
Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani
Trabalho de Graduação

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”

FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL - SP (Fatec-JB)

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

USOS DAS CINZAS OBTIDAS DA QUEIMA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

FHILIFE MATHEUS SANT’ANNA

PROFA. ORIENTADORA: DRA. ROSE MARIA DUDA

JABOTICABAL, S.P.

2023

FHILIFE MATHEUS SANT'ANNA

USOS DAS CINZAS OBTIDAS DA QUEIMA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo ou Tecnóloga em **Biocombustíveis**

Orientadora: Profa. Dra. Rose Maria Duda

JABOTICABAL, S.P.

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Sant' Anna, Filipe Matheus
usos das cinzas obtidas da queima de bagaço de cana-de-açúcar

/ **Filipe Matheus Sant'Anna. Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, 2023.**

13p.

Orientadora: Rose Maria Duda

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal, 2023

Cinzas, Caldeira, Resíduo, Nutrientes, Cana-de-açúcar. I. Duda, R. M. II.
Usos das cinzas obtidas da queima de bagaço de cana-de-açúcar.

FHILIFE MATHEUS SANT'ANNA

Usos das cinzas obtidas da queima de bagaço de cana-de-açúcar

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em **Biocombustíveis**

Orientadora: Profa. Dra. Rose Maria Duda

Data da apresentação e aprovação: ____ / ____ / ____.

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Presidente da Banca: Profa. Rose Maria Duda

Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Profa. Nádia Figueiredo de Paula

Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Msc. Jorge Otávio Silva Nunes

Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Brasil-SP

Local: Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), Jaboticabal – SP – Brasil

Caracterização e usos das cinzas obtidas da queima de bagaço de cana-de-açúcar

Characterization and uses of ash obtained from burning sugarcane bagasse

Philippe Matheus Sant'Anna^I
Rose Maria Duda^{II}

RESUMO

As cinzas das caldeirarias é um resíduo gerado por muitas empresas que utilizam a biomassa vegetal, como o bagaço de cana-de-açúcar, para a obtenção de energia e na maioria das vezes não possuem um descarte correto deste material. Esse resíduo que se obtém com abundância, ainda possui pouca utilidade sustentável, sendo muitas vezes descartado em aterros sanitários, lixões comuns, despejos, entre outros. Atualmente as cinzas da queima do bagaço de cana-de-açúcar são incorporadas à torta de filtro, a após a compostagem são utilizadas na fertirrigação dos canaviais, mas existem outras possibilidades, como o uso na construção civil. Portanto o objetivo deste trabalho será a realização de revisão de literatura, sobre os usos das cinzas obtidas da queima de bagaço de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Cinzas, Caldeira, Resíduo, Nutrientes, Cana-de-açúcar.

ABSTRACT

Ash from boiler plants is a waste generated by many companies that use plant biomass, such as sugar cane bagasse, to obtain energy and in most cases do not have correct disposal of this material. This waste, which is obtained in abundance, still has little sustainable use, and is often discarded in landfills, common dumps, dumps, among others. Currently, the ashes from burning sugarcane bagasse are incorporated into the filter cake, and after composting they are used in fertigation of sugarcane fields, but there are other possibilities, such as use in civil construction. Therefore, the objective of this work will be to carry out a literature review on the uses of ash obtained from burning sugarcane bagasse.

Keywords: Ash, Boiler, Waste, Nutrients, Sugarcane.

Data de submissão: 29/11/2023

Data de aprovação: 23/11/2023

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), seguido pela Índia e China (NOVACANA, 2023). A previsão de produção de cana de açúcar no Brasil, na safra de 2022/2023 é de 610 milhões de toneladas, e as regiões sudeste e centro oeste são responsáveis por 88% dessa produção, com 388 e 131 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2023).

Entre os principais subprodutos do processamento da cana-de-açúcar destaca-se o bagaço. Para cada tonelada de cana processada para produção de açúcar e etanol, estima-se a geração de aproximadamente 250 a 300 kg de bagaço, aproveitada como biomassa no

^I Estudante do Curso de Tecnologia em Biocombustíveis da Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail:

^{II} Profa. Dra. da Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: rose.duda@fatec.sp.gov.br

processo de queima para o aquecimento de caldeiras, geração de energia elétrica e vapor (MATOS et al., 2021).

No entanto, gera-se aproximadamente 25 kg de cinzas por tonelada de bagaço de cana-de-açúcar após a sua queima em caldeiras para a produção de energia (LYRA et al., 2021), indicando que o Brasil poderá produzir aproximadamente 3,8 milhões de toneladas de cinzas. Desta forma, processos que transformem esta cinza em material de alto valor agregado tornam-se necessários, a fim de diminuir a sua presença no meio ambiente (CETESB, 2023).

As cinzas apresentam em sua composição, quantidades razoáveis de macro e micronutrientes e, além de características de corretivo de acidez do solo, e têm potencial para serem utilizadas como adubo (RIBEIRO et al., 2015). Tradicionalmente, uma parte das cinzas é devolvida ao solo de plantio da cana na forma de fertilizante e outra parte descartada em aterros, não tendo outra finalidade na cadeia produtiva (MATOS et al., 2021). Existe a necessidade de estudos sobre as aplicações e formas de uso das cinzas, para minimizar a quantidade de resíduos que será encaminhada para aterros sanitários, reutilizar nutrientes e recursos.

Portanto o objetivo deste trabalho será a realização de revisão de literatura, sobre a caracterização e principais os usos das cinzas obtidas da queima de bagaço de cana-de-açúcar em caldeiras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ou FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cinzas

A utilização do bagaço da cana-de-açúcar como combustível gera sub-resíduos: a fuligem (partículas muito finas, resultantes da combustão e que se depositam na caldeira), as cinzas geradas na caldeira e as cinzas volantes (fly ash, em inglês) (Figura 1). As cinzas volantes podem ser definidas como as partículas finas que se levantam junto com os gases gerados pela combustão, são capturadas nas chaminés, geralmente por filtros hidrostáticos, antes que sejam liberadas para o ambiente (CACURO; WALDMAN, 2015).

A composição das cinzas pode variar de acordo com o material utilizado e com os parâmetros do processo de incineração, como a temperatura, o tempo de incineração e a porcentagem de umidade do material incinerado, configurando-se assim como um material de composição e morfologia heterogêneas (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1- Composição química, em termos de óxidos, da cinza do bagaço produzida a 600 °C.

Composto	Teor (% em massa)
SiO ₂	60,96
Al ₂ O ₃	0,09
Fe ₂ O ₃	0,09
CaO	5,97
Na ₂ O	0,70
K ₂ O	9,02
MnO	0,48
MgO	8,65
P ₂ O ₅	8,34
Perda ao fogo	5,70

Fonte: (CORDEIRO; TOLEDO FILHO; FAIRBAIRN, 2009)

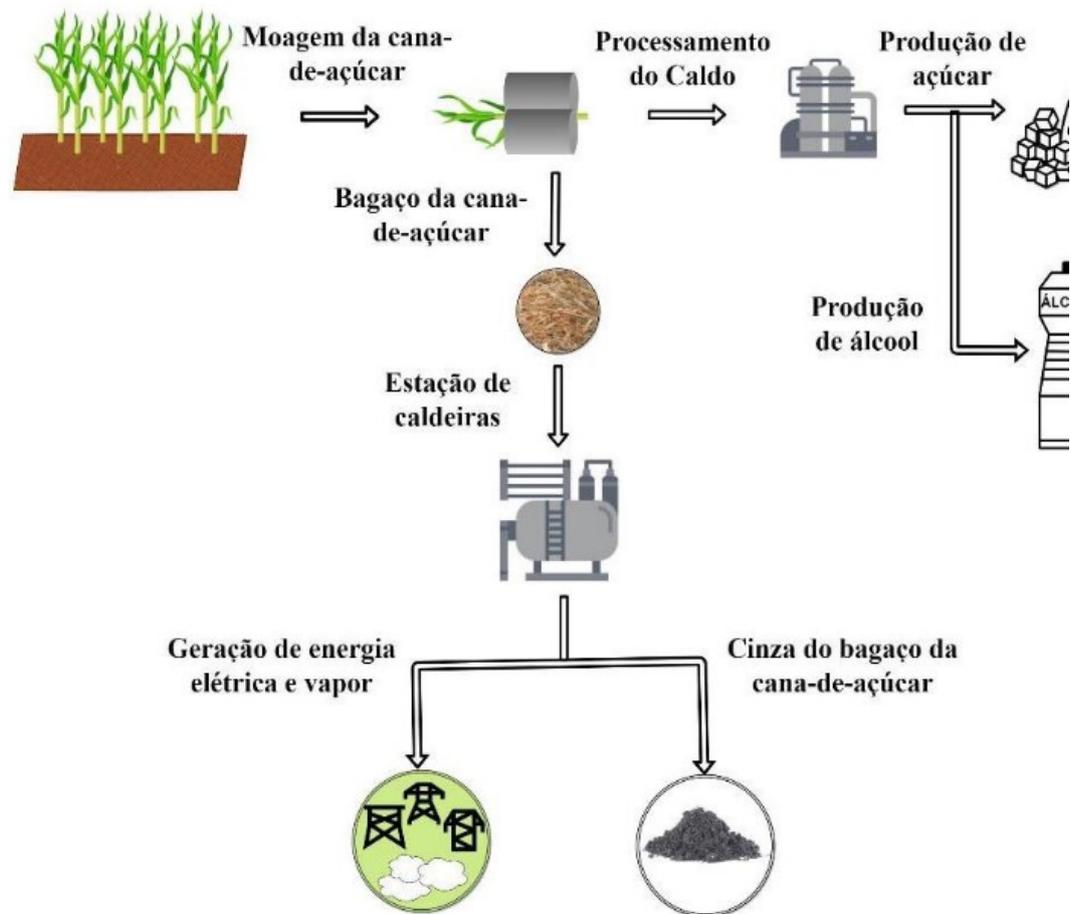
Tabela 2 - Características físicas da cinza do bagaço produzida com queima a 600 °C.

Característica (unidade)	Valor
Umidade (%)	2,1
Massa específica (kg/m ³)	2569
Superfície específica (m ² /kg)	11887
Cor a 600 °C	cinza

Fonte: (CORDEIRO; TOLEDO FILHO; FAIRBAIRN, 2009)

A média de geração de cinzas pela combustão é de 24 g de cinzas para cada quilograma de bagaço total queimado (2,4 % em massa) (CACURO e WALDMAN, 2015). Os resíduos de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar são caracterizados por apresentarem grandes quantidades de SiO₂ e outros óxidos como Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO, dentre outros, em pequenas quantidades e a porcentagem de sílica presente nestas cinzas pode ser proveniente da absorção das raízes, na forma de ácido monossilícico, como do quartzo (SiO₂) presente na areia residual, oriunda da lavoura que não foi totalmente removida durante a lavagem da cana-de-açúcar (MATOS et al., 2021).

Figura 1- Etapas de processamento e obtenção dos subprodutos da cana-de-açúcar.

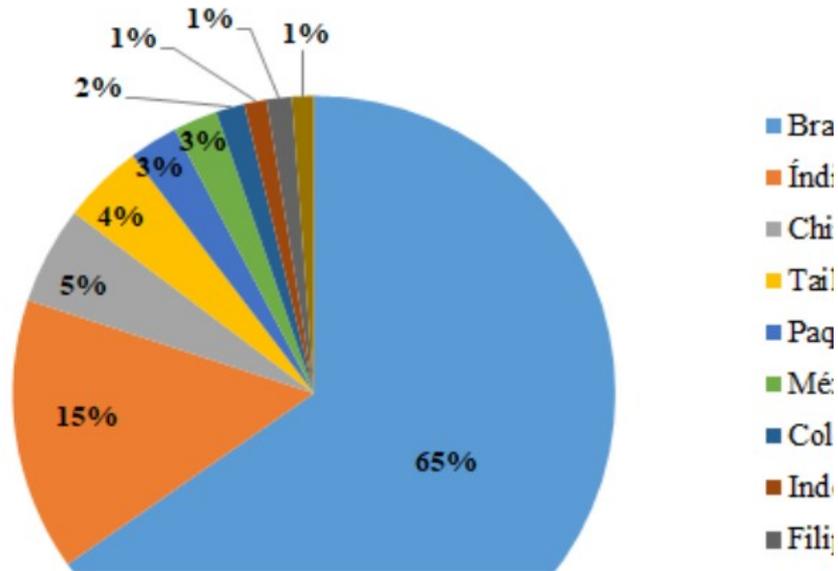


Fonte: (MATOS et al., 2021).

Os maiores produtores de cinzas obtidas da queima do bagaço da cana-de-açúcar, são o Brasil, Índia e China, com 65; 15 e 5% da produção, respectivamente, estão descritos na

Figura 1.

Figura 1- Maiores produtores mundiais de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar.



Fonte: (MATOS et al., 2021).

2.2 Usos das cinzas

O principal uso das cinzas de caldeira, de modo geral, é o agrícola. Além dos nutrientes que possuem em sua composição química também possuem bases que servem para neutralizar a acidez do solo, funcionando, desse modo, como corretivo e como fertilizante, cujos efeitos podem diferir dependendo do tipo de solo (OLIVEIRA et al., 2006). Conforme revisado por CACURO E WALDMAN (2015) as vantagens do uso agrícola das cinzas são:

a) a capacidade de melhorar as propriedades do solo, como a mudança da textura do solo com a utilização de quantidades controladas de cinzas,

b) o controle de pH do solo e

c) o aumento da capacidade de retenção de água pelo solo. Quanto à sua utilização para nutrição do solo, destaca que as cinzas volantes possuem nutrientes essenciais para o solo como Cálcio, Ferro, Manganês e Potássio, além de elementos como Boro, Selênio e Molibdênio. Porém também possui metais que podem ser tóxicos para as plantas, como o alumínio, por exemplo, portanto sua utilização deve ser feita com cautela, pois embora estes elementos sejam nutrientes necessários para as plantas, caso sejam depositados no solo em grandes quantidades podem causar toxicidade, como no caso do Boro, um micronutriente que em grandes quantidades é tóxico às plantas

Além do uso agrícola das cinzas, foi observado o uso das cinzas na construção civil, compósitos e adsorventes. Além disso, poderia ser utilizado como uma fonte de nutrientes para a digestão anaeróbia da vinhaça de cana-de-açúcar.

2.2.1 Uso na digestão anaeróbia

Dentre inúmeros países em desenvolvimento, que possuem baixo poder financeiro ou aquisitivo, e até como também nações desenvolvidas, que apresentam pequenas áreas disponíveis em seus centros urbanos podem fazer uso desta tecnologia anaeróbia. Seu uso vem sendo cada vez mais bem aceito pela comunidade. Conquistando, assim, a credibilidade dentro da sociedade, ganhando um amplo espaço e mostrando assim, a viabilidade desta alternativa.

Os reatores anaeróbios são amplamente utilizados na indústria sucroenergética para o tratamento da vinhaça, que é um subproduto líquido gerado durante a destilação do álcool. Existem vários tipos de reatores anaeróbios que podem ser utilizados, dependendo das características específicas da vinhaça e das condições locais. Um dos tipos mais comuns é o reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB). O reator UASB é um sistema de tratamento biológico que utiliza a ação de microrganismos em um ambiente sem oxigênio para a remoção da matéria orgânica contida na vinhaça e produzindo assim, o biogás (FUESS et al., 2021).

A disponibilidade de nutrientes é um fator importante no tratamento anaeróbio em virtude das elevadas concentrações de material orgânico da vinhaça, pois possuem elevadas concentrações de potássio, porém as concentrações de outros macros e micronutrientes não atendem as quantidades recomendadas para a digestão anaeróbia (BARROS et al., 2017; JANKE et al., 2016) e a adição de cinzas pode ser uma solução.

Por exemplo, BATTI, (2018) observou-se que a melhor condição foi a adição de 1,0 grama de cinza da casca de arroz nos reatores operados a 40 °C, a qual foi capaz de aumentar a produção de biogás em 151% quando comparada com o reator à temperatura ambiente. Conclui-se que o uso de cinzas de casca de arroz como catalisador é uma alternativa viável para aumentar a produção de biogás.

2.2.2 Uso na construção civil

A indústria da construção civil tem enfrentado desafios para tornar suas práticas mais sustentáveis, buscando alternativas ao cimento convencional, que é responsável por altas emissões de dióxido de carbono durante sua produção. Nesse contexto, a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como substituto parcial do cimento tem despertado interesse, devido à sua disponibilidade abundante e potencial de redução do impacto ambiental (CARDOZO; SILVA; MARTINS, 2023).

De acordo com CACURO; WALDMAN, (2015) as cinzas resultantes da queima do bagaço em virtude do seu baixo valor agregado e grande quantidade de sílica, poderia ser uma alternativa atraente e viável para substituição da areia em construção civil. Embora a areia seja um material de baixo custo, sua logística de transporte causa um aumento de seu custo final. Com o uso de cinzas consegue-se um menor custo, aumentando a eficiência na produção de materiais cimentícios pela redução dos custos. Este uso também diminui o impacto ambiental das usinas de beneficiamento de cana-de-açúcar pela reutilização do resíduo gerando lucro, que de outra forma geraria custos com seu tratamento e descarte. O processo de incorporação das cinzas como material inerte em substituição parcial de outros materiais de maior custo, apesar de usual, agrega pouco valor ao material.

A durabilidade de concretos que utilizaram a cinzas residuais da combustão de bagaço de cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo por meio de ensaios de carbonatação e abrasão forma estudados por LIMA et al., (2011). Os resultados foram comparados aos obtidos para um concreto sem adição das cinzas e foram dosados para que tivessem a mesma consistência e o mesmo teor de argamassa. Produziram-se traços com 0%, 30% e 50% de cinzas, em substituição ao agregado miúdo em três grupos diferentes. Foram realizados ensaios mecânicos e, a partir dos resultados obtidos, os concretos que apresentaram os melhores resultados foram submetidos ao ensaio de carbonatação, nas idades de 60, 120 e 210 dias, e ao ensaio de abrasão superficial, aos 28 dias. Os resultados obtidos permitiram concluir que a carbonatação e a abrasão do concreto produzido com a cinzas como substituto parcial do agregado miúdo e o cimento são similares ao concreto sem adição da cinza.

2.2.3 Zeólita

A utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na síntese de zeólita pode ser utilizada para purificação de etanol com teste em coluna piloto de adsorção (FIGUEIREDO, 2020). Com o intuito de amenizar os impactos ambientais gerados por solventes e a deposição inadequada de resíduos como a cinza do bagaço de cana, a autora realizou a síntese de zeólitas e os testes de eficiência de desidratação de etanol, empregando zeólitas comerciais e as produzidas neste trabalho. Os resultados foram promissores para o processo de desidratação do etanol.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cinzas obtidas na queima de bagaço de cana-de-açúcar possuem características físicas e químicas, que permitem a sua utilização no solo. No entanto, em virtude dos grandes volumes gerados, observa-se a aplicação na suplementação nutricional e alcalinidade em reatores anaeróbios e na construção civil, valorizando esse subproduto.

REFERÊNCIAS

- BARROS, V. G. et al. Improved methane production from sugarcane vinasse with filter cake in thermophilic UASB reactors, with predominance of *Methanothermobacter* and *Methanosarcina* archaea and *Thermotogae* bacteria. **Bioresource Technology**, v. 244, n. July, p. 371–381, 2017.
- BATTI, J. C. **Digestão Anaeróbia De Dejeito De Vaca Leiteira: Um Estudo Do Uso De Cinzas De Casca De Arroz Para Aumentar a Produção De Biogás**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.
- CACURO, T. A.; WALDMAN, W. R. Cinzas da Queima de Biomassa: Aplicações e Potencialidades. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2154–2165, 2015.
- CARDOZO, C.; SILVA, F. A.; MARTINS, V. P. Substituição parcial do cimento por cinzas de bagaço de cana de açúcar em concreto. **UNIBH**, 2023.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Boletim da Safra 2021**, v. 8, n. Quarto levantamento, p. 56, 2021.
- CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. D. M. R. Characterization of sugar cane bagasse ash for use as pozzolan in cementitious materials. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 82–86, 2009.
- Figueirêdo, N. A. C. **Utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na síntese de zeólita A para purificação de etanol com teste em coluna piloto de adsorção**, 2020. Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal de Pernambuco, 2020.
- FUESS, L. T. et al. Diversifying the portfolio of sugarcane biorefineries: Anaerobic digestion as the core process for enhanced resource recovery. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 147, n. September 2020, p. 111246, 2021.

JANKE, L. et al. Enhancing biogas production from vinasse in sugarcane biorefineries: Effects of urea and trace elements supplementation on process performance and stability. **Bioresource Technology**, v. 217, p. 10–20, 2016.

LIMA, S. A. et al. Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 201–212, 2011.

LYRA, G. P. et al. Comparison of original and washed pure sugar cane bagasse ashes as supplementary cementing materials. **Construction and Building Materials**, v. 272, p. 122001, 2021.

MATOS, W. E. DE C. et al. Utilização de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar como material de preenchimento estrutural ou pozolânico para a produção de argamassas cimentícias: uma revisão. **Revista Materia**, v. 26, n. 4, 2021.

NOVACANA. **Brasil terá recordes para açúcar em 2023/24, com 50% do comércio global, diz Job**. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/brasil-recordes-acucar-2023-24-50-comercio-global-job-310823>. Acesso em 22/11/2023.

OLIVEIRA et al., Composição Química de Cinzas de Caldeira da Agroindústria do Dendê. **Comunicado Técnico 155**, Embrapa, 2006.

RIBEIRO et al., **Utilização da cinza vegetal para calagem e correção de solos – um estudo de caso para a região metropolitana de Curitiba (RMC)**. AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.2, n.03; p. 2015.

APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, Filipe Matheus Sant’Anna, RG 59.689.551-3, aluno regularmente matriculado no **Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis**, da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), declaro que meu trabalho de graduação intitulado **Caraterização e usos das cinzas obtidas da queima de bagaço de cana-de-açúcar é ORIGINAL.**

Declaro que recebi orientação sobre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tenho conhecimento sobre as Normas do Trabalho de Graduação da Fatec-JB e que fui orientado sobre a questão do plágio.

Portanto, estou ciente das consequências legais cabíveis em caso de detectado PLÁGIO (Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais, publicada no D.O.U. de 20 de fevereiro de 1998, Seção I, pág. 3) e assumo integralmente quaisquer tipos de consequências, em quaisquer âmbitos, oriundas de meu Trabalho de Graduação, objeto desse termo de originalidade.

Jaboticabal/SP, [inserir dia, mês e ano].

Filipe Matheus Sant’Anna

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me disponibilizado toda esta oportunidade, pela ajuda que me deu durante a prova, por ter conseguido ingressar nessa faculdade, agradeço a minha irmã que confiou em mim me ajudando, me dando o ânimo necessário e a ajuda financeira para ingressar no curso.

Agradeço à Fatec-JB, gestores, professores e funcionários que contribuíram de alguma maneira para a realização desse trabalho.

Ao professor ou à professora Rose Maria Duda pelas orientações.

Aos meus pais, pois, sem eles, não teria chegado a lugar algum, que Deus abençoe eles grandemente e que retribua em dobro tudo o que me deram até o presente momento, e que irão dar futuramente.