

Uso sustentável da cinza de eucalipto no cultivo de *Beta vulgaris*

A preocupação com a origem e o modo de produção agrícola sustentável tem despertado interesse na realização de pesquisas com produtos oriundos da agroindústria, que gera grande volume de resíduos orgânicos. A cinza produzida pelos processos agroindustriais é um destes resíduos, estimando que sua produção mundial seja de 750 milhões de toneladas por ano e apenas metade deste volume tem reutilização de uma forma sustentável. O objetivo deste trabalho foi analisar a interação da cinza de cavaco de eucalipto em solo argiloso e arenoso através da análise química e avaliar o desenvolvimento da beterraba sob diferentes dosagens de cinza. O delineamento experimental foi realizado em blocos inteiramente casualizados, com arranjo fatorial de 2X6, sendo dois tipos de solo e seis tratamentos, tendo sete repetições cada arranjo. Os atributos físicos e químicos dos dois solos e da cinza de eucalipto foram avaliados. As variáveis analisadas foram números de folhas, diâmetro da raiz, comprimento da raiz, massa verde da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz de beterraba. Os resultados foram submetidos a análise de variância (5%), ao teste de Tukey (5%) e teste de regressão de probabilidade a 5%. A cinza utilizada apresentou quantidade razoável de nitrogênio (N) e cálcio (Ca) e apenas traços de magnésio (Mg), com alta relação Ca/Mg e pH alcalino. Observou-se um aumento nos teores dos nutrientes no solo, assim como reduziu a disponibilidade de alumínio, elevando o pH, deixando os nutrientes essenciais em melhor disponibilidade para serem absorvidos no sistema radicular da planta. Os teores de MO, P, K, Ca, Mg no solo elevaram-se, de acordo com o aumento das doses aplicadas, melhorando o pH, CTC, SB e V%, proporcionando melhor desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea da planta de beterraba. O solo argiloso foi o que demonstrou melhores respostas com a incorporação da cinza vegetal, tanto nas características químicas do solo, quanto no desenvolvimento da beterraba. Os resultados indicaram que a cinza vegetal como corretivo e fertilizante melhora as características químicas do solo. A dose de cinza vegetal que proporcionou melhores características biométricas e acarretou maior produção de beterraba foi de 28 g/dm³. O fornecimento de cinzas no solo contribuiu para o desenvolvimento destas raízes.

Palavras-chave: Beterraba; Biomassa vegetal; Fertilidade; Resíduos.

Sustainable use of eucalyptus ash in the growth of *Beta Vulgaris*

The preoccupation about the origin and the mode of sustainable agricultural production has aroused interest in conducting research with products from the agribusiness that generates a large volume of organic waste. The ash produced by agro-industrial processes is one of these residues, estimating that its world production is 750 million tons per year and only half of this volume is reused in a sustainable way. The objective of this work was to analyze the interaction of eucalyptus chip ash in clayey and sand soil through chemical analysis and to evaluate the development of beetroot about different ash dosages. The experimental outlining was accomplished in completely randomized blocks, with a 2X6 factorial arrangement, with two types of soil and six treatments, with seven replications each arrangement. The physical and chemical attributes of the two soils and of the eucalyptus ash were evaluated. The variables analyzed were leaf numbers, root diameter, root length, shoot green mass, shoot dry mass root green mass, beet root dry mass. The results were submitted to analysis of variance (5%), Tukey's test (5%) and probability regression test at 5%. The ash utilized used showed a reasonable amount of nitrogen (N) and calcium (Ca) and only traces of magnesium (Mg), with a high Ca / Mg ratio and alkaline pH. An increase in soil nutrient content was observed, as well as a reduction in aluminum availability, raising the pH, leaving essential nutrients in better availability to be absorbed in the plant's root system. The contents of Mo, P, K, Ca, Mg in the soil increased, according to the increase of the applied doses, improving the pH, CTC, SB and V%, providing better development of the root system and the aerial part of the plant beetroot. The clayey soil showed the best responses with the incorporation of vegetable ash, both in the chemical characteristics of the soil as in the development of the beet. The results indicated that vegetable ash as a corrective and fertilizer improves the chemical characteristics of the soil. The dose of vegetable ash that provided better biometric characteristics and resulted in higher beet production was 28 g/dm³. The supply of ash in the soil contributed to the development of these roots.


Keywords: Beet; Fertility; Vegetable biomass; Waste.


Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **02/03/2022**

Approved: **19/03/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Gabriela Magdalena Sartorelli da Silva Margonar 
Centro de Ensino Superior de Maringá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4752725892870961>
<https://orcid.org/0000-0001-5720-6147>
echosollus@gmail.com

Edneia Aparecida de Souza Paccola 
Centro de Ensino Superior de Maringá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5090759600495959>
<https://orcid.org/0000-0002-3182-3224>
edneia.paccola@unicesumar.edu.br

Francieli Gasparotto 
Centro de Ensino Superior de Maringá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2673470812353146>
<https://orcid.org/0000-0002-4038-7364>
francieli.gasparotto@unicesumar.edu.br

Edison Schmidt Filho
Centro de Ensino Superior de Maringá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7605628504842582>
edison.schmidt@unicesumar.edu.br

Fabiana Maestá dos Santos
Centro de Ensino Superior de Maringá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2289037389775921>
fabimaesta@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0021

Referencing this:

MARGONAR, G. M. S. S.; PACCOLA, E. A. S.; GASPAROTTO, F.; SANTOS, F. M.. Uso sustentável da cinza de eucalipto no cultivo de *Beta vulgaris*. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.3, p.260-272, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0021>

INTRODUÇÃO

No mundo, são gerados milhões de toneladas de resíduos provenientes de atividades agroindustriais. Neste contexto, de acordo com a FAO - Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura estimam que cerca de 1,3 bilhão de toneladas por ano, seja produzida no mundo a partir de resíduos agroindustriais, com o agravante que mais de 30% dos alimentos que poderiam ser destinados ao consumo humano são desperdiçados, através do processamento, como resíduo, ou durante o processo em toda a cadeia produtiva¹. Segundo dados da CONAB (2020), dentre as principais culturas geradoras de resíduos agroindustriais, podemos citar no ano de 2020, a soja, com uma produção 124,8 milhões de toneladas de grãos, o milho, com 102,5 milhões de toneladas e a cana-de-açúcar, com 642,7 milhões de toneladas.

Nas indústrias de papel e celulose, assim como em diversas outras indústrias processadoras, a energia gerada no processo de produção ocorre através da queima de biomassa florestal, gerando uma grande quantidade de cinza (SIMIONI et al., 2018). Bellote et al. (1998) define como resíduo, as sobras que ocorrem no processamento mecânico, físico ou químico, e que não são incorporados ao produto. Estes autores ainda descrevem que a cinza produzida durante a queima da biomassa florestal em muitos destes processos agroindustriais é um destes resíduos e possui em sua composição compostos que podem ter efeitos favoráveis ao solo e a planta.

De acordo com Izquierdo et al. (2012), estima-se que sejam produzidos anualmente no mundo 750 milhões de toneladas de cinza e apenas metade deste volume tem reutilização de uma forma sustentável. A destinação dos resíduos gerados através das indústrias de processamento é um problema, pois o seu descarte adequado representa um custo a mais no processo, além de representar um problema ambiental devido a sua contínua disposição no meio ambiente (EMBRAPA, 2014).

O uso de resíduos industriais na produção vegetal tem se mostrado vantajoso e sustentável, uma vez que interfere diretamente como incremento na produtividade, e dá destino ao grande volume de resíduos industriais, o que constitui um problema ambiental e dos resíduos como fertilizantes, mitigando a dependência indireta de rochas calcárias, fosfatadas ou mesmo do petróleo (BONFIM et al., 2013). Neste contexto, as aplicações para agregar valor aos resíduos como a produção de plantas (TERRA et al., 2014; MARCO et al., 2012; PRADO et al., 2002) têm tornado o processo produtivo mais sustentável, impedindo o descarte irregular e a redução no custo do tratamento deste, para dispensá-lo.

Basu et al. (2009) em uma revisão sobre a utilização das cinzas na agricultura destacam como principais vantagens, sua capacidade de melhorar as propriedades físicas do solo, o controle de pH do solo e o aumento da capacidade de retenção de água pelo solo. Quanto à indicação para nutrição do solo, destacam que as cinzas possuem nutrientes essenciais para o solo como Cálcio, Ferro, Manganês e Potássio, além de elementos como Boro, Selênio e Molibdênio.

A sugestão da utilização agrícola da cinza vegetal como uma alternativa viável e ecologicamente

¹ <http://www.fao.org.br/daccatb.asp>

correta, possibilita o aproveitamento do resíduo, além de devolver ao ambiente parte dos nutrientes extraídos pelas plantas e armazenados na biomassa que foram retirados na queima, diminuindo o impacto ambiental e promovendo a sustentabilidade (BONFIM, et al. 2013).

A espécie escolhida para o presente estudo foi a *Beta vulgaris* L., está entre as olerícolas mais sensíveis à acidez do solo, sendo necessário, dependendo do caso, corrigir o solo até obter 80% de saturação por bases, além de pH (em água) em torno de 6,5 (TIVELLI et al., 2011). Esta pesquisa teve por objetivo analisar a interação da cinza de cavaco de eucalipto em solo argiloso e arenoso através da análise química e avaliar o desenvolvimento da beterraba sob diferentes dosagens de cinza.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na fazenda da Instituição de Ensino Superior (IES), no noroeste do Paraná/Brasil, situada nas coordenadas geográficas 23°20'43.03"S e 51°52'28.16" O, à 502 m de altitude, clima subtropical úmido (CFA), segundo classificação de Köppen. A temperatura é superior a 22 °C no verão. O delineamento experimental foi com blocos inteiramente casualizados, com arranjo fatorial 2X6 (0, 7, 14, 21, 28 e 35 g/dm³ de cinza de cavaco de eucalipto) em sete repetições, totalizando 42 parcelas experimentais.

A cinza vegetal foi recolhida na caldeira de uma indústria regional sendo analisada no Laboratório de Solos da Sociedade Rural de Maringá-PR e apresentou as seguintes propriedades químicas: pH (Potencial hidrogeniônico): 9,3; CTC (capacidade de troca cationiônica): 7,77 mg/dm³; SB (saturação de bases): 6,65; N (nitrogênio): 1,8 g/Kg¹; P (fósforo): 2,6 g/Kg¹; K (potássio): 1,6 g/Kg¹; Ca (cálcio): 15,0 g/Kg¹; Mg (magnésio): 0,1 g/Kg¹; Al (alumínio): 0,0 g/Kg¹.

O primeiro solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVD), com característica física da areia (15%); silte (14%) e argila (71%), apresentando as seguintes propriedades químicas: pH: 4,3; CTC: 11,68 mg/dm³; V: 38,78 %; P: 5,24 mg dm⁻³; K: 0,13 cmol_c dm⁻³; Ca: 3,43 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,97 cmol_c dm⁻³; Al: 0,4 cmol_c dm⁻³; MO: 2,63%.

O segundo solo utilizado foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (AVA), com característica física da areia (86%); silte (2%) e argila (12%), apresentando as seguintes propriedades químicas: pH: 6,2; CTC: 5,76 mg/dm³; V: 63,37 %; P: 34,37 mg dm⁻³; K: 0,23 cmol_c dm⁻³; Ca: 2,57 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,85 cmol_c dm⁻³; Al: 0,0 cmol_c dm⁻³; MO (Matéria orgânica): 1,76%.

Os solos foram coletados na camada superficial (0 - 20 cm), peneirados em malha de 4 mm. Na sequência, foram adicionadas 7, 14, 21, 28 e 35 g/dm³ de cinza de cavaco de eucalipto ao solo até a mistura ficar homogênea, além da sem a presença de cinza (testemunha), colocados em vasos de 9 L (9 dm³) e irrigados controlando a umidade através de um tensiômetro digital. O experimento foi realizado em casa de vegetação com estrutura de alumínio e coberta com plástico. Em cada vaso foi transplantada uma muda de beterraba com 5 cm, sendo irrigada por aspersão mantendo a capacidade de campo e os tratamentos culturais mínimos, como a capina manual, não sendo necessário realizar o controle de pragas e doenças, nem o uso de substâncias químicas.

Transcorridos 93 dias do transplântio, a raiz e folhas das beterrabas foram colhidas para realização da avaliação. Foram analisadas sete plantas em cada tratamento, lavadas e colocadas para secar em estufa de circulação de ar à 70° C. Avaliou-se os parâmetros biométricos como número de folhas (g planta⁻¹), comprimento (cm) e diâmetro da raiz (cm) e matéria fresca da parte aérea – MFPA (g planta⁻¹), matéria seca da parte aérea – MSPA (g planta⁻¹), matéria fresca da raiz – MFR (g planta⁻¹) e matéria seca da raiz – MSR (g planta⁻¹).

Cada haste com folha da planta foi contada. O comprimento da raiz foi determinado medindo-se a distância desde o colo da planta até o ápice do sistema radicular, com auxílio de uma fita métrica e o diâmetro da raiz determinado utilizando-se um paquímetro analógico universal. Para estabelecer a massa fresca da parte aérea e das raízes das plantas, cortou-se as plantas no colo e a parte aérea e raiz foram pesados em balança de precisão, em seguida estes materiais foram encaminhados em sacos de papel para estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 70 °C, até atingir massa constante de secagem da massa seca da parte aérea e da raiz.

Após a colheita foi realizada a amostragem dos dois tipos de solo de cada tratamento e encaminhadas ao laboratório, para análise química para determinação dos teores de nutrientes presentes, bem como o pH, MO, SB e CTC.

Os resultados obtidos foram inicialmente submetidos ao teste Tukey (5%), posteriormente à análise de variância para observar a interação dos fatores de variação, em seguida realizada a análise de variância e médias comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade para variáveis qualitativas e análise de regressão para variáveis quantitativas, ambos com auxílio do “software” estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da cinza e tipos de solo

A cinza utilizada apresentou em sua composição fósforo (P), potássio (K), nitrogênio (N) e cálcio (Ca), além de traços de Magnésio (Mg), com um pH alcalino e não houve a presença de alumínio (Tabela 1). Os corretivos de solo têm atributos que os caracterizam e os definem como tal, sendo um deles o seu teor de Ca e Mg. Os teores desses elementos são determinados na forma elementar, mas por convenção são expressos nas formas de CaO e MgO, em todos os corretivos, sendo classificados pelo MAPA, por meio da Instrução Normativa SDA/ Nº 35, de 04 de julho de 2006, quanto ao seu teor de MgO em: calcítico, com menos de 5% de MgO; magnesiano, com 5% a 12% de MgO; e dolomítico, com mais de 12% de MgO.

Verifica-se que a cinza tem carência de magnésio em relação a quantidade de cálcio. Este resultado corrobora com Demeyer et al. (2001) os quais afirmam que a alcalinidade das cinzas pode ser alta, devido à formação de compostos carbonatos e bicarbonatos durante a combustão da biomassa florestal. Neste sentido, Guariz et al. (2009) também relatam que o incremento de cinzas alcalinas no solo pode elevar a produtividade dos cultivos com o aumento do pH do solo. A importância do papel corretivo da cinza no solo também é ressaltada por Maeda et al. (2008) e Terra et al. (2014).

Tabela 1: Caracterização química da cinza de cavaco de eucalipto.

pH	CTC	SB	N	P	K	Ca	Mg	Al
	cmol _c /dm ³				g/kg ¹			
9,3	7,77	6,65	1,8	2,6	1,6	15,0	0,1	0,0

Referente a caracterização física dos solos (Tabela 2), certifica-se que o solo 1 se trata de um Latossolo Vermelho Distrófico e o solo 2 como Argissolo Vermelho Amarelo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), sendo o primeiro muito argiloso e o segundo areia franca. Na tabela 3, são apresentadas as características químicas destes solos.

Tabela 2: Característica física do Latossolo vermelho distrófico (tipo 1) e do Argissolo vermelho amarelo (tipo 2).

Tipos de solo	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
1	15	14	71
2	86	2	12

Tabela 3: Características químicas do Latossolo vermelho distrófico (1) e do Argissolo vermelho amarelo (2).

Tipos de solo	pH	CTC	V	P	K	Ca	Mg	Al	MO
		Mg/dm ³	%	Mg/dm ³	cmol _c /dm ³				%
1	4,3	11,68	38,78	5,24	0,13	3,43	0,97	0,40	2,63
2	6,2	5,76	63,37	34,37	0,23	2,57	0,85	0,00	1,76

A análise química do latossolo vermelho distrófico (1) e do argissolo vermelho amarelo (2) utilizados no experimento são apresentados na tabela 4. Os teores de nutrientes de cada unidade experimental são apresentados, onde observa-se aumento nos teores dos nutrientes no solo, assim como reduziu a disponibilidade de Al, elemento tóxico para a planta. Os valores de alumínio são relativos, pois um valor mais elevado no teor de alumínio em um solo arenoso pode não ser relevante em um argiloso (RONQUIM, 2010).

Houve aumento de pH, deixando os nutrientes essenciais mais disponíveis para serem absorvidos no sistema radicular da planta. Assim, o uso da cinza incorporada ao solo, também otimizou suas características químicas. Observa-se que com aumento da dosagem de cinza incorporada ao solo, tanto no solo argiloso, como no arenoso houve elevação do pH, atingindo 6,1 no argiloso e 7,1 no arenoso.

Tabela 4: Análise química do solo argiloso (1) e solo arenoso (2), incorporados com diferentes doses de cinza (T1: 0; T2: 7; T3: 14; T4: 21; T5: 28 e T6: 35 g/dm³).

Tratamento	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Solo	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
pH	4,3	6,2	4,7	6,7	5,2	6,8	5,6	6,9	5,7	6,9	6,1	7,1
CTC	8,22	5,76	11,55	5,7	11,73	6,36	12,27	5,42	14,23	6,13	13,42	6,39
SB	4,53	3,65	5,75	3,95	7,29	4,73	8,67	3,85	10,76	4,62	10,56	4,88
MO	2,63	1,76	3,7	2,28	3,78	2,39	3,68	2,39	4,47	2,39	3,14	2,75
P	5,24	34,37	25,72	35,75	45,64	41,01	73,73	48,25	80,14	60,23	146,29	68,08
K	0,13	0,23	0,49	0,22	0,76	0,25	1,01	0,28	1,34	0,3	1,78	0,33
Ca	3,43	2,57	4,06	2,88	5,04	3,5	5,98	3,7	7,31	3,6	6,98	3,6
Mg	0,97	0,85	1,2	0,96	1,49	0,96	1,68	0,98	2,11	0,98	1,8	0,98
Al	0,4	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CTC, SB, Al, Ca, Mg e K (cmol_c/dm³); P (mg/dm³); MO (%), Latossolo Vermelho Distrófico (1) e Argissolo Vermelho Amarelo (2).

Em ambos os solos, o maior valor de pH foi observado na dosagem de 35 g/dm³ (Tabela 4), sendo que estes tiveram acréscimos a cada dose. O efeito da correção do pH dos solos avaliados está associado às substâncias alcalinas presentes na cinza, diminuindo a acidez potencial (FERREIRA et al., 2012).

Ocorreu aumento nos teores de macronutrientes com incorporação da cinza, em ambos os solos, no solo argiloso em comparação com o solo arenoso, o aumento nos teores destes macronutrientes foram

maiores, com exceção da matéria orgânica que no solo arenoso houve um incremento de 56%, enquanto no argiloso apenas 19% com a maior dosagem testada. Isto se explica pela maior fertilidade natural do solo argiloso com uma CTC inicial de 8,22 cmol_c/dm³ e após a maior dosagem de cinza de cavaco de eucalipto incorporada, uma CTC de 13,42 cmol_c/dm³, enquanto o solo arenoso apresentou uma CTC de 6,39 cmol_c/dm³ após a maior dosagem de cinza ter sido incorporada.

A interação entre solos e doses de cinza exerceu efeito significativo sobre os valores de pH, P extraível, K, Ca e Al trocável, situação que evidencia interdependência entre os fatores estudados para estas variáveis, conforme a tabela 4. O teor de alumínio presente no solo argiloso foi neutralizado totalmente com dosagens de cinza acima de 14 g/dm³. Sendo um dos encontrados em maiores proporções nas cinzas, o cálcio apresentou teores de 15 g/kg. Neste sentido, Moro et al. (1995) também relatam que a cinza de biomassa aplicada a um solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico pode elevar consideravelmente o valor do pH e dos teores de K, Ca e Mg trocáveis e P disponível e a redução do Al trocável (MORO et al., 1995).

De acordo com Guariz et al. (2009), a incorporação da cinza no solo pode promover mudanças nas suas características, tais como elevação nos níveis de pH e nos teores de Ca, Mg, B (Boro), Mn (manganês), CTC, além de elevar a SB e atuar na redução dos níveis de Al e Fe (ferro). Ram et al. (2014) afirmam que a qualidade nutricional e as alterações por ele sofridas estão relacionadas com o tipo de solo, características e quantidade da cinza utilizada e das condições climáticas. Ferreira et al. (2012) salientam que o efeito na diminuição da acidez potencial do solo é mais influenciado pelo aumento da dose da cinza do que pelo seu tipo.

Silva et al. (2013) reportam que a cinza pode diminuir os teores de Al, aumentar Mg, K e a CTC no solo, outro trabalho relata que a incorporação de cinza ao solo, aumenta os teores de Ca e P (BALBINOT et al., 2014). Ainda, os pesquisadores observaram aumento nos teores de K com aplicação de cinza na quantidade de 15 t/ha até doses de até 80 t/ha (ARRUDA et al. 2016; SILVA et al. 2009; MAEDA et al; 2008). A cinza de biomassa aplicada a um solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico poderá elevar consideravelmente o valor do pH e dos teores de K, Ca e Mg trocáveis e P disponível e a redução do Al trocável (MORO et al., 1995).

Lembrando que é preciso conhecer a solubilidade das substâncias presentes na cinza, pois as que são pouco solúveis (Ca, Mg, P, Na), podem elevar os sais e não estarão disponíveis na solução do solo para absorção das plantas, sendo que as muito solúveis (K, S, Cl, Fe, Zn), mesmo em pequenas quantidades, podem ser extremamente tóxicas (LOO, 2010; AUGUSTO et al., 2008).

De modo geral, esses pesquisadores observaram melhoras significativas no solo, obtidas pela adição da cinza nos solos, com ganhos de produtividade relevante; sendo que a disponibilidade dos nutrientes na cinza, poderia ser um dos fatores responsáveis para bons resultados obtidos pelo incremento nutricional, entretanto, devido à solubilidade, parte dos nutrientes estão mais sujeitos à perda por lixiviação (AUGUSTO et al., 2008).

A redução da acidez potencial do solo, através do uso de cinzas vegetal foi relatada por Pandey et al. (2010), mas esta condição depende da quantidade de Ca e Mg, (óxidos/carbonatos) presentes na cinza

(YUNUSA et al., 2006).

Demeyer et al. (2001) afirmam que a alcalinidade das cinzas pode ser alta, devido à formação de compostos carbonatos/bicarbonatos durante a combustão da biomassa florestal. Em geral, cinzas vegetais apresentam baixas concentrações de N e S devido a volatilização sofrida durante a combustão (ZIMMERMANN et al., 2002). Guariz et al. (2009) relatam que o uso de cinzas alcalinas no solo pode elevar a produtividade dos cultivos por aumento do pH do solo. Ainda, Maeda et al. (2008) e Terra et al. (2014) reforçam o papel corretivo da cinza no solo.

Muitos trabalhos demonstram que a aplicação de cinza pode alterar significativamente o pH e neutralizar a acidez do solo (BONFIM et al., 2015; MAEDA et al., 2008; SOUZA et al., 2013; MÄKELA et al. 2012; TERRA et al. 2014).

Além disso, as cinzas contribuem para melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo (FERREIRA; et al., 2012). Yunusa et al. (2006) avaliaram que as cinzas vegetais foram eficientes para correção de solos degradados, devido a presença de Ca e Mg, que causam interferência no pH e disponibilidade de nutrientes. Ademais, este resíduo melhora a fertilidade do solo, pois envolve diminuição do teor de H^+Al e dos teores de Mg, P e K (OSAKI et al.; 1991; MAEDA et al., 2008; FERREIRA et al., 2012).

Em revisão realizada por alguns autores (SOUZA et al., 2014; TRANI et al., 2013) a beterraba é uma das hortaliças mais sensíveis à acidez do solo em pH do solo entre 6,5 e 7,0. Fica evidente o papel da cinza como agente melhorador dos atributos químicos do solo, e inclusive, como fonte de nutrientes para as plantas, corroborando com trabalhos de Moro et al. (1995).

Lopes et al. (1991) comentam que o Ca é um nutriente de grande importância para a conservação pós-colheita e firmeza de raiz da beterraba, por compor as paredes celulares, reforçando conseqüentemente, as estruturas das plantas. O Cálcio atua diretamente no desenvolvimento radicular da beterraba. Ainda segundo o mesmo autor, além do cálcio, outro elemento essencial para a formação das raízes é o K, pois irá influenciar nos teores de sólidos solúveis dos vegetais e no aumento da quantidade de açúcar na beterraba.

De acordo com Taiz et al. (2017) o NFA influencia diretamente na capacidade fotossintética da planta, assim, quanto maior for o NFA, maior será a capacidade destas em converter a energia luminosa proveniente do sol em energia química. Esta característica de NFA é limitada pela fisiologia da planta e por estar ligada a outros fatores como balanço hormonal, por exemplo (RAVEN et al., 2014).

Segundo Arruda et al. (2016) a disponibilidade dos nutrientes na cinza proporciona um melhor desenvolvimento da raiz, resultando no crescimento das raízes, não ocorrendo somente por conta da disponibilidade dos nutrientes para as plantas, mas também, pela incorporação da cinza melhorar também a capacidade de retenção de água, elevando a reserva de umidade no solo a disposição dos vegetais.

Desenvolvimento de *Beta vulgaris*

Acredita-se ser mais fácil observar o efeito da cinza principalmente para aquelas culturas agrícolas muito exigentes em nutrientes e que foram plantadas em solos distróficos. O uso de cinza nestes plantios realizará a reposição dos nutrientes exportados do solo pelas colheitas. A utilização de cinza diminui o

consumo de fertilizantes químicos, acarretando menor acidificação do solo e aumento do suprimento de cálcio (ZIMMERMANN et al., 2002).

A análise de variância demonstrou interação significativa entre os tipos de solo e as doses utilizadas para os seguintes parâmetros: massa verde da parte aérea (MVPA), massa verde da raiz (MVRA) e massa seca da raiz (MSRA), enquanto para os parâmetros, número de folhas (NFA), diâmetro da raiz (DRA), comprimento da raiz (CRA) e massa seca da parte aérea (MSPA) não apresentaram interação significativa entre doses de cinza e os tipos de solo (Tabela 5).

Tabela 5: Valores das estimativas dos contrastes para as variáveis analisadas na cultura da beterraba sob aplicação de diferentes doses de cinza de cavaco de eucalipto.

Fontes de Variação	NFA	DRA	CRA	MVPA	MVRA	MSPA	MSRA
Solos	101,34*	51,103*	2,12	13,70*	205,06*	84,52*	220,20*
Doses	3,087	7,89*	3,69*	2,99*	14,28*	2,50*	12,04*
Doses*Solos	1,592	1,64	0,918	2,43*	7,26*	1,57	3,54*
CV (%)	14,17	18,68	16,92	20,00	20,50	7,34	24,82

NFA (número de folhas); DRA (diâmetro da raiz); CRA (comprimento da raiz); MVPA (massa verde da parte aérea); MVRA (massa verde da raiz); MSPA (massa seca da parte aérea); MSRA (massa seca da raiz). *A 5% de probabilidade pelo teste F da análise de variância, pelo menos um dos tratamentos difere significativamente dos demais para a variável analisada.

Taiz et al. (2017) explica que a diminuição da MVPA (massa verde parte aérea) nas plantas depois de atingir o pico em uma determinada dosagem dos nutrientes, assemelha-se ao que acontece na lei dos elementos decrescentes, pois acima do nível ótimo de determinado nutriente no solo, este mesmo nutriente começa a limitar o desenvolvimento da planta.

Segundo Raven et al. (2014) a produção de folhas com boa quantidade de massa tem papel essencial nas plantas, sendo responsáveis pela produção fotossintética e posterior acúmulo de nutrientes nas raízes e no desenvolvimento da planta como um todo. Logo, quanto maior for a área fotossintética da planta, melhor será o acúmulo de nutrientes na raiz da beterraba.

Verifica-se que houve uma dispersão dos dados em torno da média, quanto menor foi o valor do coeficiente, mais homogêneos são os dados. Assim, o coeficiente de variação é uma forma de expressar a variabilidade dos dados excluindo a influência da ordem de grandeza da variável. Além disso, embora algumas características tenham apresentado significância utilizando-se os dados reais, optou-se pelo ajuste quadrático devido ao elevado coeficiente de determinação obtido, facilitando a análise.

Na Tabela 6, a interação entre solos e doses de cinza vegetal não foi significativa sobre a variável NFA, entretanto, houve aumento significativo somente na testemunha em comparação às outras que tiveram acréscimo de cinza vegetal. Porém, entre as doses testadas não houve diferença, mas houve variação entre os tipos de solo, demonstrando maiores produções em NFA da beterraba em solo argiloso, com média de 3,82 folhas por planta (dados com ajuste quadrático).

A média do NFA nas unidades experimentais sem incorporação da cinza ficou em torno de 10 folhas por planta (dados reais) transcorridos 93 dias, enquanto, quando aplicado ao menos uma dose de cinza qualquer dentro dos níveis estudados, a produção foi de 10 para 16 folhas por planta, contribuindo, também para o aumento da MVPA/MSPA da beterraba.

Tabela 6: Valores médios do número de folhas, diâmetro de raiz e massa seca da parte aérea de *Beta vulgaris* L. cultivadas sob solo argiloso e arenoso.

Parâmetro	Solo Argiloso		Solo Arenoso	
	Valor	Letra	Valor	Letra
Número de Folhas	3,82	a	2,79	b
Diâmetro da Raiz (cm)	6,89	a	5,12	b
Massa seca parte aérea (g)	1,69	a	0,96	b

De acordo com Taiz et al. (2017) o NFA influencia diretamente na capacidade fotossintética da planta, assim, quanto maior for o NFA, maior será a capacidade destas em converter a energia luminosa proveniente do sol em energia química. Esta característica de NFA é limitada pela fisiologia da planta e por estar ligada a outros fatores como balanço hormonal, por exemplo (RAVEN et al., 2014).

Não houve interação significativa entre solos e doses na variável DRA (Tabela 5), porém observa-se na Tabela 6, que houve uma diferença significativa entre os solos, demonstrando maiores DRA no solo argiloso, com média de 6,89 cm (dados com ajuste quadrático).

A incorporação da cinza de cavaco de eucalipto disponibilizou macronutrientes (Tabela 1) para a cultura de beterraba, dentre eles o nitrogênio, na quantidade 1,8 g/kg, o que pode justificar este aumento no NFA. Na análise de variância da MSPA constatou-se que não houve interação significativa entre solos e doses aplicadas, porém houve variação significativa entre os solos e entre as doses de cinza incorporadas no solo, como se observa na Tabela 5.

A incorporação de diferentes doses de cinza aos solos (Tabela 6), proporcionou aumento significativo da MSPA entre os solos demonstrando maiores quantidades, sendo 1,69 g no solo argiloso em relação ao arenoso com produção média de 0,96 g (ajuste quadrático).

Em relação as variáveis ligadas ao desenvolvimento radicular da planta, foram avaliados o DRA e o CRA, características diretamente ligadas ao interesse comercial, sendo os resultados das regressões apresentados na Figura 1.

O fornecimento de cinzas proporcionou maior acúmulo de nutrientes nas raízes da beterraba e, conseqüentemente, contribuiu para maior DRA, característica desejada comercialmente. Pode-se observar na figura 2a, pelo modelo matemático de $Y = 4,6309 + 0,1432x - 0,0025x^2$, que a dose ideal para o DRA é de 29 g/dm^3 , sendo que, doses superiores a esta, proporcionaram uma redução no DRA, supondo desequilíbrio entre os nutrientes fornecidos.

Observa-se na Figura 1b, a relação entre a dose de cinza e o CRA, sendo uma regressão linear positiva em que, quanto maior a dosagem de cinza fornecida, maior será o CRA. O modelo de regressão linear $Y = 6,1481 + 0,0336x$ permite observar que, a cada 1 g/dm^3 fornecida para a planta de beterraba, seu CRA aumenta proporcionalmente em 0,0336 cm (dados com ajuste quadrático).

Em relação à MVPA, observa-se na Figura 2a, que o modelo de regressão adotado foi o quadrático devido a seu maior grau de significância. Constatou-se pelo modelo matemático de $Y = 3,5734 + 0,13x - 0,003x^2$ que a dose ideal para produção de MVPA é de 22 g/dm^3 , conforme ocorre aumento na dose das cinzas incorporadas ao solo, o MVPA aumenta significativamente até 22 g/dm^3 de cinzas, ocorrendo uma diminuição desta massa quando incorporado dosagens maiores de 22 g/dm^3 de cinzas, surgindo a hipótese de desequilíbrio entre os nutrientes fornecidos. Pelo coeficiente de determinação de 0,78, pode-se verificar

a precisão do modelo matemático em explicar o fenômeno biológico, tendo como a melhor dose 22 g/dm³, o que levará a uma produção de MVPA de 4,98 gramas por planta (dados com ajuste quadrático).

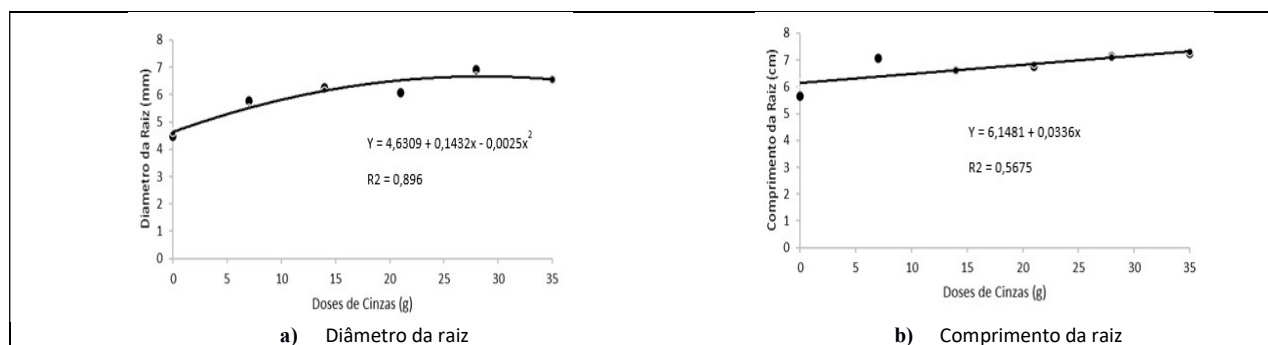


Figura 1: Diâmetro e comprimento da raiz de beterraba, em função das doses de cinza de cavaco de eucalipto.

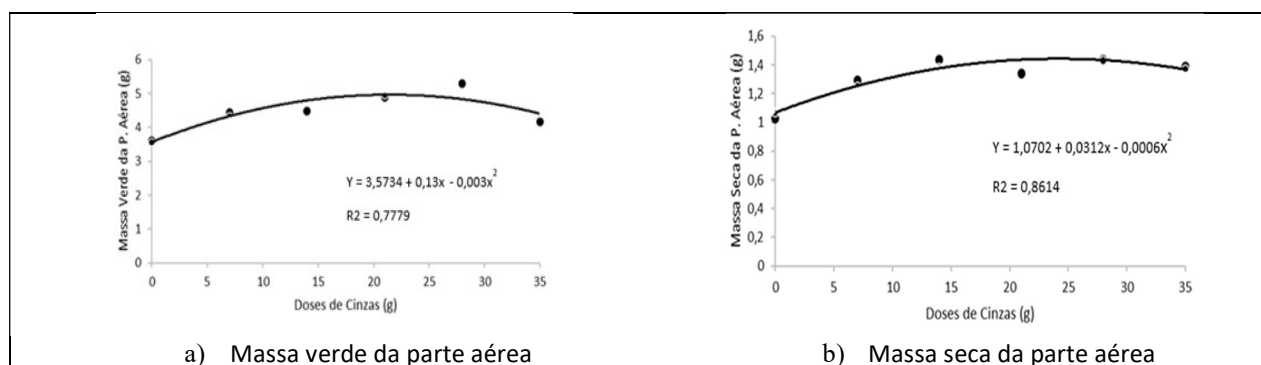


Figura 2: Massa verde e seca da parte aérea das plantas de beterraba, sob diferentes doses de cinza de cavaco de eucalipto.

No que diz respeito à MSPA, pode-se observar na Figura 2b, que o modelo de regressão quadrático proporciona maior grau de significância. Neste caso, utilizando o modelo $Y = 1,0702 + 0,0312x - 0,0006x^2$ determina-se que a dose ideal para produção de MSPA é de 26 g/dm³ de cinza, ocorrendo uma diminuição desta massa seca quando incorporado dosagens maiores que esta.

Taiz et al. (2017) explica que a diminuição da MVPA depois de atingir o pico em uma determinada dosagem assemelha-se ao que acontece na Lei dos Elementos Decrescentes, pois acima do nível ótimo de determinado nutriente no solo, este mesmo nutriente começa a limitar o desenvolvimento da planta.

Segundo Raven et al. (2014) a produção de folhas com boa quantidade de massa tem papel essencial nas plantas, sendo responsáveis pela produção fotossintética e posterior acúmulo de nutrientes nas raízes e no desenvolvimento da planta como um todo. Logo, quanto maior for a área fotossintética da planta, melhor será o acúmulo de nutrientes na raiz da beterraba.

Na Figura 3a, é possível observar que houve interação significativa entre solos e doses incorporadas de cinza na produção de MVR, sendo adotado o modelo de regressão quadrático devido a seu maior grau de significância, constatando pelo modelo $Y = 4,4848 + 0,4796x - 0,01x^2$, que a dose de cinza ideal para produção de MSRA é de 24 g/dm³.

Considerando estes modelos matemáticos, pode se afirmar que no solo argiloso a dose de cinza ideal para produção de MSRA é de 24 g/dm³ (Figura 4b), enquanto no solo arenoso, a cada incremento de uma

grama na dosagem de cinza incorporada, haverá um incremento de 0,0239 g na MSRA de beterraba (Figura 3c).

Observa-se pelos dados, que além de maior DRA e CRA, houve aumento significativo das MVRA e MSRA da beterraba, indicando que a incorporação nos solos das doses de cinza oportunizou um aumento significativo no desenvolvimento radicular, devido a disponibilização de nutrientes ao solo.

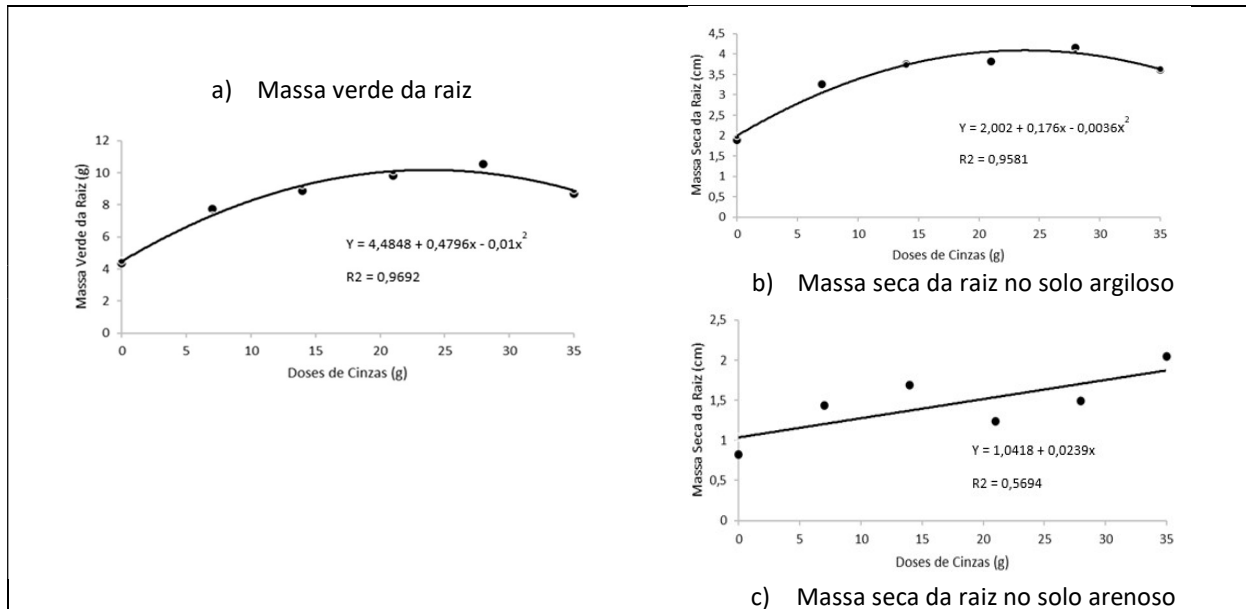


Figura 3: Massa verde e massa seca da raiz das plantas de beterraba, sob diferentes doses de cinza de cavaco de eucalipto em solo argiloso e em solo arenoso.

Analisando pelo teste de Tukey, todas as doses de cinza testadas apresentaram diferença significativa, entre os solos argiloso e arenoso, no peso de MSRA, indicando que no solo argiloso as dosagens de cinza responderam melhor, acarretando maiores valores de MVRA e MSRA, como demonstrado na Tabela 7.

Entre os tipos de solo houve diferença significativa em todas as dosagens de cinzas incorporadas, apresentando as melhores médias na MVRA o solo argiloso, com 10,56 g na dosagem de 28 g/dm³, como pode ser observado na Tabela 7, o mesmo pode ser observado em relação a MSRA, com 4,16 g, também é a dose de 28 g/dm³, a que teve melhor desempenho.

Tabela 7: Massa verde e seca da raiz de beterraba, sob diferentes doses de cinza em solo argiloso e solo arenoso.

Parâmetro/Dosagem de Cinzas (g/dm ³)	0		7		14		21		28		35	
Tipo de solo	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Massa Verde da Raiz (g)	4,38a	3,29a	7,74a	4,44b	8,87a	4,41b	9,82a	3,79b	10,56a	4,60b	8,70a	5,23b
Massa Seca da Raiz (g)	1,89a	0,82b	3,26a	1,44b	3,75a	1,69b	3,82a	1,24b	4,16a	1,49b	3,62a	2,05b

1-Solo argiloso, 2- Solo arenoso.

Segundo Arruda et al. (2016) a disponibilidade dos nutrientes na cinza proporciona um melhor desenvolvimento da raiz, resultando no crescimento das raízes, não ocorrendo somente por conta da disponibilidade dos nutrientes para as plantas, mas também, pela incorporação da cinza melhorar também a capacidade de retenção de água, elevando a reserva de umidade no solo a disposição dos vegetais. De acordo com Dell e Huang (1997), a deficiência de boro interfere no alongamento da raiz, limitando o

crescimento e a divisão celular das raízes, conseqüentemente, sendo que sua indisponibilidade no solo, interfere diretamente no crescimento radicular.

CONCLUSÕES

A aplicação da cinza vegetal alterou as características químicas dos solos analisados, os teores de nutrientes apresentaram diferença entre as doses de cinza, tendo os teores de MO, P, K, Ca, Mg no solo elevados, de acordo com o aumento das doses aplicadas, melhorando o pH, CTC e V%. O solo argiloso com a incorporação da cinza vegetal, demonstrou melhores respostas nos parâmetros analisados para o desenvolvimento da beterraba, apresentando capacidade de ser uma fonte de nutrientes para esta cultura.

Entre os resultados apresentados, o solo que obteve melhor resultado foi o argiloso, devido a melhor resposta em relação a elevação de teores nutricionais e melhoria nos índices de fertilidade. Sobre as doses de cinza, destacou-se a dose de 28 g/dm³, que apresentou melhor desempenho na maioria dos parâmetros analisados, indiferente ao tipo de solo analisado.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M.; SANTOS, S. J. A.. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista Principia**, João Pessoa, n.30, p.13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n30p18-30>

AUGUSTO, L.; BAKKER, M. R.; MEREDIEU, C.. Wood ash applications to temperate forest ecosystems: potential benefits and drawbacks. **Plant Soil**, Dordrecht, v.306, n.1-2, p.181-198, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9570-z>

BALBINOT, A. A. J.; VEIGA, M.; FONSECA, J. A.; VOGT, G. A.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, E. R. O.. Aplicação de resíduo de reciclagem de papel em Cambissolo Háplico e seu efeito no solo e no cultivo de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.336-344, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000100034>

BASU, M.; PANDE, M.; BHADORIA, P. B. S.; MAHAPATRA, S. C.. Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. **Progress in Natural Science**, v.19, n.10, p.1173-1186, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.12.006>

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C.. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.37, p.99-106, 1998.

BONFIM, E. M. S.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. C. S.. Cinza Vegetal: Características Produtivas e Teor de Clorofila do Capim-Marandu. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.5, p.1215-1225, 2013.

BONFIM, E. M. S.; CARVALHO, J. M. G.; PEREIRA, M. T. J.; SILVA, T. J. A.. Cinza vegetal na adubação de plantas de algodoeiro em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.21, p.524, 2015.

DELL, B.; HUANG, L. B.. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.1, p.103-120, 1997. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-5580-9_8

DEMEYER, A.; NKANA, J. C. V.; VERLOO, M. G.. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. **Bioresource Technology**, v.77, p.287-295, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(00\)00043-2](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(00)00043-2)

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D.. Chemical properties of an Oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.228-236, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1806-66902012000200004>

FERREIRA, D. F.. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

GUARIZ, H. R.; PICOLI, M. H. S.; CAMPANHARO, W. A.; RODRIGUES, B. P.. Uso de cinzas de fornos de cerâmica como fonte de nutrientes para aproveitamento na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS. **Anais**. Vitória, 2009.

IZQUIERDO, M.; QUEROL, X.. Leaching behaviour of elements from coal combustions fly ash: an overview. **International Journal of Coal Geology**, v.94, p.54-66, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.10.006>

LOO, S. V.. **The handbook of biomass combustion and co-firing**. Londres: Earthscan, 2010.

LOPES, A. S., SILVA, M. C., GUILHERME, L. R. G.. **Boletim técnico nº 1: acidez do solo e calagem**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1991.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; CARDOSO, C.. Resposta de *Pinus taeda* à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.43-52, 2008.

MÄKELA, M.; WATKINS, G.; PÖYKIO, R.; NURMESNIEMI, H.; DAHL, O.. Utilization of steel, pulp and paper industry solid residues in forest soil amendment: Relevant physicochemical properties and heavy metal availability. **Journal Hazardous Materials**, v.208, p.21-27, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.02.015>

MARCO, L. A.; BALBINOT JR, A. A.; OLIVEIRA, T. M. N.; FONSECA, J. A.; COSTA, E. R. O.; VEIGA, M.. Atributos de solo e rendimento da cultura do milho em função da aplicação de resíduo de reciclagem de papel em um Cambissolo Háptico. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.25, n.1, 2012.

MORO, L.; GONÇALVES, J. L. M.. Efeitos da "cinza" de biomassa florestal sobre a produtividade de povoamentos puros de *Eucalyptus grandis* e avaliação financeira. **IPEF**, Piracicaba, n.48/49, p.18-27, 1995.

OSAKI, F.; DAROLT, M. R.. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba, **Revista Setor Ciências Agrárias**, Curitiba, v.11, n.1, p.197-205, 1991.

PANDEY, V. C.; SINGH, N.. Impact of fly ash incorporation in soil systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.136, n.1-2, p.16-27, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.11.013>

PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W.. Efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira. **Acta Scientiarum**, Piracicaba, v.24, n.5, p.1493-1500, 2002. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2412>

RAM, L. C.; MASTO, R. E.. Fly ash for soil amelioration: A review on the influence of ash blending with inorganic and organic amendments. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v.128, p.52-74, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.10.003>

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E.. **Biologia**

Vegetal. 8 ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

RONQUIM, C. C.. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**: Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Campinas: Embrapa, 2010.

SIMIONI, F. J.; BUSCHINELLI, C. C. A.; DEBONI, T. L.; PASSOS, B. M. dos. Cadeia produtiva de energia de biomassa florestal: o caso da lenha de eucalipto no polo produtivo de Itapeva – SP, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.28, n.1, p.310-323, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831602>

SOUZA, J. L.; RESENDE, P.. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil. 2014.

SOUZA, R. J.; FONTANETTI, A.; FIORINI, C. V. A.; ALMEIDA, K.. **Cultura da Beterraba**: Cultivo convencional e cultivo orgânico. Lavras: UFLA. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A.. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. São Paulo: Artmed, 2017.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; FACTOR, L.; BREDA, J. M. J.. **Calagem e Adubação da Beterraba**. Campinas: IAC, 2013.

TERRA, M. A.; LEONEL, F. F.; SILVA, C. G.; FONSECA, A. M.. Cinza vegetal na germinação e no desenvolvimento da alfaca. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.6, n.1, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v6n12014526>

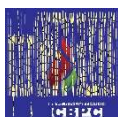
TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A.. **Beterrabas**: do plantio à comercialização. Boletim Técnico Nº 210. Campinas: Instituto agrônomo, 2011.

YUNUSA, I. A. M.. Fly-ash: an exploitable resource for management of Australian agricultural soils. **Fuel**, v.85, p.2337-2344, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.01.033>

ZIMMERMANN, S.; FREY, B.. Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: effects of wood ash. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, n.11, p.1727-1737, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00160-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00160-8)

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157807701848227841/>