

PRODUÇÃO DE TUBETES DE MUDAS BIODEGRADÁVEIS – Projeto de Pesquisa

Tadeu Alcides Marques¹; Claudenilson Camargo²; Julia Muramoto²

¹Faculdade de Tecnologia Deputado Roque Trevisan
(Piracicaba) - Tecnologia em Biocombustíveis (294)

²Aluna(o) Curso de Biocombustíveis – Fatec de Piracicaba
e-mail tadeu.maques@fatec.sp.gov.br

The biodegradable root trainers production – Research Project

Eixo Tecnológico: Agricultura Sustentável e Tecnologias Avançadas

Resumo

Dentre os sistemas de produção de mudas existe o uso de tubetes, que são elaborados em poliestireno derivado do petróleo. Na produção canaveira são utilizados para produção de MPB, mudas pré-brotadas. A produção de MPB consiste na produção de uma muda de cana advinda de um mini tolete tratado, cultivado sob condições controladas, posteriormente transferido para tubetes plásticos para que sejam levados ao período denominado de adaptação climática, que antecede o plantio no campo. Os tubetes de plásticos, com as mudas já adaptadas, são levados para o campo e retirados cuidadosamente para não promover danos as raízes. As mudas de cana-de-açúcar são plantadas e os tubetes são levados de volta. Durante estas operações, muitos tubetes, ou bandejas de tubetes, trincam ou quebram ficando inutilizáveis para o processo de produção de mudas, logo devem ser descartados, algumas unidades industriais adotam o descarte total, visto que a limpeza e a seleção de tubetes adequados é uma tarefa morosa e muito criteriosa. Atualmente alguns órgãos internacionais alertam para o uso excessivo de plástico devido principalmente ao resíduo denominado microplástico encontrado dentro de tecidos vegetais, animais como sangue humano e leite materno. Legislações estão sendo propostas e debatidas para a redução ou total eliminação da utilização de aparatos plásticos. Pesquisas sobre substitutos viáveis e que promovam, com eficiência, as mesmas operações, tornam-se interessante do ponto de vista ambiental e econômico-financeiro. A produção de tubetes com biomassa biodegradável oriunda da cana é objeto de pesquisa do presente projeto, pois utilizando-se aglutinantes biodegradáveis pode-se conseguir ganhos ambientais com a redução no uso do plástico e suas consequências, além de ganhos outros podem ser alcançados como a redução no tempo do plantio, pois não teria que se retirar os tubetes das mudas, visto que o mesmo irá se decompor e poderá liberar substâncias de interesse para a formação do canavial. Os resultados preliminares apresentam que o pré-processamento inicial do bagaço resultou em um protocolo para a maximização da matéria prima. E elaboração do modelo tridimensional do molde de tubetes facilitou a produção dos primeiros biotubetes.

Palavras-chave: Microplástico, Inovação, Ambiente.

Abstract

Among the plant seedlings production systems is the use root trainers, which are made from polystyrene derived from petroleum. In sugarcane production they are used to produce pre-sprouted sugarcane seedlings. The production of pre-sprouted sugarcane seedlings consists of producing a sugarcane seedling from a treated mini-stem, grown under controlled conditions, which is then transferred to plastic root trainers so that they can be taken to the so-called climate adaptation period, which precedes planting in the field. The plastic root trainers with the adapted seedlings are taken to the field and carefully removed so as not to damage the roots. The sugarcane seedlings are planted and the root trainers are taken back. During these operations, many root trainers crack or break, making them unusable for the seedling production process, so they have to be discarded. Some industrial units adopt total disposal, since cleaning and selecting suitable root trainers is a time-consuming and very careful task. Some international bodies are currently warning about the excessive use of plastic, especially microplastics found in plant and animal tissues, human blood and breast milk. Legislation is being proposed and debated to reduce or completely eliminate the use of plastic devices. Research on viable substitutes that efficiently promote the same operations are interesting from an environmental and economic-financial point of view. The production of root trainers with biodegradable biomass from sugarcane (bagasse) is the subject of this project's research, as using biodegradable binders can achieve environmental gains by reducing the use of plastic and its consequences, as well as other gains such as a reduction in planting time, as the root trainers would not have to be removed from

the seedlings, as they will decompose and may release substances of interest for the formation of the sugarcane plantation. The preliminary results show that the initial pre-processing of the bagasse resulted in a protocol for maximizing the raw material. And the development of the three-dimensional model of the tube mold facilitated the production of the first root trainers biodegradables.

Key-words: *Microplastic, Innovation, Environment.*

1. Introdução

A produção de biocombustível de cana-de-açúcar com o intuito de substituição aos combustíveis oriundos do petróleo se coloca como alternativa limpa e de economia circular, não gerando o descarte de um resíduo sólido derivado do petróleo (tubetes de mudas). O Brasil tem uma geração de resíduos plásticos na ordem de 11,3 milhões de toneladas, ou seja, 53 quilogramas por pessoas por ano[1]. Estes resíduos plásticos vazam para o meio ambiente a cada ano, e parte desse material tem o oceano, e a biosfera como repositório final e podem atingir dimensões de 1 a 5 mm sendo chamado de “large microplastic”, ou atingir dimensões menores entre 1 μm e 1000 μm definidos como microplásticos (MP) [2].

Foram detectados o risco para a saúde humana ao consumir peixes contaminados com MP, pois estes promovem injúrias intestinais e alterações metabólicas causadas pelas toxinas carregadas para dentro do sistema orgânico e também pelos patógenos que conseguem crescer e proliferam nos micros tubos dos MP [3].

Uma série de medidas para reduzir a utilização de plásticos já identificado como contaminante do meio ambiente foram descritas como uso de impostos, restrições legais, descontos para consumidores que optarem por alternativas e principalmente incentivos para substitutos aos plásticos de qualidade similar[4].

Este trabalho tem como dimensão principal o ambiental, visto que a possibilidade de substituição do tubete plástico, usado para produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar para substituição de variedades ou implantação rápida de novas variedades de cana-de-açúcar [5], pelo tubete biodegradável irá contribuir para a redução da problemática MP ambiental. A importância social devido a criação de empregos nas possíveis fabricas de biotubetes e a possibilidade de geração de patentes e equipamentos podendo melhorar as condições de vida da coletividade. Uma questão importante no desenvolvimento destes tubetes é sobre o dimensionamento do tubo a ser utilizado em sua confecção. As variáveis biométricas da cana, produtividade, em TCH, tonelada de cana por hectare, bem como o índice de brotação da MPB nos tubetes possui uma relação direta com o volume do tubete e suas dimensões, sendo 290mL, de volume, com dimensões de 63 mm de diâmetro e 160 mm de comprimento as que apresentaram melhores resultados [6].

As políticas públicas como decisões de governança podem ajustar nossas produções de biocombustíveis as novas demandas internacionais relacionadas com o meio ambiente, energia, e qualidade de vida.

Nesta etapa inicial o objetivo foi estudar e desenvolver condições para a elaboração tubetes biodegradáveis oriundos de mistura de bagaço de cana-de-açúcar e agregado vegetal. Estes tubetes deverão apresentar resistências adequadas as operações mecânicas e degradabilidade ambiental com a presença da umidade do solo e possibilidade de penetração das raízes permitindo o plantio sem a necessidade de retirada das mudas.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

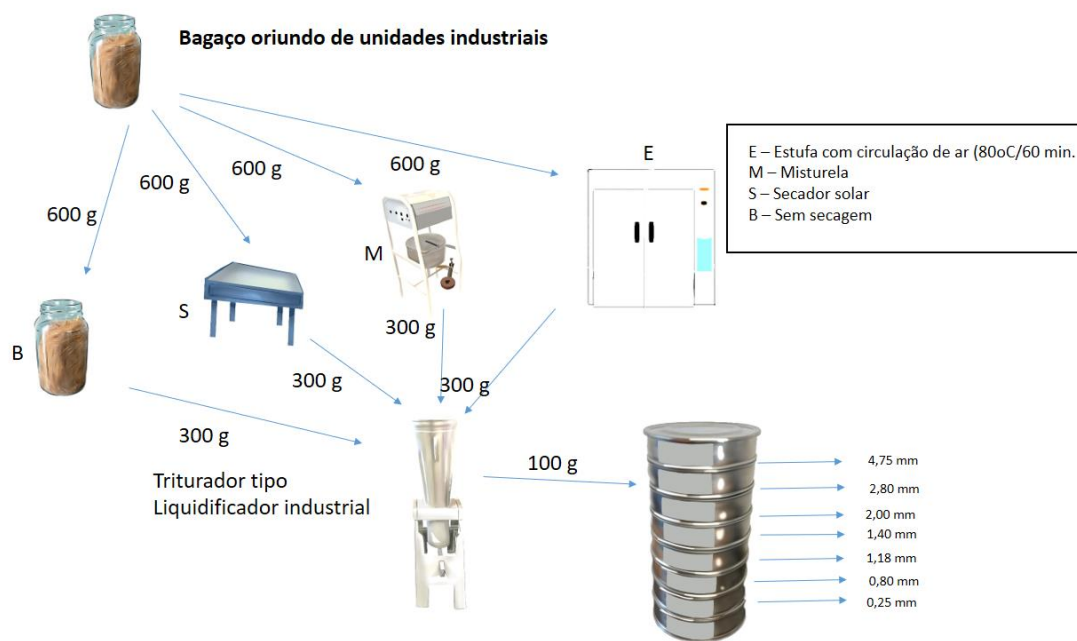
- Bagaço de cana-de-açúcar obtido em usinas da região da cidade de Piracicaba –SP;
- Desintegrador industrial (IRBI DM 540);
- Estufa de secagem com circulação de ar (NOVA ETICA 220);
- Misturador e secador a gás (MISTURELA THE MIX PROGAS);
- Secador natural ao sol (FABRICAÇÃO ARTESANAL);
- Liquidificador industrial (POLI 220);
- Peneiras para análise granulométrica (BER-TEL INOX 304, com 8 mash de separação);
- Cola Vegetal (Eco RICLA);
- Molde para tubetes criado em impressora 3D;
- Farinha de trigo;
- Massa de argila para modelar;
- Massa de argila hidrofóbica;
- Isocianato;
- Óleo de mamona;
- Látex líquido.

2.2. Metodologia

2.2.1. Pré-preparo do bagaço

O bagaço obtido de unidades industriais foi submetido a um pré-processamento (Fig. 1).

Fig. 1 – Fluxograma esquemático do pré-processamento do bagaço.



Fonte: (Autores, 2025).

2.2.2. Elaboraões dos Tubetes

Com o bagaço peneirado (menor que 2 mm) foram elaborados testes de criação dos tubetes.

a) Bagaço e aglutinante caseiro

Utilizou-se os ingredientes:

Bagaço peneirado	- 50 g
Farinha de trigo	- 100 g
Água	- 350 mL
Vinagre de álcool	- 30 mL

Primeiramente foram misturados 350 mL de água, 30 mL de vinagre e 100 g de trigo e levado ao fogo para proporcionar o intumescimento e formação da goma. Em seguida juntou-se o bagaço peneirado, vinagre de álcool. O vinagre foi utilizado como elemento de fixação da cola. Esses ingredientes formaram uma massa, que foi utilizada para moldar o tubete.

b) Bagaço e aglutinante industrial RICLACOL 2015 mg-m vegetal

Utilizou-se os ingredientes, na mesma proporção do tratamento anterior:

Bagaço peneirado	- 50 g
Farinha de trigo	- 100 g
Água	- 350 mL
Vinagre de álcool	- 30 mL

Após a moldagem do tubete foi passada uma demão do aglutinante industrial RICLACOL.

c) Bagaço e Argila hidrofóbica de modelagem

Utilizou-se os ingredientes, na proporção:

Bagaço peneirado	- 50 g
Massa de modelar hidrofóbica	- 500 g
Água	- 350 mL

A mistura da massa foi realizada batendo os componentes em liquidificador por 20 minutos e posteriormente abrindo a massa em placa de gesso.

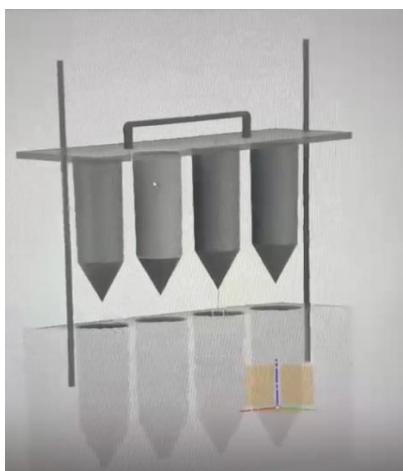
d) Bagaço e Argila natural

Utilizou-se os ingredientes, na proporção:

Bagaço peneirado	- 50 g
Massa de modelar	- 500 g
Água	- 350 mL

A mistura da massa foi realizada batendo os componentes em liquidificador por 20 minutos e posteriormente abrindo a massa em placa de gesso. Em sequência utilizou a massa para modelagem dos tubetes no molde impresso em impressora 3D (Fig. 2)

Fig. 2. Molde de tubete impresso em impressora 3D.



Fonte: (Autores, 2025).

Foi realizada uma análise estatística preliminar para determinar o melhor procedimento de preparo, dentro do universo de equipamentos e processos disponíveis.

3. Resultados e Discussão

O bagaço oriundo de indústrias sucroenergéticas possuem granulometria elevada (Tab. 1) e umidade em torno de 50% [7], deste modo encontrou-se dificuldade para moldá-lo e colá-lo sem um preparo preliminar. Foi realizado um ensaio para determinar quais procedimentos e equipamentos seriam mais eficientes entre os existentes, Estufa com circulação de ar, Equipamento mistura aquecido a gás e secador ao sol (Fig. 3) e (Tab.1):

Após secagem e peneiragem foi analisada a massa de cada granulometria resultante.

Os maiores valores percentuais obtidos para as granulometrias menores que 2 mm, que são as mais indicadas para produção aglomerados com colas [8] foram obtidos para as secagens em estufa com circulação de ar e mistura, por 60 minutos (Tab. 1).

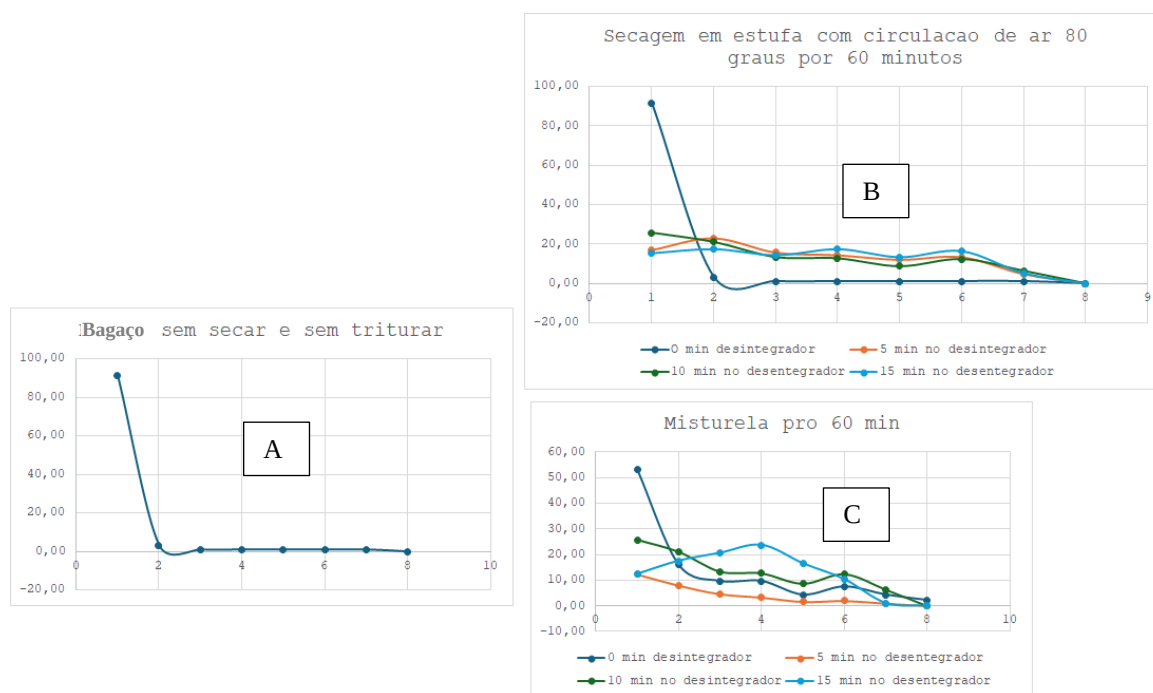
Tab.1 - Resultados estatísticos [9] para os pré-preparos no bagaço.

MÉTODO DE	GRANULOMETRIA OBTIDA APÓS OS TRATAMENTOS									
SECAGEM	maior 4,75	2,80a4,75	2a280	1,4a2	1,18a1,4	0,8a1,18	0,25a0,8	menor 0,25		
sem	91,49 Aa	3,19 Bb	1,06 Bb	1,06 Ab	1,06 Cb	1,06 Bb	1,06 Ab	0,00 Ac	12,50 A	
estufa	37,70 Ba	15,96 Aa	11,12 Aa	11,45 Aa	8,77 Aa	10,82 Aa	4,24 Ab	0,00 Ac	12,51 A	
misturela	31,52 Ba	19,18 Aa	14,08 Aa	13,75 Aa	8,53 Aa	8,69 Aa	4,67 Ab	0,00 Ac	12,55 A	
solar	50,38 Ba	18,38 Aa	9,50 Ab	8,50 Ab	4,75 Bc	6,00 Ac	2,25 Ac	0,00 Ad	12,47 A	
MEDIA	52,77 a	14,18 b	8,94 b	8,69 b	5,78 b	6,64 b	3,06 c	0,00 d		
Letras maiúsculas diferenças na coluna, letras minúsculas diferenças na linha										
Em vermelho são os maiores valores obtidos, sendo que nas granulometrias maiores são desvantajosos, nas granulometrias menores são interessantes										
Fundo em rosa são os menores valores da coluna, fundo azul segundo menor valor										
Fundo amarelo são os perfis mais interessante de linhas										

Fonte: (Autores, 2025).

Na Fig.3 podem ser observados os perfis de granulometria obtido para estufa e mistura são similares.

Fig. 3 – Granulometria resultante dos tratamentos.



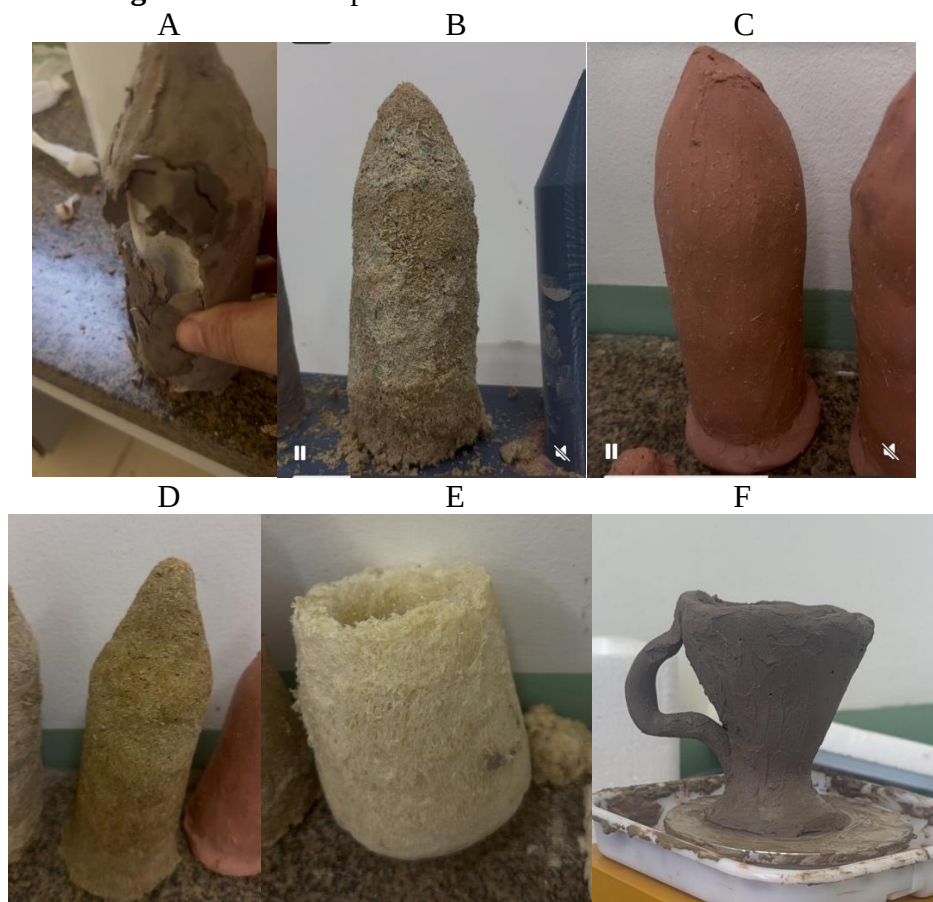
Fonte: (Autores, 2025).

A – Nenhum tratamento, B – Secagem em estufa com circulação de ar (80°C/60 min), C – Secagem em mistura a gás (80°C/60 min).

O perfil da granulometria obtido após peneiramento, apresentou maiores percentuais nas faixas mais finas com o aumento no tempo de trituração após a secagem (Fig. 3). Os melhores perfis, dentre os estudados, foram obtidos com secagem em estufa e/ou mistura por 60 minutos (Tab.1) e posterior desintegração por tempo de 15 minutos (Fig.3).

Alguns tubetes foram elaborados de forma inicial Fig. 4, sendo que as análises de resistência a perfuração, corte, amassamento, mordedura e testes de degradabilidade estão em andamento.

Fig. 4 – Tubetes experimentais em diferentes tratamentos.



Fonte: (Autores, 2025).

A – Tubete com argila e bagaço tratado, B – Tubete com aglutinante artesanal e bagaço de cana, C- Tubete com argila hidrofóbica e bagaço de cana, D- Tubete com bagaço de cana e aglutinante artesanal com revestimento de aglutinante ecológico, E- Tubete de bagaço de cana expandido com castor oil, F- Xícara artesanal com argila e bagaço de cana.

4. Considerações finais

A massa para elaboração de tubetes deve utilizar bagaço finos (menores que 2 mm) e para tanto devem passar por um pré-processamento de secagem.

Os melhores pré-tratamentos foram a utilização da mistura com agitação e aquecimento a gás e a secagem em estufa com circulação de ar, ambos por 60 minutos.

O molde impresso em 3D facilitou a elaboração de tubetes com as dimensões adequadas.

Agradecimentos

Ao CPS e a FATEC de Piracicaba pela possibilitação da execução do projeto de pesquisa em RJI.

Referências

- [1] SILVA D.L.B. da; GIL J.; NASCIMENTO E.P. do; COSTA H.A. Paixão R. Poluição plástica no litoral brasileiro: percepções de gestores de meios de hospedagem sobre consumo de descartáveis. **Rev. Bras. Pesq. Tur.** [Internet]. v.16:e–2481. 2022. <https://doi.org/10.7784/rbtur.v16.2481>.
- [2] Montagner C.C.; DIAS M.A.; PAIVA E.M.; VIDAL C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Quím. Nova** [Internet]. v.44, n.10. p.1328–52. 2021. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>.
- [3] KHAN M.L.; HASSAN H.U.; KHAN F.U.; GHAHAR R.A.; RAFIQ N.; BILAL M. et al. Effects of microplastics in freshwater fishes health and the implications for human health. **Braz. J. Biol.** [Internet]. v.84. e272524. 2024. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.272524>.
- [4] SCHNURR R.E.J.; ALBOIU V.; CHAUDHARY M.; CORBETT R.A.; QUANZ M.E. et al. Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): A review. **Marine Pollution Bulletin.** v. 137. p. 157-171. 2018.
- [5] LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; MENDONÇA, J. R.; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F.; BRANCALIÃO, S. R.; PETRI, R. H.; MIGUEL, P. E. M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas** [Documentos IAC 109]. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2012.
- [6] FRANCO, C. da S.; SILVA, K.S.F. Qualidade de mudas pré-brotadas de cana- de-açúcar em resposta ao tamanho do tubete e do mini rebolo. **RBTA.** v. 14, n. 01, p, 3089-3103. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340660290_Qualidade_de_mudas_pre-brotadas_de_cana_de-acucar_em_resposta_ao_tamanho_do_tubete_e_do_minirrebolo.
- [7] MAHESH, B. et al Usage of sugarcane bagasse ash in concrete. **International Journal of Engineering Research and General Science**, v. 5, p. 218-224, 2017.
- [8] PEIXOTO, G.L.; BRITO, E.O. Avaliação da granulometria de partículas de *Pinus taeda* combinadas com adesivos comerciais para a fabricação de aglomerados. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n.1, p.60 - 67, jan./dez. 2000.
- [9] FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível: <http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>.