Figura 5 – Curva tensão x recalque de todos os materiais ensaiados

A Tabela 2 apresenta um resumo da capacidade de carga para um recalque de 25 mm das cinco configurações propostas. É apresentado também o ganho da capacidade de carga, quando comparado com o solo sem reforço.

Ensaio	Tensão (kPa)	% de ganho da capacidade de carga
S	172,0	-
SGC1	416,2	142,0%
SGB1	515,2	199,5%
SGB2	534,4	210,7%
SGB3	636,6	270,1%

Tabela 2 – Resumo dos resultados das tensões para o recalque de 25 mm.

Fonte: Os Autores.

CONCLUSÕES

Em relação ao desempenho das estruturas reforçadas, concluiu-se que:

A geogrelha de bambu mostrou-se muito eficiente com relação ao aumento da capacidade de carga do solo e, conseqüentemente, na redução dos recalques em todos os estágios de carregamento. Quando comparada a geogrelha comercial (Maccaferri), percebeu-se que o bambu, nos maiores estágios de carga, impõe a estrutura elevadas resistências em detrimento a menores recalques. Isso foi comprovado nos valores do fator de melhora do solo, sendo 2,42 com o uso de geogrelha comercial e 2,99 com uso da geogrelha de bambu.

Mesmo com o efeito de redução da tensão em camadas mais profundas, os ensaios demonstraram que a melhor solução foi o reforço de solo com três linhas de geogrelha de bambu, que possibilitou um aumento 270,1% na resistência do solo arenoso, ou seja, um fator de melhora de 3,70.

Como descrito, a geogrelha de bambu possui plenos requisitos para ser utilizado como reforço de um solo com baixa resistência, porém, devido ao desconhecimento da durabilidade do material

em obras enterradas, recomenda-se o seu uso somente no caso de obras provisórias, como exemplo, aterros para acessos de obras viárias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6489: Prova de carga direta sobre terreno de fundação. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12004: Solo - Determinação do índice de vazios mínimo de los não-coesivos - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12051: Solo - Determinação do índice de vazios máximo de solos não-coesivos - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991.

JUNIOR, Alfredo B. T.; KENUPP, Leonardo K.; CAMPOS, Rodrigo Q. *Utilização de bambu na construção civil – uma alternativa ao uso de madeira*. Revista Ciências do Ambiente OnLine, v. 5, n. 1. Jul., 2009.

MORATORI, J. *Monitoração de um Muro de Solo Reforçado com Geogrelhas*. 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pósgraduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.