Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.1,n.1, 2019/01

ISSN 2178-6925

AVALIAÇÃO DA RESISTENCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DO SOLO UTILIZANDO GRELHA DE BAMBU COMO REFORÇO

EVALUATION OF RESISTANCE TO SIMPLE SOIL COMPRESSION USING BAMBOO GRID AS REINFORCEMENT

Eva Priscila Cardoso

Eng. Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Brasil

E-mail: evapcardoso@hotmail.com

Ana Cecília Estevão

Mestre, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Brasil

E-mail: anacestevao@cefetmg.br

Thiago Bomjardim Porto

Doutor, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Brasil

E-mail: thiago.porto@cefetmg.br

Lucas Stofel Gonzaga

Eng. Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Brasil

E-mail: lucas.gonzaga@cefetmg.br

Resumo

A técnica construtiva em solo reforçado é um dos métodos executivos mais antigos, alcançando condição industrial no início da década de 70. Patenteada pelo Professor Henry Vidal, conhecida mundialmente como terra armada, trata-se da execução de uma estrutura de contenção em solo reforçado com fitas metálicas e

paramento frontal em placas de concreto. Reforço de solo consiste em associar ao mesmo um material adequado para resistir a elevados esforços de tração, compressão, flexão e/ou cisalhamento, com intuito de melhorar a estabilidade, aumentar resistência e reduzir a deformidade do maciço. Atualmente, é crescente na construção civil a busca por materiais sustentáveis de baixo custo. Considerando o desempenho de suas propriedades químicas, físicas e mecânicas várias pesquisas concluíram ser o bambu um material de reforço natural, com grande potencial para melhoria e estabilização do solo. Neste contexto, o principal objetivo desta pesquisa é a avaliação da utilização do bambu da espécie *Bambusa vulgaris vittata,* em formato de grelha, como reforço de um solo silte arenoso. Para isso foram realizados ensaios de caracterização do solo com o qual foi possível descobrir que se tratava de um silte arenoso, através do ensaio de compactação obteve-se uma umidade ótima de 20,7%. Para os ensaios de compressão simples foram moldados corpos de prova (CPs) com solo puro e com a inclusão de bambu entre as camadas, obtendo como resultado um aumento de 24% da resistência à compressão simples e uma diminuição de 15% da deformação axial específica, nos CPs com o bambu em formato de grelha, se comparados aos resultados obtidos nos CPs com apenas solo.

Palavras-chave: Reforço de solo; Geotecnia Sustentável; Bambu.

Abstract

The constructive technique in reinforced soil is one of the oldest executive methods, reaching an industrial condition in the early 1970's. Patented by Professor Henry Vidal, known worldwide as an armored land, it involves the execution of a containment structure in reinforced soil with metal strips and front facing on concrete slabs. Ground reinforcement consists of associating with it a suitable material to withstand high tensile, compression, bending and / or shear stresses, in order to improve stability, increase strength and reduce mass deformation. Currently, the search for low-cost, sustainable materials is growing in construction. Considering the performance of its chemical, physical and mechanical properties, several researches concluded that bamboo is a natural reinforcement material with great potential for soil

improvement and stabilization. In this context, the main objective of this research is the evaluation of the use of bamboo of the species *Bambusa vulgaris vittata*, in grid format, as reinforcement of a sandy silt soil. For this, soil characterization tests were performed with which it was possible to discover that it was a sandy silt. The optimum humidity of 20.7% was obtained through the compaction test. For the simple compression tests, specimens proof body (PBs) with pure soil and with the inclusion of bamboo between the layers were molded, resulting in a 24% increase of the simple compressive strength and a 15% decrease of the specific axial deformation , in the PBs with the bamboo in grid format, when compared to the results obtained in PBs with soil only.
Keywords: Reinforcement of soil; Sustainable Geotechnics; Bamboo.

1. Introdução

Segundo Benjamim (2010), técnicas de reforço de solo são frequentemente utilizadas na engenharia, no intuito de melhoria da resistência do solo. Isso ocorre, pois nem sempre os terrenos destinados às obras apresentam características que atendem às especificações de projeto.

Reforço de solo é definido por Sousa (2001) como um processo de associação do maciço terroso a um material adequado para resistir a elevados esforços de tração, compressão, flexão e/ou cisalhamento. De acordo com Casagrande (2005), esse material, quando convenientemente orientado, aumenta a resistência e diminui a deformabilidade do maciço. Neste método, o comportamento global do maciço é melhorado através da transferência dos esforços atuantes nele, para os elementos resistentes.

Sousa (2001) relata que os objetivos da inserção de reforços no solo são alcançados quando ocorre o aumento da estabilidade da estrutura e/ou redução da deformabilidade do maciço. Para isso Casagrande (2005) cita as fitas metálicas, mantas, geotêxteis, geogrelhas, malhas de aço e fibras como materiais aplicáveis.

Festugato (2008) relata que várias técnicas de melhoramento das características e comportamento do solo já são conhecidas e empregadas, e, embora antigo, esse é um dos métodos executivos mais intrigante da engenharia

civil.

De acordo com Devi e Jepen (2016), a crescente urbanização e industrialização, tem gerado uma grande preocupação quanto à melhoria e estabilização do solo. Neste cenário, o bambu, considerando desempenho em relação aos esforços mecânicos, disponibilidade e facilidade de plantio, se apresenta como um potencial material de reforço natural para esse fim.

De forma geral o bambu é um material constituído de fibras de celulose, longas e alinhadas, imersas em uma matriz lignina (GHAVAMI e MARINHO, 2005). Apresentando resistência a tração longitudinal às fibras, com valor variando entre 40 MPa e 215 MPa, dependendo da espécie ensaiada, e valores de compressão entre 20 MPa e 120 MPa, com ensaios de compressão normal às fibras (BARROS; SOUZA,2004).

Em relação ao aço, o bambu alcança resistências consideráveis, porém não possui propriedades consistentes. Essa inconsistência está relacionada à: espécies de bambu, idade do colmo, teor de umidade, pré-tratamento, tempo e método de colheita e solo no qual é cultivado (GOSHIME, 2015).

O mesmo autor relata que muitas pesquisas têm sido desenvolvidas buscando mensurar as propriedades do bambu em várias maneiras de aplicação, porém não há uma padronização dos métodos de teste utilizados. Apesar disso, os estudos realizados sobre as principais variáveis como módulo de elasticidade e resistência à tração estão bem documentados, proporcionando valores realistas e seguros, podendo esses serem admitidos para fins de projeto, sujeitos a verificações feitas em amostras de bambu.

Mustapha (2008) realizou testes em um solo laterítico que foi reforçado com 1, 2 e 3 amostras de bambu. Os testes foram realizados em laboratório para avaliar sua resistência à compressão não confinada e módulo de rigidez.

Os corpos de prova de solo foram moldados em forma cilíndrica de 38 mm de diâmetro e 76 mm de altura e os bambus utilizados foram cortados em placas circulares de 34 mm de diâmetro e 3 mm de espessura. Foram realizados testes com corpos de prova de solo contendo zero amostra de bambu, com uma amostra de bambu no centro (1 bambu), com duas amostras de bambu no topo e um no fundo (2 bambus) e com três amostras de bambu no topo, no centro e na base (3

bambus).

Os resultados obtidos foram, uma diminuição da densidade seca de 1,64 g / cm³ em corpos de prova com nenhum bambu para 1,47 g / cm³ em corpos de prova com 3 bambus. Porém houve um aumento significante da resistência de compressão não confinada, aumentando de 226 kPa para corpos de prova com 0 de bambu, para 621 kPa em corpos de prova com 3 bambus. Além disso o módulo de rigidez também aumentou com amostras de bambu.

Um experimento muito semelhante foi realizado por Goshime (2015), porém as amostras do bambu foram aparadas em placas quadradas de 24 mm de lado e 3 mm de espessura.

Os resultados obtidos foram, uma diminuição da densidade seca dos corpos de prova moldados, de 1,41g / cm³ para amostras com zero bambu, para 1,35 g / cm³ em três amostras de bambu, um aumento da resistência a compressão do solo, passando de 278,96 kPa em 0 bambus para 381,71 kPa em três amostras de bambu, ocorrendo também um aumento do módulo de rigidez.

Considerando que o principal objetivo do reforço do solo é melhorar a estabilidade, aumentar o módulo de rigidez e aumentar a resistência do solo, os resultados encontrados sugerem que o bambu possa ser utilizado como reforço de solo, podendo substituir o aço.

O bambu utilizado para a execução da pesquisa aqui relatada é da espécie *Bambusa vulgaris vittata,* conhecido também como bambu brasileiro, segundo Mota *et al.* (2017), essa é uma das espécies mais comuns no solo brasileiro, apresentando boa adaptação em quase todo território, sendo os estados de maior incidência o Acre, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

O autor destaca ainda que esta espécie, apresenta propriedades mecânicas médias de 0,74 g/cm³ de massa específica (ρ), 49,36 MPa de resistência à compressão e 126 MPa de resistência à tração. Os ensaios para determinação das propriedades mecânicas do bambu foram realizados na base, meio e topo do colmo. Como não houve diferenças significativas entre as partes do colmo, foram adotados os valores médios de cada grandeza.

Neste contexto, o principal objetivo da pesquisa aqui relatada foi a avaliação da utilização do bambu da espécie *Bambusa vulgaris vittata,* em formato de grelha,

como reforço de um solo silte arenoso. Buscou-se contribuir para uma melhor compreensão e interpretação do comportamento do solo reforçado com bambu, de forma a potencializar o uso desse material em obras de aterros, reforço de fundações e estradas florestais.

2. Metodologia

Foram coletados aproximadamente 40 Kg de solo para caracterização física do solo silte arenoso e ensaio de compressão simples A coleta foi realizada em um sítio localizado na Rua Sinval Lima, número 238, bairro Jardim São Geraldo, no Município de Inimutaba, MG, tendo característica predominantemente siltosa, bem graduado. As amostras de solo foram retiradas de um talude recentemente cortado no terreno de aproximadamente 2 metros de altura, a fim de evitar contaminação do solo com matérias orgânicas, a coleta foi realizada de acordo com as recomendações da *NBR 9604/ 2016*.

A coleta do bambu *Bambusa vulgaris vittata* ocorreu no mesmo local que o solo, no mês de julho, que segundo Padovan (2010), é a época mais apropriada por se tratar de uma época mais seca do ano, onde os colmos apresentam menores concentrações de água e amido. Os colmos foram cortados com foice e facão, à altura do segundo nó, logo acima do diafragma, para impedir o acúmulo de água, o que causaria apodrecimento da raiz, conforme indica Padovan (2010).

Foram utilizadas as partes inferior e mediana dos colmos coletados, já que as características mecânicas dessa espécie não variam de forma significativa em diferentes pontos do colmo.

Para tratamento do bambu foi utilizado o método de secagem, os colmos foram apoiados em um compartimento arejado conforme as especificações feitas por Pereira Neto *et al* (2009), deixou-se escorrer e evaporar a seiva dos colmos durante aproximadamente treze semanas.

Após tratados os colmos foram levados até a serralheria, onde foram seccionados com 65 mm e com formato de meia cana e cortados em taliscas como ilustra a Figura 1.

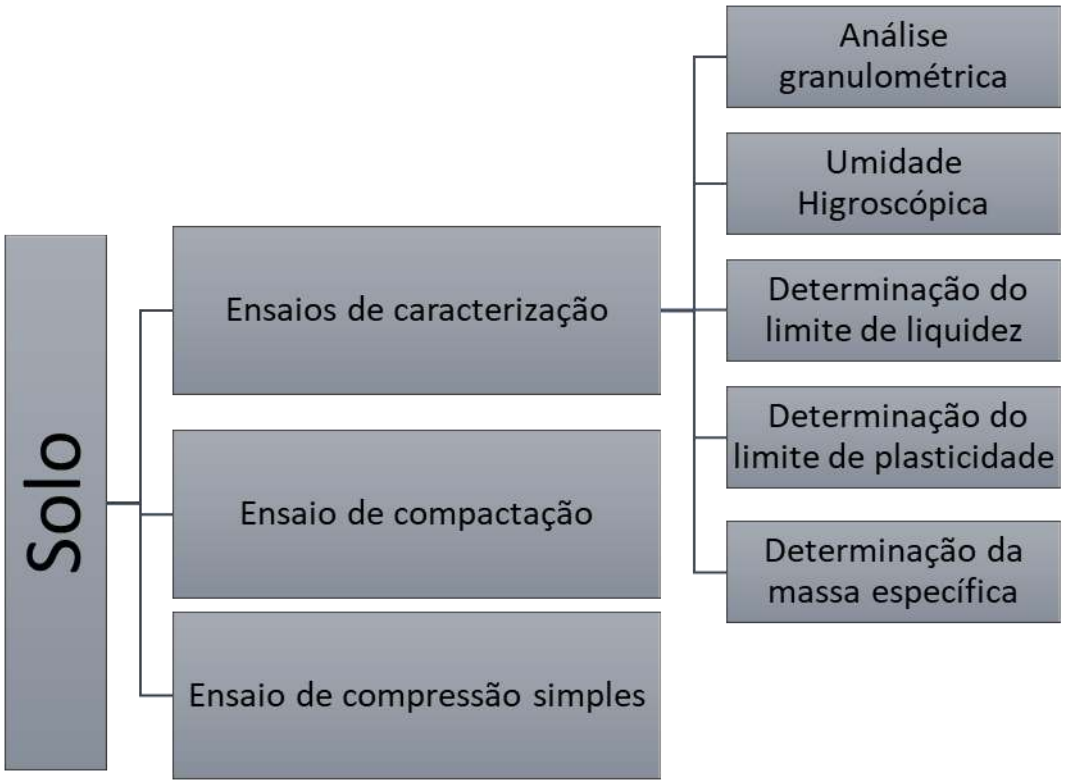
Figura 1: Secção dos colmos
(a) Secção dos colmos (b) Secção dos colmos em taliscas



Fonte: Arquivo Pessoal

Para o estudo em questão, foram realizados 5 tipos de ensaios para a caracterização completa do solo, ensaio de compactação e ensaio de compressão uniaxial, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Fluxograma dos ensaios realizados



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o ensaio de compressão uniaxial foram ensaiados 5 corpos de prova de

solo puro, sem adição de bambu, e 5 com adição da grelha de bambu.

Para a caracterização do solo foram preparadas amostras obedecendo a Norma Brasileira *NBR-6457/2016*. Após isso, foram realizados os ensaios para a caracterização do solo, em conformidade as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Para assim ser possível determinar o tipo de solo e seus parâmetros de resistência.

Para a determinação do teor de umidade ótima do solo silte arenoso, foi realizado o ensaio de compactação do solo de acordo com as recomendações da *NBR 7182/2016*. Realizando compactação dinâmica através do Ensaio Proctor com Energia Normal, amostras de solo preparadas secas previamente e molde com volume aproximado de 1000 cm^3.

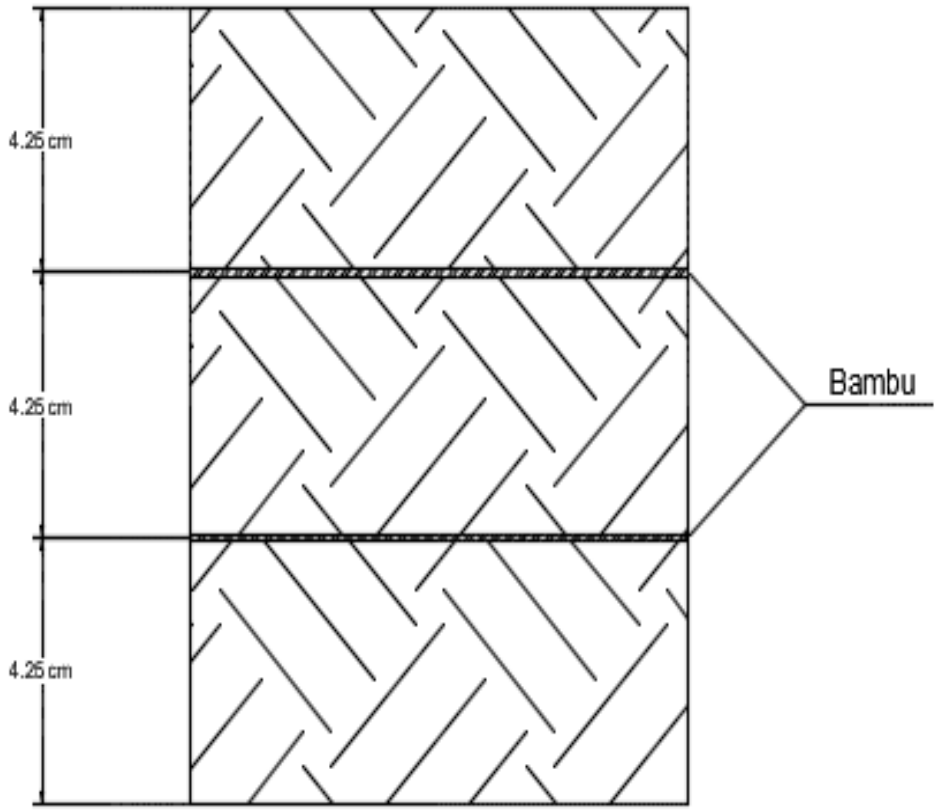
Para mensurar a resistência à compressão simples do solo puro e do solo com bambu *Bambusa vulgaris vittata* incluso, foi realizado o ensaio de compressão uniaxial, em conformidade com a NBR *12770 /1992*. Por meio dos relatórios gerados pelo *software* Bluehill 3, acoplado a máquina universal para ensaios mecânicos de tração, compressão e flexão EMIC - Modelo 23-30 com capacidade de carga de 300 kN, foi realizada uma análise comparativa das amostras ensaiadas e para uma demonstração mais clara dos resultados, foram gerados gráficos no *software Microsoft Excel*.

Foi realizada uma avaliação dos resultados por meio do desvio padrão, da média e do coeficiente de variação. O coeficiente de variação é definido como o quociente entre o desvio padrão e a média. A distribuição do coeficiente de variação (CV) gera a possibilidade de estabelecer faixas de valores que guiam os pesquisadores sobre a legitimidade de seus experimentos. Valores de CV menores que 10% são considerados baixos, entre 10 e 20%, médios, entre 20 e 30%, altos, e quando são superiores a 30% são considerados muito altos (PIMENTEL-GOMES, 1985). Sendo sua vantagem a possibilidade de caracterizar a dispersão dos dados em termos relativos ao seu valor médio.

Para a realização do ensaio de compressão uniaxial, foram utilizados CPs confeccionados a partir dos moldes cilíndricos pequenos do Ensaio de Compactação. As dimensões dos corpos de prova foram de aproximadamente 10 cm de diâmetro e 12,75 cm de altura totalizando um volume de 1000 cm^3.

A compactação dos corpos de prova foi realizada em 3 camadas com 26 golpes do soquete pequeno em cada camada, de acordo com a especificação da *NBR 7182/2016*. Os corpos de prova com a incorporação do bambu foram compactados da mesma maneira, porém foram adicionadas grelhas de bambu *Bambusa vulgaris vittata* entre a primeira e a segunda e entre a segunda e terceira como ilustra a Figura 3.

Figura 3: Disposição do bambu no solo

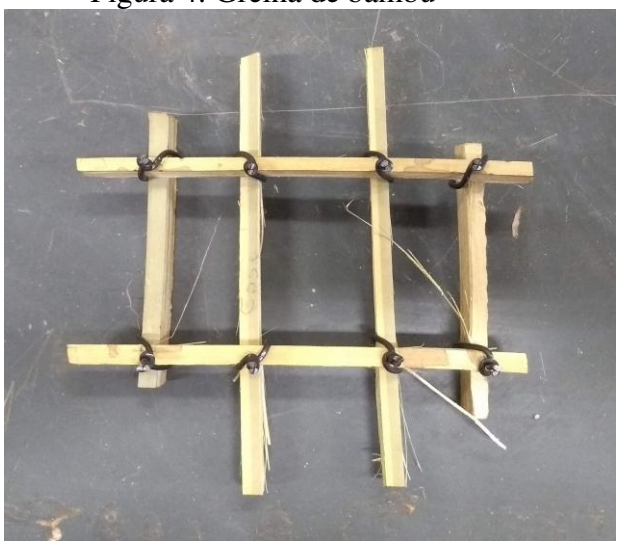


Fonte: Elaborado pela autora

Após o processo de compactação, a superfície do material à altura do molde foi aplanada com a régua biselada e os corpos de prova foram extraídos e identificados.

A grelhas de bambu foram confeccionadas realizando o travamento de uma talisca à outra por meio de arame recozido, como ilustra a Figura 4. Essas foram inclusas ao solo, mudando o sentido entre uma camada e outra, compactadas e comprimidas no ensaio de compressão uniaxial.

Figura 4: Grelha de bambu



Fonte: Arquivo pessoal

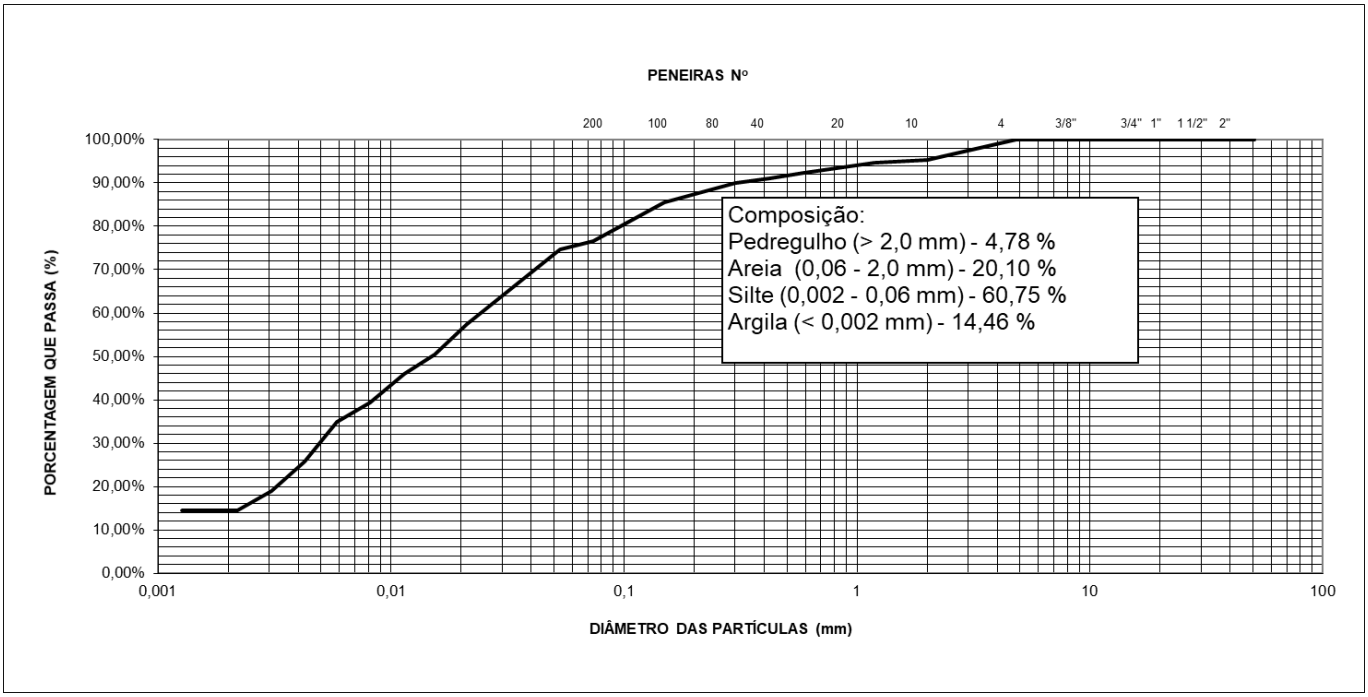
As amostras dos ensaios foram compactadas dinamicamente na umidade ótima, com variação admissível de ±3%, conforme as especificações gerais do DNIT, entre elas, a especificação de serviço 108 ES - Terraplanagem e Aterros (2009), que determinam que a compactação no campo seja feita com uma variação máxima de ±3% em relação à umidade ótima.

3. Resultados e Discussão

A análise granulométrica do solo da região da cidade de Inimutaba/MG, foi executada pela combinação do ensaio de sedimentação e peneiramento.

Após os cálculos recomendados pela *NBR 7181/2016*, foi confeccionada a curva de distribuição granulométrica (Gráfico 1). Através da análise da curva, foi possivel observar que o solo ensaiado é um silte arenoso bem graduado, com pouca argila.

Gráfico 1: Curva Granulométrica



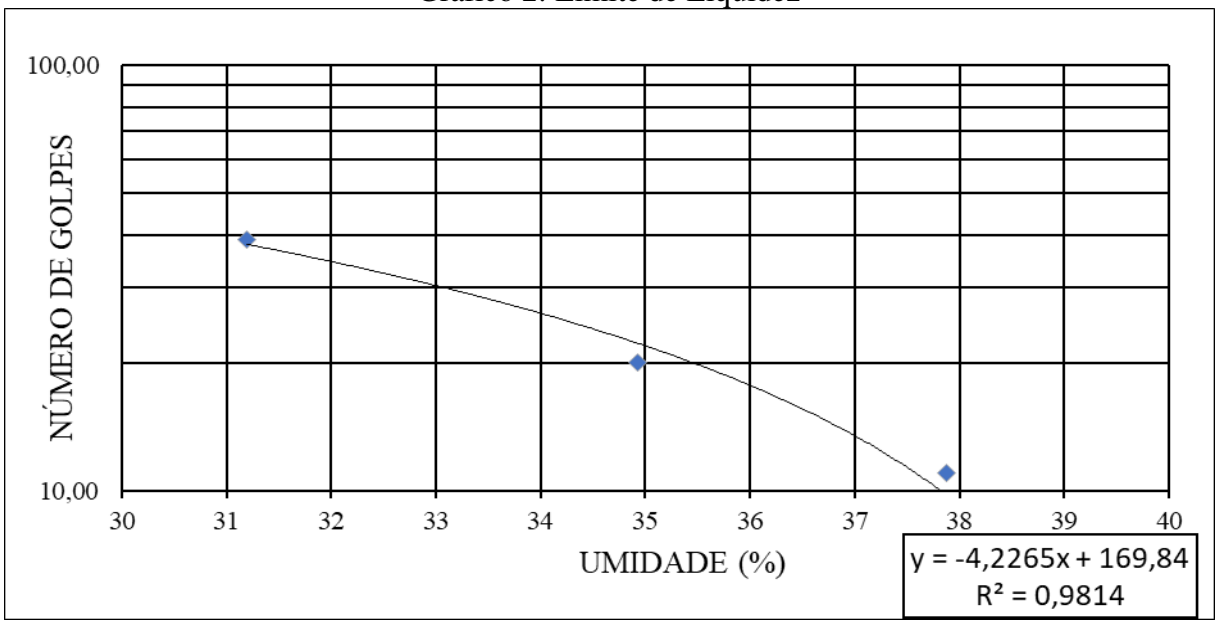
Fonte: Dados experimentais

A determinação da umidade higroscópica do solo, foi realizada conforme o anexo da *NBR 6457/2016*. Para o solo estudado foram analisadas um total de seis amostras, obtendo um resultado de 0,6%, um valor quase desprezível, o que é muito comum para solos arenosos, apesar do solo em questão apresentar quantidade considerável de finos.

O valor da massa específica do solo estudado é de 2,7 g. Para a obtenção desse valor da massa específica dos grãos do solo, foram realizados ensaios de acordo com o anexo B da *NBR 6458/2016.*

O limite de liquidez (LL) do solo foi obtido seguindo as recomendações da *NBR 6459/2016* e os resultados são apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2: Limite de Liquidez



Fonte: Dados experimentais

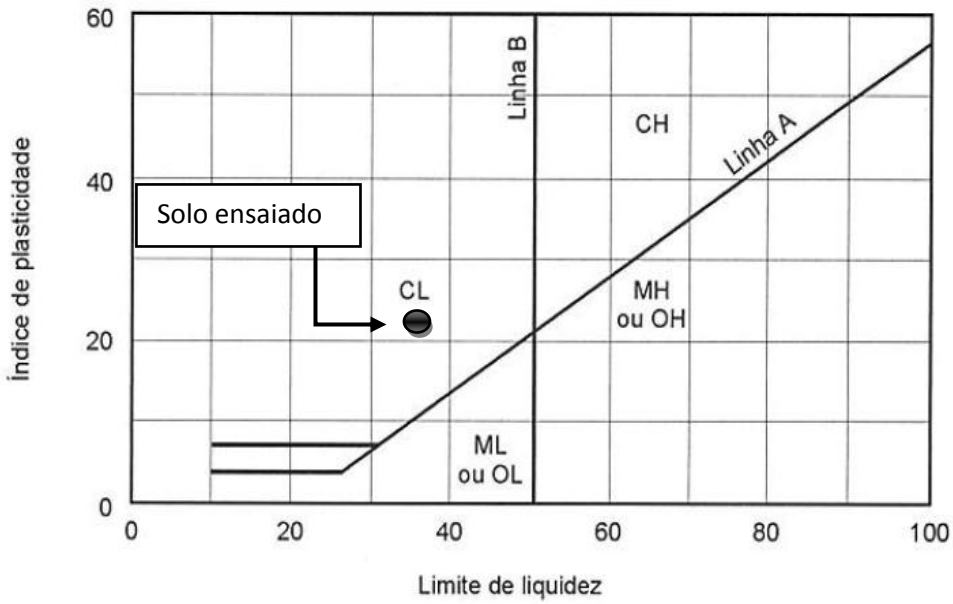
A partir da equação representada no Gráfico 2, conclui-se que o solo apresenta Limite de Liquidez igual a 34 % para 25 golpes, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9814$.

Segundo Lima (2013), R^2 é o coeficiente de determinação, que significa uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, em relação aos valores observados. Ele pode variar entre 0 e 1, mostrando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto mais próximo de 1 o R^2 estiver, mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra.

O ensaio de Limite de Plasticidade (LP) foi realizado conforme a *NBR 7180/2016*, o solo em questão apresenta Limite de Plasticidade de 21 %.

Após encontrados os resultados de LL e LP, obteve-se um Índice de Plasticidade (IP) igual a 14%. A partir dessas informações, segundo o sistema unificado de classificação proposto por Casagrande, o solo ensaiado é classificado como uma argila de baixa compressibilidade (Figura 5).

Figura 5: Carta de Plasticidade de Casagrande



Fonte: Sayão, Sieira e Santos, 2009.

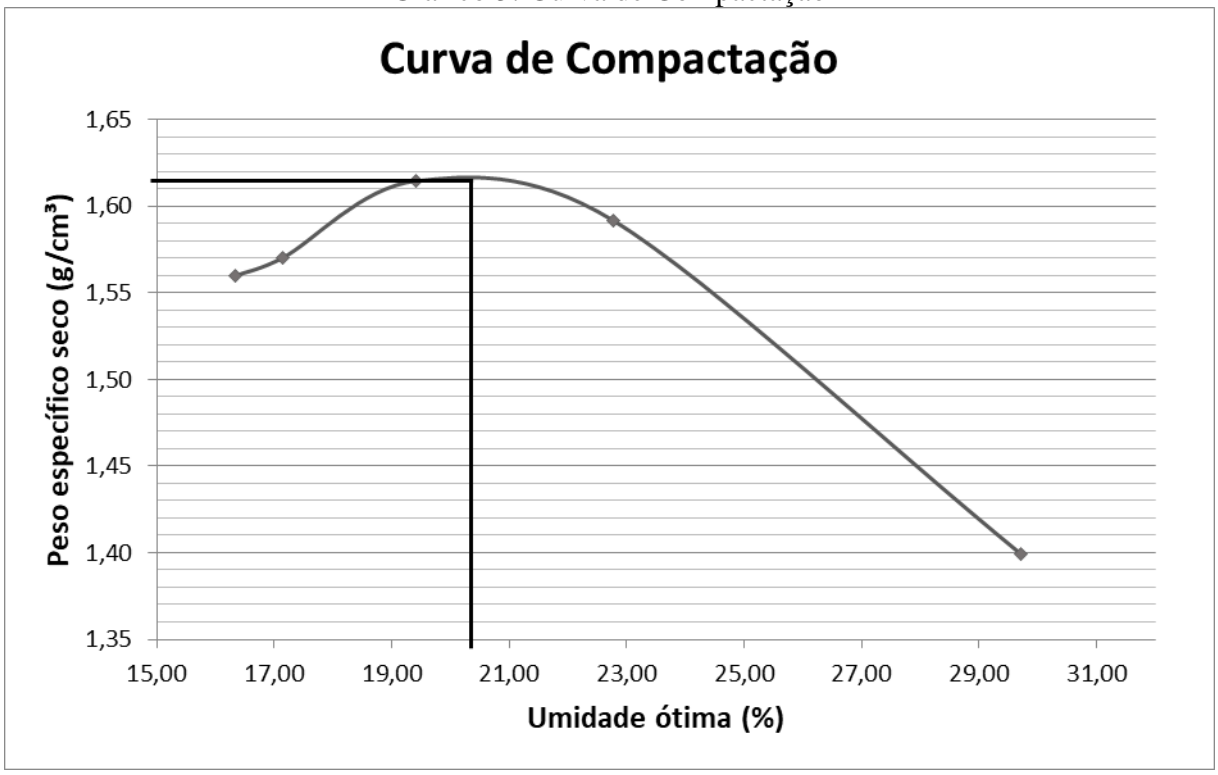
Através dos índices de Atterberg também é possível identificar a influência dos finos argilosos no comportamento do solo. Para ter-se uma ideia sobre a atividade da fração da argila no solo, deve-se calcular o índice de atividade. Esse é calculado pela divisão do IP pela fração da argila presente no solo.

Para o solo estudado o índice de atividade da argila é de 0,95, sendo esse valor considerado normal para a presença da argila.

Os ensaios realizados de caracterização completa do solo, apresentaram resultados esperados para solo silte arenoso. Porém a carta de plasticidade de Casagrande o classifica como argila de baixa compressibilidade. Apesar do índice de atividade da argila estar dentro da normalidade, o resultado exposto pela carta de plasticidade mostra claramente que a argila interfere no seu comportamento.

Os ensaios de compactação tipo Proctor Normal foram realizados de acordo com a *NBR 7182/2016*. O Gráfico 3 apresenta a curva de compactação, valores de massa específica seca máxima e umidade ótima (w_{ot}). Pelo mesmo pode-se observar que o solo apresenta uma massa específica seca máxima de 1,62 g/cm³ e um teor de umidade ótima de 20,7%.

Gráfico 3: Curva de Compactação

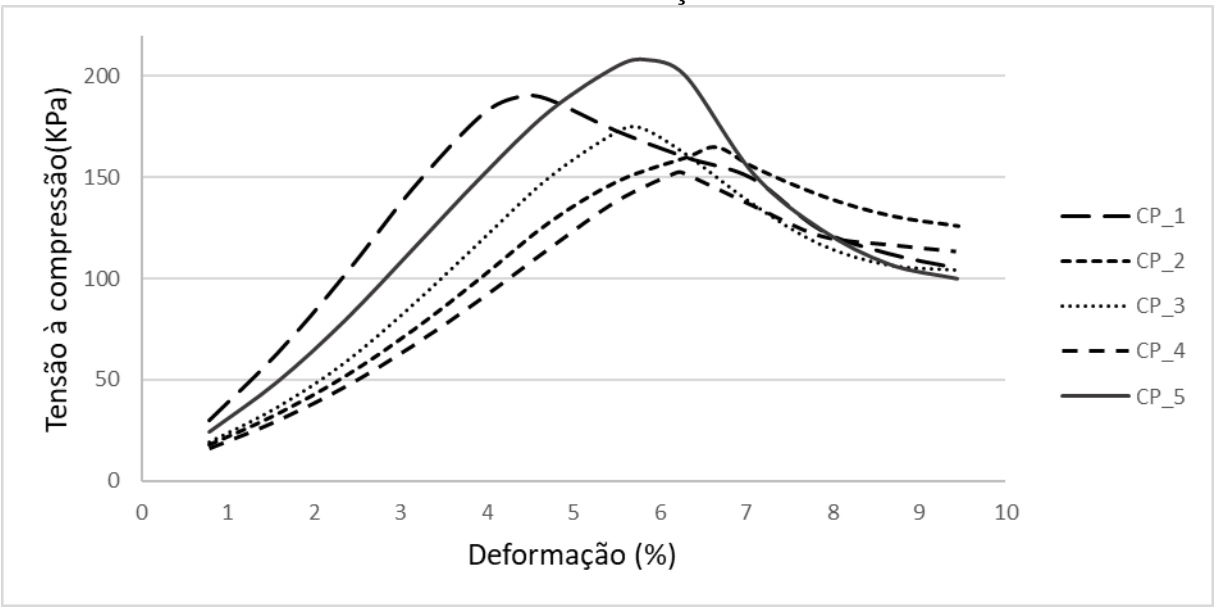


Fonte: Dados experimentais.

De acordo com Pinto (2006), solos siltosos apresentam baixos valores de densidade, e geralmente com curvas de laboratório bem abatidas. Sendo assim, conclui-se que os resultados obtidos no Gráfico 3 estão dentro da faixa de valores esperados.

Conforme a *NBR 12770/1992* foram realizados os ensaios de compressão uniaxial. As amostras foram compactadas dinamicamente pelo Ensaio de Proctor Normal com umidade ótima de 20,7%. Os resultados obtidos para o solo natural são mostrados no Gráfico 4 e na Tabela 1.

Gráfico 4: Tensão x Deformação – Solo Natural



Fonte: Dados Experimentais

Tabela 1: Compressão simples – solo puro

CP	q_u (kPa)	s_u (kPa)	ε(%)	w (%)	ɣ nat (g/cm³)	e	Sr (%)
1	190,12	95,06	4,37	21,31	1,94	0,68	84,29
2	164,95	82,48	6,65	23,40	1,93	0,72	87,48
3	174,68	87,34	5,77	22,71	1,93	0,71	85,96
4	152,07	76,04	6,19	23,36	2,00	0,66	92,52
5	208,50	104,25	5,85	21,82	1,96	0,67	87,65
D. Pad.	21,970513	10,99	0,85	0,93	0,03	0,03	3,07
Média	178,06	89,03	5,77	22,52	1,95	0,69	87,58
CV	12,34	12,34	14,81	4,14	1,51	3,81	3,51

Fonte: Dados experimentais

Como visto na Tabela 1, a média da resistência à compressão não confinada ou simples, foi de q_u = 178,06 kPa. A deformação axial específica média foi ε = 5,77 % e a resistência ao cisalhamento média foi de s_u = 89,03 kPa. A umidade das

amostras ensaiadas estão dentro da tolerância permitida (20,6 ±3%), índice de vazios de 0,69 e índice de saturação médio de 87,58%, variando entre 84,29 e 92,52%.

Os coeficientes de variação (CV) adquiridos nos ensaios de compressão uniaxial expressam que o conjunto de dados é razoavelmente semelhante, apresentando CV de 12,34. Reinert (2011), explica que em ensaios geotécnicos são esperados coeficientes de variação por volta de 40% para ensaios laboratoriais, isso porque nos ensaios envolvem incertezas devido à variabilidade natural de solos.

Os corpos de prova ensaiados sem a adição do bambu romperam-se com uma inclinação de 66º, conforme mostra a figura 6.

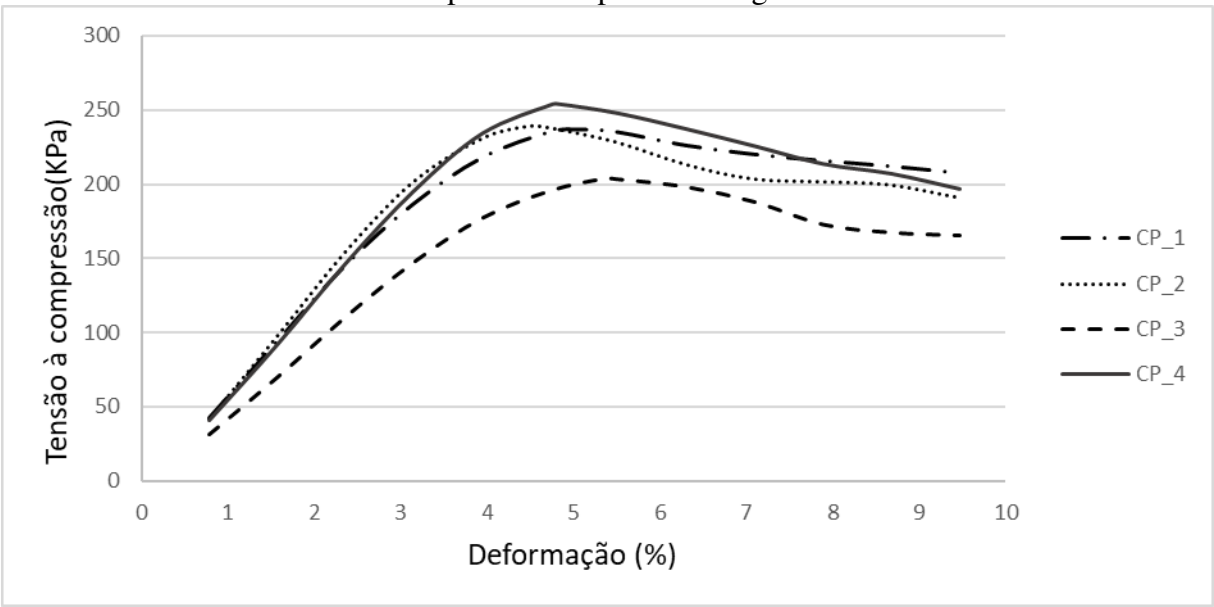
Figura 6: Corpo de prova de solo puro



Fonte: Arquivo pessoal

O Gráfico 5 e a Tabela 2 apresentam os resultados obtidos para os corpos de prova com a grelha (CP_G). Neles é possível observar que esse arranjo proporcionou ao solo silte arenoso um aumento na resistência à compressão simples, atingindo o objetivo da pesquisa.

Gráfico 5: Compressão simples – Com grelha de bambu



Fonte: Dados experimentais.

Tabela 2: Compressão simples – Com grelha de bambu

CP	q_u (kPa)	s_u (kPa)	ε(%)	w (%)	ɣ nat (g/cm³)	E	Sr (%)
7	237,21	118,61	5,08	21,31	1,91	0,74	85,30
2	239,27	119,64	4,46	23,40	1,92	0,71	82,38
3	203,69	101,85	5,35	22,71	1,98	0,65	88,73
4	253,66	126,83	4,83	23,36	1,91	0,71	82,60
D. Pad.	21,15	10,58	0,38	0,98	0,03	0,04	2,96
Média	233,46	116,73	4,93	22,70	1,93	0,70	84,75
CV	9,06	9,06	7,64	4,31	1,69	5,18	3,50

Fonte: Dados experimentais.

As amostras reforçadas com o bambu em formato de grelha, apresentaram resistência à compressão não confinada média de qu = 233,46 kPa. A deformação axial específica média foi ε = 4,93 % e a resistência ao cisalhamento média foi su = 116,73 kPa. Assim como ocorreu nos ensaios com o solo natural, os índices de

vazios se aproximaram de 0,70, os índices de saturação ficaram em torno de 85%, sempre respeitando a tolerância da umidade.

Comparando com o resultado obtido para o solo puro, observa-se, um aumento da resistência à compressão de 24% bem como uma diminuição de 15% da deformação axial específica associada à ruptura da amostra.

Esses resultados reforçam a ideia de que o bambu é um potencial material para o reforço de solo. Visto que possui resistência a tração, e pelos resultados obtidos demonstra aumentar a resistência e diminuir a deformabilidade do maciço. Devendo esse ser o comportamento de um reforço de solo citado por Sayão, Sieira e Santos (2009).

Analisando as curvas de Tensão X Deformação do Gráfico 5, é possível perceber que após a ruptura do solo a perda de resistência acontece de maneira gradativa até estabilizar, diferente do que ocorre no Gráfico 4, no qual a perda de resistência ocorre de maneira abrupta após a ruptura. Com isso é possível perceber que a inclusão da grelha fixa de bambu ao solo aumenta a estabilidade do mesmo, alcançando objetivo da inserção de reforço no solo citada por Sousa (2001).

4. Conclusão

Com a análise e caracterização do solo pode-se constatar que se trata de um solo cuja granulometria preponderante é o silte cor marrom, seguido de areia e argila. Através da maioria dos ensaios de caracterização de solo, foi obtido um silte arenoso. Porém a carta de plasticidade de Casagrande o classifica como argila de baixa compressibilidade, mostrando assim que apesar do índice de atividade da argila estar dentro da normalidade no solo estudado, essa interfere no comportamento do mesmo.

Após a realização dos ensaios de compressão simples das amostras conformadas no presente programa experimental pode-se verificar um aumento das características mecânicas (coesão e ângulo de atrito) no solo ensaiado na ordem de 25% e foi possível também constatar aumento da estabilidade do solo, após a adição da grelha de bambu fixa. Os resultados encontrados nesse trabalho mostraram que a proposta do estudo apresenta o bambu como um potencial

material para o reforço do solo, pois, além do aumento de resistência do maciço houve também um ganho significativo na estabilidade do mesmo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770**: Solo coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458**: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 7180**: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 7181**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 7182**: Solo - Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 9604**: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento. Rio de Janeiro, 2016.

BARROS, Bruna Rosa de; SOUZA, Flávio Antônio Miranda de. BAMBU: ALTERNATIVA CONSTRUTIVA DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Clacs'04 e Entac'04, 2004. p. 1 - 12. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP0402d.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2018.

BENJAMIM, Carlos Vinícius dos Santos. **Aplicação de geossintéticos em aterros sanitários**. Revista Limpeza Pública. São Paulo, n. 73, p 50-55, 2010.

CARBONARI, Gilberto et al. BAMBU – **O AÇO VEGETAL**. Mix Sustentável, [s.l.], v. 3, n. 25, p.17-25, jan. 2017

CASAGRANDE, Michéle dal Toé. **Comportamento de Solos Reforçados com Fibras a Grandes Deformações**. 2005. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DEVI, Dipika; JEMPEN, Boken. Shear Strength Behaviour of Bamboo Fiber Reinforced Soil. **International Research Journal Of Engineering And Technology**, Arunachal Pradesh, India, v. 3, n. 8, p.433-437, ago. 2016.

FESTUGATO, Lucas. **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÊNICO DE UM SOLO MICRO-REFORÇADO COM FIBRAS DE DISTINTOS ÍNDICES E ASPECTO.** 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GHAVAMI, Khosrow; MARINHO, Albanise B.. Propriedades físicas Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie do bambu da espécie Guadua angustifolia Guadua angustifolia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Pb, v. 9, n. 1, p.107-114, 2005

GOSHIME, Addishiwot. **Bamboo as Temporary Soil Reinforcement.** 2015. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Civil Engineering, Geotechnical Engineering, Addis Ababa University, Addis Ababa, 2015.

LIMA, ADAUTO JOSÉ MIRANDA. **Engenharia de Avaliações**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 333p, 2013.

MOTA, Izabel de Oliveira da et al. ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO BAMBU BRASILEIRO (*Bambusa vulgaris vittata*) PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS ALTERNATIVOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA À BAIXA PRESSÃO. **Revista de Estudos Ambientais**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.18-25, 20 nov. 2017. Fundação Universidade Regional de Blumenau.

MUSTAPHA, Alhaji Mohammed. Bamboo as Soil Reinforcement: A Laboratory Trial. **Leonardo Journal Of Sciences**, Minna, v. 13, p.69-77, dez. 2008.

PADOVAN, Roberval Bráz. **O BAMBU NA ARQUITETURA: DESIGN DE CONEXÕES ESTRUTURAIS: DESIGN DE CONEXÕES ESTRUTURAIS**. 2010. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Planejamento de Produto, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2010.

PEREIRA NETO, Jacob S., MINÁ, Alexandre J. S., FURTADO, Dermeval A., NASCIMENTO, Jose W. B.. Aplicação do bambu nas construções rurais. **Educação Agrícola Superior**, Campina Grande, PB, v.24, n.2, p.67-77, mar. 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba:

Livraria Nobel, 1985. 467p.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2006.

REINERT, Juliana. **Estudo do comportamento das fundações de obra industrial no litoral fluminense usando abordagem probabilística**. 182 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SAYÃO, Alberto; SIEIRA, Ana Cristina; SANTOS, Petrucio. **Reforço de Solos**: Manual Técnico. Empresa Maccaferri do Brasil. Jundiaí, 2009.

SOUSA, Liliane Stela Maris Rocha de. **Estudo numérico de problemas de estabilidade em solos reforçados via análise limite**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.