

Desafios e avanços para produção de sementes em sistema de cultivo orgânico

Lilian V. M. de Tunes
Cristina Rossetti
Organizadoras



2024

Lilian Vanussa Madruga de Tunes
Cristina Rossetti
Organizadoras

**Desafios e avanços para produção de
sementes em sistema de cultivo
orgânico**



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

D441

Desafios e avanços para produção de sementes em sistema de cultivo orgânico / Organização de Lilian Vanussa Madruga de Tunes, Cristina Rossetti. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.
78p.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-34-1

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756341>

1. Sementes. 2. Fisiologia. I. Tunes, Lilian Vanussa Madruga de (Organizadora). II. Rossetti, Cristina (Organizadora). III. Título.

CDD 631.521

Índice para catálogo sistemático

I. Sementes



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

A crescente demanda dos consumidores por alimentos naturais e livres de substâncias químicas ganha força em todos os elos da cadeia da produção – da indústria de insumos aos agricultores. A palavra de ordem é substituir o método tradicional de produção dos alimentos por uma nova, moderna e mais amigável versão, a partir do uso de insumos naturais ou biológicos, que apresentam consideravelmente menor impacto ambiental. A produção biológica sempre esteve presente no agronegócio, mas agora ganha espaço por uma demanda da sociedade. As pessoas optam, cada vez mais, por alimentos saudáveis e produzidos com respeito ao meio ambiente.

Esse movimento impulsiona os bioinsumos, mercado que já representa mais de US\$ 1,2 bilhão por ano em negócios no Brasil todo produto biológico é benéfico para as plantas porque quando passam a integrar o sistema produtivo trabalham de forma harmônica, sustentável e regenerativa nas mais diversas culturas, como soja, milho, algodão, frutas e outras.

No Brasil, os alimentos orgânicos precisam estar de acordo com a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Apesar de todos os esforços, é impossível garantir que o alimento orgânico esteja 100% livre de resíduos de fertilizantes. Estudos demonstram que 13% dos alimentos orgânicos apresentam traços desses compostos químicos, enquanto nos alimentos tradicionais os números podem chegar a 71%.

Com isso, a agricultura orgânica é um movimento de cultivo de alimentos que busca reduzir os impactos ambientais ao solo e aos lençóis freáticos provocados por métodos convencionais que usam pesticidas e fertilizantes. Além disso, há uma preocupação com a redução de elementos nocivos que podem chegar à mesa do consumidor.

A produção de sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal é hoje um dos maiores desafios para a agricultura orgânica. Mesmo com o pioneirismo na produção orgânica, a produção de insumos possui pouca oferta de sementes orgânicas para atender ao processo de certificação em toda a cadeia produtiva. A certificação assegura ao produtor orgânico o plantio de sementes isentas de tratamento químico, produzidas em condições próprias e seguras, desde o campo até a embalagem final.

Dessa forma, observando as peculiaridades da produção orgânica foram desenvolvidas neste e-book técnicas alternativas utilizadas junto a produção e ao controle de qualidade em sementes.


Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1.....	6
Produção de sementes e os desafios para a agricultura orgânica.....	6
Capítulo 2.....	13
Estratégias para produção de Trigo Antigo em cultivo biológico na cidade de Montalcino na Região da Toscana – Itália.....	13
Capítulo 3.....	21
Análise do Tratamento de Sementes de Soja com Macronutrientes e Micronutrientes	21
Capítulo 4.....	29
Propriedades físico-químicas de cinzas de casca de arroz obtidas sob queima controlada e não controlada seguidas de moagens	29
Capítulo 5.....	42
Cinzas de casca de arroz e seus efeitos nas qualidades físicas e fisiológicas de sementes de trigo após 6 meses de armazenamento.....	42
Capítulo 6.....	51
Germinação de sementes de <i>Triticum aestivium</i> L. desinfestadas com água ionizada em diferentes tempos de embebição	51
Capítulo 7.....	58
A implicação da água ionizada na germinação de sementes de tomate.....	58
Capítulo 8.....	63
Influência do pH da água ionizada na avaliação de qualidade de sementes de soja	63
Capítulo 9.....	70
Utilização de diferentes espaçamentos entre sementes de trigo antigo e trigo moderno	70
Índice Remissivo	77
Sobre as organizadoras.....	78

Propriedades físico-químicas de cinzas de casca de arroz obtidas sob queima controlada e não controlada seguidas de moagens

Recebido em: 27/05/2024

Aceito em: 04/07/2024

 10.46420/9786585756341cap4

Otávio de Oliveira Carrêa¹ 

Marta Gubert Tremea¹ 

Cristina Rossetti^{1*} 

Daniele Brandstetter Rodrigues² 

Ireni Leitzke Carvalho¹ 

Lilian Vanussa Madruga de Tunes¹ 

INTRODUÇÃO

Nas regiões produtoras de arroz ao redor mundo, a casca de arroz é um subproduto utilizado na geração de energia térmica para a secagem de sementes e grãos (Pode, 2016), ou até mesmo usado para a geração de energia elétrica pelas indústrias de beneficiamento. A parte restante da combustão é a cinza da casca do arroz, resíduo que se acumulado de forma indevida pode causar danos ambientais em recursos hídricos e solos. Até o momento, essas cinzas têm sido estudadas para diversas finalidades como: concreto, cimento e ligas para a construção civil (AlHdabi, 2016), filtros de efluentes industriais como corantes orgânicos e metais pesados (Soltani et al., 2015), obtenção de nano-sílica (Gu et al., 2015), carvão ativado e sílica aerogel (Liu et al., 2016), formação de compostos eletrônicos, entre outras aplicações (Soltani et al., 2015). Entretanto, esse rejeito industrial pode ser aproveitado para a fabricação de inseticidas, e investigações começam a ser efetivadas por alguns pesquisadores. Com o objetivo de investigar a efetividade de cinzas de casca de arroz no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenado, Akowuah et al. (2018) coletaram cascas de arroz de uma fazenda (Besease, região de Ashanti, Gana), e transformaram as em cinzas num gaseificador. No entanto os autores não avaliaram as principais características físico-químicas do material. Com o intuito de aproveitarem resíduos, Adarkwah et al. (2017) estudaram a aplicação de pó de cinza de casca de arroz em 5.000 e 50.000 ppm (5 a 50 Kg.t⁻¹) em sementes de trigo para controle de *Sitophilus granarius*, *Tribolium castaneum* e em sementes de *Vigna subterranea* para *Acanthoscelides obtectus*. As cinzas de casca de arroz testadas pelos pesquisadores foram queimadas em temperatura de 550°C (por 3 horas) e posteriormente moídas, laboratorialmente em

¹ Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Av. Eliseu Maciel, s/n, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

² Associação dos produtores de sementes de mato grosso – APROSMAT. Rondonópolis/Mato Grosso, Brasil.

Autor(a) correspondente: cristinarossetti@yahoo.com.br (54) 999678406

moinho padrão britânico, até a granulometria de ≥ 300 micrometros.

Ashamo et al. (2018), verificaram efeitos de cinzas de casca de arroz obtidas em 600°C de temperatura de queima, por 2 horas. As cinzas foram moídas, selecionadas em peneiras (mesh=10 μ m) e testadas em sementes de feijão caupi, contra *Callosobruchus maculatus*. Em pesquisas anteriores de Corrêa (2015), cinzas de casca de arroz foram coletadas de caldeira de usina termelétrica de indústria de beneficiamento de grãos e análises demonstraram concentrações de 76% de Si e 19% de C. As cinzas de casca de arroz foram moídas em moinho de discos até granulometria com D90 = 61 micrometros. Quando esse produto foi testado em sementes de trigo como inseticida contra adultos de *Zea mays*, os resultados foram satisfatórios. Todavia, verificou-se a possibilidade de melhorar o desempenho de cinzas de casca de arroz com modificações das propriedades físico-químicas através de queima controlada e moagem a seco, métodos de obtenção acessíveis e de baixo custo.

Nessas circunstâncias, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as propriedades físico-químicas das cinzas de casca de arroz obtidas através de queima não-controlada seguida de cinco tempos de moagem e de queima controlada em 15 ciclos térmicos distintos e um tempo de moagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Cinzas de casca de arroz provenientes de indústria de beneficiamento: Primeiramente, cinzas de casca de arroz, com coloração predominantemente preta (Figura 1), geradas na usina termelétrica da empresa de beneficiamento de grãos (Capão do Leão, RS, Brasil) foram coletadas diretamente da grelha presente na caldeira da indústria. O processo de combustão não foi controlado e acredita-se que o ciclo de tratamento térmico aconteceu entre 400 e 500 °C, por 15 a 30 minutos.



Figura 1. Casca de arroz, antes da moagem, com coloração preta, proveniente caldeira de usina termelétrica da indústria de beneficiamento de grãos. Fonte: Autores, 2020.

Depois, as cinzas foram enviadas para a empresa NETZSCH Indústria e Comércio de Equipamentos de Moagem Ltda. (Pomerode, SC, Brasil) onde passaram por processo de moagem em moinho de esferas com eixo axial (PE5, NETZSCH, Alemanha). As amostras foram compostas por 300 g de cinzas de casca de arroz e foram moídas com 2 L de esferas de óxido de zircônio (densidade = 3,6 g.cm⁻³) de 5,0 mm de diâmetro (ZetaBeads® Plus 0.5, NETZSCH, Alemanha). Os tempos de moagem

foram 60; 80; 110; 180; e 360 segundos, o que resultou em diferentes faixas de distribuição do tamanho das partículas das cinzas.

Cinzas de casca de arroz obtidas por ciclos isotérmicos controlados: Num segundo momento, cinzas foram obtidas em laboratório através de ciclo de tratamento térmico totalmente controlado. Amostras de 100 gramas de cascas de arroz (Figura 2) foram postas em bandejas cerâmicas (feitas com argila Shiro para temperaturas de queima de até 1.300°C) e levadas ao forno mufla, que possui temperatura máxima de trabalho de 1.200 °C (Q318M24, Quimis Aparelhos Científicos, Brasil).



Figura 2. Casca de arroz crua utilizada como matéria prima dos produtos inseticidas. Fonte: Autores, 2020.

As cascas foram expostas a ciclo térmico de 500; 600; e 700 °C, por tempos de 30; 60; 120; 180; e 240 minutos. Os materiais eram colocados no forno já na temperatura desejada e retirados imediatamente após completar o tempo de queima descrito. O rendimento após a queima das cinzas foi avaliado por diferença entre a massa final e a inicial de cada amostra. Posteriormente, a fim de reduzir o tamanho das partículas das CCAs adquiridas, os produtos passaram por processo de moagem em moinho de disco de alta alumina (HSM 100, Herzog Maschinenfabrik, Alemanha), com velocidade de 1.000 rpm (750-1.500 rpm), por aproximadamente 30 segundos.

Análise das propriedades físico-químicas das cinzas de casca de arroz: Os parâmetros de tamanho das partículas utilizados para comparação entre os produtos foram diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro mínimo (DMIN), diâmetro $\geq 10\%$ das partículas (D10), diâmetro $\geq 50\%$ das partículas (D50), diâmetro $\geq 90\%$ das partículas (D90), e diâmetro máximo (DMAX). A distribuição do tamanho das partículas foi analisada pelo método de difração à laser (LD - sigla em inglês) (MasterSizer 3000, Malvern, Reino Unido), usando acessório (Hydro MV) para avaliar pequenos e médios volumes de amostras em dispersões úmidas (meio líquido). A composição química das amostras foi avaliada por espectrometria de energia dispersiva de raios-X (EEDX) (EDX-720, Shimadzu, Japão) para os óxidos, e através de analisador elementar de carbono (C) e nitrogênio (N) por espectrometria de massa de razões isotópicas (IRMS – sigla em inglês) (Flash EA 1112, Thermo Fisher Scientific, Itália) para a parte orgânica das amostras. A porcentagem de cada óxido obtida por EEDX, apenas da parte mineral, foi corrigida para

porcentagem total do material, de acordo com os resultados obtidos para as frações de C e N elementares de cada amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cinzas provenientes da usina termelétrica da indústria, logo que foram retiradas da grelha da caldeira dispunham de aparência carbonácea escura, tonalidade próxima do preto. Em sua maior parte, as cinzas eram formadas por conjuntos de partículas ainda aglomerados na forma de casca, com algumas pequenas porções de cinzas brancas e entremeados por pó de cinzas (Figura 1). Apesar disso, pode-se notar que mesmo os aglomerados das cinzas tinham sido queimados a ponto de serem pulverizados por pressão manual sem muito esforço. Após o processo de moagem em diversos tempos, apresentavam coloração semelhante, próxima do preto (Figura 3). A Tabela 1 apresenta a composição química, determinada por IRMS e EEDX, das cinzas oriundas da usina termelétrica da empresa de beneficiamento de grãos SLC Alimentos. Todas amostras continham características de composição química similares. O principal componente das cinzas foi o SiO_2 e a sua concentração de variou entre 69,7% e 72,0% entre as amostras. O óxido de potássio (K_2O) foi o segundo óxido encontrado em maior quantidade (15,4% a 16,1%). Outros óxidos presentes em baixas concentrações foram identificados pela análise como CaO (1,4% a 1,5%), P_2O_5 (0,4% a 0,8%), MnO (0,9% a 1,0%), e Fe_2O_3 (0,3% a 0,4%). O carbono elementar estava contido nas amostras em concentrações entre 8,5% e 11,3%, enquanto o nitrogênio elementar foi detectado em baixa concentração, 0,1% ou menos.

Tabela 1. Composição química de parte orgânica (N e C) e parte mineral (óxidos) das cinzas de casca de arroz, coletadas em caldeira de usina termelétrica da indústria de beneficiamento de grãos. Fonte: Autores, 2020.

Produto	N (%)	C (%)	SiO_2 (%)	K_2O (%)	CaO (%)	P_2O_5 (%)	MnO (%)	Fe_2O_3 (%)
SLCN60	0,0	9,4	71,1	16,0	1,5	0,8	0,9	0,3
SLCN50	0,0	8,5	72,0	16,0	1,4	0,6	1,0	0,3
SLCN40	0,1	10,8	69,7	16,1	1,4	0,7	0,9	0,3
SLCN30	0,0	11,0	70,0	15,6	1,4	0,6	0,9	0,4
SLCN20	0,1	11,3	70,0	15,4	1,4	0,4	0,9	0,4

Aparentemente, as cinzas coletadas da indústria e moídas em diferentes granulometrias possuíam o mesmo aspecto, com coloração preta, como mostra a Figura 3. As diferenças de tamanho de partículas em nível micrométrico não podem ser observadas a olho nu.

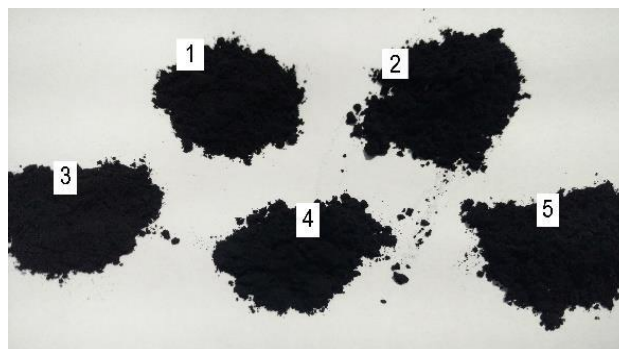


Figura 3. Cinzas de casca de arroz, com coloração preta, proveniente caldeira de usina termelétrica da indústria de beneficiamento de grãos, após diferentes tempos de moagem (1 = 60s; 2 = 80s; 3 = 110s; 4 = 180s; e 5 = 360s). Fonte: Autores, 2020.

Nesse primeiro experimento, as distribuições granulométricas constatadas por LD, após a moagem desses materiais, são apresentadas na Tabela 2. A nomenclatura das cinzas envolveu o local da queima, o local da moagem, e o respectivo parâmetro D90 das mesmas. A CCA SLCN60 foi a cinza com o maior faixa de tamanho de partículas, e o seu diâmetro máximo atingiu 98,10 μm . Enquanto isso, a maior partícula da cinza de casca de arroz SLCN20 chegou a 58,90 μm , material esse que permaneceu com faixa de distribuição de partículas inferior a todos os demais. O parâmetro D90 é utilizado por muitos autores como principal para comparações entre produtos de formulação em pó. O D90 das CCAs SLCN60, SLCN50, SLCN40, SLCN30, e SLCN20 foram 60,50 μm ; 49,70 μm ; 40,20 μm ; 29,90 μm ; e 19,90 μm , nessa sequência. Portanto, o valor D90 para a cinza de casca de arroz SLCN20 foi aproximadamente três vezes menor do que o D90 da CCA SLCN60. O D50 do produto SLCN60 foi 3,85 vezes maior do que o encontrado para SLCN20. O diâmetro médio ponderado das partículas da CCA SLCN20 foi de 10,01 μm . Já os DMPs dos materiais SLCN30, SLCN40, SLCN50, SLCN60 foram 47,15%; 98,50%; 151,65%; e 223,18% maiores do que os de SLCN20. Os diâmetros mínimos detectados para as partículas de todos os cinco produtos permaneceram com tamanho menor que 1 micrometro. O DMIN de SLCN60 foi 0,52 μm , 44,5% maior que o da cinza SLCN20 (0,36 μm).

Tabela 2. Parâmetros de distribuição granulométrica das cinzas de casca de arroz, coletadas em caldeira de usina termelétrica da indústria de beneficiamento de grãos, de acordo com o tempo de moagem em moinho de esferas com eixo axial. Fonte: Autores, 2020.

Produto	TM (s)	DMP (μm)	DMIN (μm)	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)	DMAX (μm)
SLCN60	60	32,35	0,52	4,82	27,70	60,50	98,10
SLCN50	80	25,19	0,52	3,84	19,90	49,70	86,40
SLC40	110	19,87	0,46	3,15	14,90	40,20	76,00
SLC30	180	14,73	0,41	2,48	10,80	29,90	58,90
SLCN20	360	10,01	0,36	1,87	7,18	19,90	58,90

Ressalta-se que a moagem ocorreu numa pequena escala em laboratório e com uma proporção muito baixa (15/100) entre a massa de cinzas de casca de arroz e a massa das esferas durante o processo. Todavia, num sistema de moagem industrial, o fluxo da linha de produção é alto, o modelo de equipamento usado é variável, e a proporção (m/m) entre as cinzas e o agente de moagem (discos, esferas, ou outros objetos) é significativamente maior. Desse modo, o período de moagem tende a ser maior para a obtenção dos mesmos padrões de tamanho de partículas obtidos na presente pesquisa.

A casca de arroz usada para a queima controlada em laboratório possuía alta pureza, porém continha alguns pequenos pedaços de inflorescência distribuídos nas amostras (Figura 3). Assim que esfriaram após a queima, antes de serem moídas, as amostras apresentaram consistência variada entre os tratamentos. Visivelmente, a presença e a firmeza dos aglomerados de partículas que mantinham o formato original da casca diminuíram de acordo com o aumento do tempo e da temperatura de queima. De maneira mais acentuada, foi evidente através da manipulação que conforme maior foi o período de exposição das cascas ao tratamento térmico, mais as cinzas ficavam farelentas e fáceis de serem transformadas em pó. Após a moagem, as cinzas de casca de arroz obtidas no forno mufla dispunham de colorações entre o preto, passando por tons de cinza até chegar em uma cor próxima ao branco. Conforme maior foi o período de queima, mais clara ficou a aparência da cinza. Quanto maior a temperatura de tratamento, notou-se que o tempo necessário para clarear a amostra foi menor. A cinza mais próxima da cor branca foi a PEL724020 (700°C / 240 min). Observou-se que as cinzas PEL524020 (500°C / 240 min) e PEL624020 (600°C / 240 min) também possuíam coloração cinza clara. O produto PEL718020 (700°C / 180 min) compreendeu aparência de tom grafite, ou cinza chumbo. Os demais tratamentos contiveram cor predominantemente preta (Figura 4).

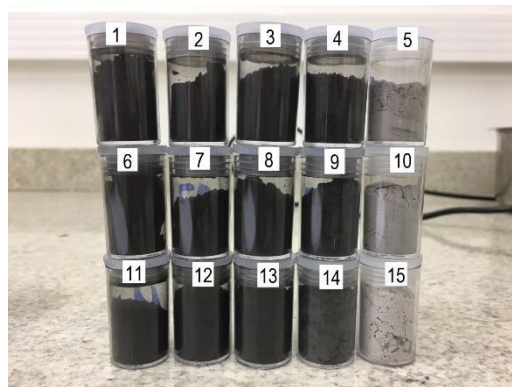


Figura 4. Cinzas de casca de arroz obtidas através de ciclo térmico de 500 °C (1-5); 600 °C (6-10); e 700°C (11-15); com tempos de queima de 30 min (1, 6, 11); 60 min (2, 7, 12); 120 min (3; 8; 13); 180 min (4, 9, 14); e 240 min (5, 10, 15); após a moagem. Fonte: Autores, 2020.

Os rendimentos em massa das cinzas de casca de arroz produzidas em forno mufla estão dispostos na Tabela 3. De acordo com o incremento do tempo de queima da casca houve redução da

eficiência obtida ao final do ciclo isotérmico. Quanto maior foi a temperatura da queima, menor foi a massa alcançada após o processo. Comparativamente dentro de cada faixa de temperatura, as cinzas com os maiores aproveitamentos observados foram nos tratamentos de 30 minutos de ciclo isotérmico. PEL503020 (500°C / 30 min), PEL603020 (600° C / 30 min), PEL703020 (700° C / 30 min) tiveram as respectivas produtividades de 32,59%; 31,59%; e 27,36%. Para as três temperaturas de tratamento térmico, a partir do período de 120 minutos de exposição as eficiências de produção foram consideradas relativamente pequenas, pois se situaram abaixo de 20,00%. As menores porcentagens de rendimento foram encontradas com o período de queima de 240 minutos, para os três patamares de temperatura. As produções de PEL524020, de PEL624020, e de PEL724020 resultaram nos desempenhos 16,03%; 16,01%; e 15,37%, nessa ordem.

Tabela 3. Produtos obtidos através de diferentes ciclos térmicos e seus respectivos rendimentos após a queima. Fonte: Autores, 2020.

Produto	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Rendimento (%)
PEL503020	500	30	32,59
PEL506020	500	60	32,01
PEL512020	500	120	25,56
PEL518020	500	180	19,17
PEL524020	500	240	16,03
PEL603020	600	30	31,59
PEL606020	600	60	29,14
PEL612020	600	120	24,11
PEL618020	600	180	18,40
PEL624020	600	240	16,01
PEL703020	700	30	27,36
PEL706020	700	60	25,99
PEL712020	700	120	20,89
PEL718020	700	180	16,41
PEL724020	700	240	15,37

Nessas circunstâncias, o rendimento de produção da cinza de casca do arroz está inversamente relacionado à quebra e liberação do carbono presente nas cadeias carbonadas, bem como à volatilização de outras substâncias durante a combustão. Assim, sugere-se que as cinzas com maior rendimento possuem maior concentração de carbono, nitrogênio e minerais de baixo ponto de fusão, em relação às demais. Ao passo que esses compostos orgânicos e inorgânicos se desprendem da amostra, os óxidos de silício e de outros minerais de alto ponto de fusão se concentram no material. E como o objetivo do produto é ter alta eficácia no controle de insetos, outros aspectos devem ser considerados. Sem desprezar que existem outras propriedades físico-químicas de importância, as cinzas de casca de arroz com maior concentração de SiO₂ provavelmente são as com maior aptidão para essa finalidade, da mesma forma que acontece com os inseticidas à base de terra diatomácea.

A composição química da parte orgânica e da parte mineral das amostras das cinzas feitas através de combustão controlada é exposta na Tabela 4.

Tabela 4. Composição química de parte orgânica (N e C) e parte mineral (óxidos) das cinzas de casca de arroz obtidas através de diferentes ciclos térmicos. Fonte: Autores, 2020.

Produto	Porção Orgânica (N e C)		Porção Mineral (óxido)					
	N (%)	C (%)	SiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	P ₂ O ₅ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
PEL503020	0,8	38,1	45,3	10,8	2,2	1,5	0,7	0,6
PEL506020	0,8	39,1	43,0	11,8	2,2	1,9	0,7	0,5
PEL512020	0,8	30,2	51,7	11,7	2,1	2,0	0,8	0,6
PEL518020	0,6	18,7	63,5	12,6	2,5	0,7	0,7	0,8
PEL524020	0,0	0,8	80,0	13,8	2,6	0,8	0,8	1,0
PEL603020	0,7	37,0	46,8	11,2	2,2	0,7	0,7	0,7
PEL606020	1,1	38,0	46,0	10,3	1,9	1,2	0,6	0,8
PEL612020	0,6	34,2	49,6	10,6	2,1	1,3	0,7	0,9
PEL618020	0,3	17,1	64,9	12,0	2,2	1,9	0,7	0,7
PEL624020	0,0	0,8	80,0	13,1	2,4	2,0	0,8	0,8
PEL703020	0,6	37,0	46,1	10,8	2,2	1,7	0,7	0,8
PEL706020	0,5	34,7	49,2	10,4	2,0	1,7	0,7	0,6
PEL712020	0,4	25,6	58,6	10,4	2,0	1,6	0,6	0,6
PEL718020	0,1	4,3	77,4	12,9	2,4	0,9	0,8	1,2
PEL724020	0,0	0,8	82,5	12,6	2,3	0,8	0,8	0,8

As quantidades de carbono elementar nas amostras foram bastante variáveis. Os materiais produzidos em 30; 60; e 120 minutos contiveram teores acima de 20% de C elementar, o que caracteriza um composto com bastante matéria orgânica, suficiente para serem considerados até como casca de arroz carbonizada, ao invés de cinzas de casca de arroz. O nitrogênio elementar foi encontrado em baixos teores, variando entre 0,0 e 1,1% da composição desses produtos.

Dentre os óxidos, o de silício foi o presente em maior concentração. Apenas as cinzas queimadas por 240 minutos atingiram a dezena de 80% de SiO₂, para as três temperaturas de ciclo térmico. As queimas de 30 e 60 minutos em qualquer temperatura geraram produtos com menos de 50% de dióxido de silício, bem como o tratamento PEL612020. As demais combinações de tempo e temperatura de combustão originaram teores entre 51,7% e 77,4% de SiO₂ nos subprodutos da casca do arroz. Os outros óxidos encontrados em todas cinzas foram K₂O (10,3% a 13,8%), CaO (1,9% a 2,6%), P₂O₅ (0,7% a 2,0%), MnO (0,6% a 0,8%), e Fe₂O₃ (0,5 a 1,2%).

As cinzas resultantes dos distintos ciclos de tratamento isotérmicos feitos em forno mufla foram submetidas às mesmas condições de moagem. Entretanto as distribuições granulométricas obtidas não foram idênticas. Na Tabela 5 são mostrados os parâmetros de distribuição granulométrica desses materiais.

Tabela 5. Parâmetros de distribuição granulométrica de cinzas de casca de arroz obtidas através de diferentes ciclos térmicos e moídas em moinho de disco de alta alumina (HSM 100, Herzog Maschinenfabrik, Alemanha). Fonte: Autores, 2020.

Produto	DMP (μm)	DMIN (μm)	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)	DMAX (μm)
PEL503020	12,19	0,28	1,71	7,91	26,9	58,9
PEL506020	11,37	0,28	1,63	7,39	24,7	58,9
PEL512020	11,48	0,17	1,82	7,19	24,0	86,4
PEL518020	9,19	0,17	1,54	6,12	19,8	45,6
PEL524020	19,04	0,68	2,59	10,20	46,3	86,4
PEL603020	12,95	0,28	1,82	7,99	28,4	76,0
PEL606020	11,77	0,21	1,78	7,48	25,2	76,0
PEL612020	12,92	0,24	2,06	7,97	27,1	98,1
PEL618020	10,60	0,17	1,78	6,86	23,1	51,8
PEL624020	27,77	0,77	3,21	13,3	72,5	163,0
PEL703020	10,41	0,31	1,79	7,10	22,2	45,6
PEL706020	10,40	0,31	1,78	6,96	22,2	51,8
PEL712020	12,22	0,36	2,09	7,35	25,9	86,4
PEL718020	43,48	0,15	2,32	8,86	44,6	1260,0
PEL724020	37,45	0,77	3,60	14,1	64,8	666,0

O diâmetro médio ponderado permaneceu entre 9,19 μm e 12,95 μm para as cinzas de casca de arroz queimadas em ciclos térmicos de 30; 60; 120; e 180 minutos de exposição, nos três patamares de temperatura. Dentre esses tratamentos, a única exceção foi a cinza PEL718020 (700°C / 180 min), a qual conteve o maior DMP de todos, 43,48 μm . Os DMPs dos produtos gerados em 240 minutos de ciclo isotérmico, para 500°C; 600°C; e 700°C, alcançaram 19,04 μm ; 27,77 μm ; e 37,45 μm , respectivamente.

As menores partículas de todas as cinzas produzidas nos ciclos de tratamento isotérmicos em forno mufla tinham diâmetro abaixo de 1 micrometro. Os valores de DMIN mais próximos disso foram encontrados nas cinzas obtidas em 240 minutos de ciclo térmico de tratamento (500°C = 0,68 μm ; 600°C = 0,77 μm ; e 700°C = 0,77 μm). As demais cinzas continham DMIN abaixo de 0,36 μm . O menor dos diâmetros mínimos detectado através de LD foi de 0,15 μm na cinza PEL718020 (700°C / 180 min).

Os maiores diâmetros encontradas para D10, D50 e D90 foram nas cinzas de casca de arroz geradas em período de queima de 240 minutos, e estavam bem acima da média dos outros materiais. A cinza PEL718020 tinha D90 comparável com os tratamentos de 240 minutos também. O D10, diâmetro maior ou igual ao de 10% das partículas, foi menor que 5,00 μm para todos os materiais, enquanto os parâmetros D50 e D90 permaneceram inferiores a 15 μm ; e 75 μm , nessa sequência. Nas temperaturas de 500°C; 600°C; e 700°C de queima, por até 180 minutos, os D10, D50 e D90 foram menores do que 2,50 μm ; 8,00 μm ; e 30,00 μm , na mesma ordem.

O diâmetro máximo da maioria dos tratamentos não atingiu 100 μm . Entretanto, as cinzas PEL624020, PEL718020, e PEL724020 superaram esse tamanho, contendo partículas com até 163,0 μm ; 1260,0 μm ; e 666,0 μm , nessa ordem. Para esses dois últimos produtos, acredita-se que pode ter ocorrido alguma contaminação das amostras durante a execução da análise do tamanho das partículas, pois os

números encontrados para DMAX estão acima do esperado. Isso não anula as considerações sobre os demais parâmetros de tamanho desses materiais.

As cinzas de casca de arroz foram analisadas quanto à composição química da sua parte mineral em óxidos e corrigida para a massa total das amostras, considerando as porcentagens de C e N elementar de cada cinza. As análises foram realizadas sem quaisquer preparações que pudessem alterar as concentrações desses componentes. Diferentemente do observado na presente pesquisa, no estudo de Della et al. (2001) encontraram 97,87% de SiO_2 nas cinzas de casca de arroz.

Ao mesmo tempo, sabe-se que o método de preparação das amostras utilizado para análise de minerais não foi o mesmo deste trabalho. Na pesquisa de Della et al. (2006), a composição química da parte mineral das amostras de cinzas foi avaliada após o teste de perda de fogo. Esse teste ocorre à 1.000°C por tempo indeterminado, até ocorrer a estabilização da massa da amostra. Então, como o dióxido de silício é o componente com maior ponto de fusão da amostra (1.713°C), o óxido tende a ficar mais concentrado após tal tratamento térmico.

Dessa forma, ocorre uma distorção das características químico-físicas iniciais da amostra, modificando-se as proporções dos óxidos constituintes das cinzas de casca de arroz. Em outros trabalhos, Della et al. (2006) também produziram cinzas de casca de arroz com altas concentrações de silício, entre 89 e 95% de SiO_2 , apesar de utilizarem faixas de temperatura coincidentes as do presente estudo.

No entanto, é provável que essa discrepância tenha acontecido principalmente devido ao ciclo de tratamento térmico aplicado na obtenção das cinzas. Já que nos estudos desses pesquisadores tanto o aumento da temperatura no início do processo quanto a sua diminuição, após o período estabelecido de queima, foram graduais. Isso promove que o tempo de exposição ao calor seja bem maior do que o descrito na metodologia, o que influencia no efeito final. Enquanto isso, no presente experimento foram utilizados ciclos isotérmicos de tratamento, bem definidos e uniformes. Ou seja, as amostras foram colocadas e retiradas do ciclo quando o forno mufla permanecia em temperatura constante.

Observou-se apenas um decréscimo de temperatura no interior do equipamento no momento da introdução da bandeja cerâmica com o material, devido à troca de calor durante a abertura da porta. Essa perda de calor era normalmente compensada pelo aparelho em aproximadamente cinco minutos. Além do mais, os resultados podem ter sofrido influência do tipo de forno mufla escolhido e da abertura de entrada de ar do equipamento durante a queima. Salienta-se que esses autores não corrigiram as concentrações de SiO_2 para a massa total da amostra, e consideraram apenas a parte mineral das cascas de cinzas de arroz.



Figura 5. Cinza de casca de arroz PEL718020, produzida com ciclo isotérmico de 700°C por 180 minutos em forno mufla, evidenciando uma frente de combustão mais intensa na camada superior. Fonte: Autores, 2020.

Ao serem retiradas as bandejas com as cinzas do forno mufla, logo após o esfriamento natural, puderam ser observadas duas frações distintas no material em alguns tratamentos. Nos tratamentos entre 60 e 180 minutos de queima, para as três temperaturas utilizadas (500°C; 600°C e 700°C) nitidamente a camada superior se encontrava estado mais avançado de combustão do que a camada inferior. Portanto constatou-se uma frente de combustão que avançou para o interior da massa do material ao decorrer do tempo (Figura 5).

Esse fenômeno ocorreu devido à falta de penetração de oxigênio, comburente, suficiente para que houvesse maior intensidade de combustão na camada superior das amostras. Essa situação durante a queima desfavoreceu a retirada de carbono das cinzas de casca de arroz por volatilização e diminuiu a possível concentração final de SiO₂ em cada produto.

Entretanto, em cada amostra as partículas posteriormente foram misturadas através da moagem do material, tornando os aspectos de textura e coloração homogêneos. Salienta-se que em uma escala de produção industrial das cinzas, provavelmente esse fato pode ser evitado ao se utilizar modelo de forno/caldeira com fluxo contínuo das cascas de arroz em seu interior, permitindo aeração uniforme, com circulação de grandes volumes de ar.

CONCLUSÕES

As cinzas de casca de arroz geradas em usina termelétrica de indústria de beneficiamento de grãos, com queima não controlada (400 a 500°C, por 15 a 30 minutos), possui entre 69,7% e 72,0% de óxido de silício (SiO₂), 15,4% a 16,1% de óxido de potássio (K₂O) 1,4% a 1,5% de óxido de cálcio (CaO), 0,4% a 0,8% de óxido de fósforo (P₂O₅), 0,9% a 1,0% de óxido de manganês (MnO), 0,3% a 0,4% de óxido de ferro (Fe₂O₃), 8,5% e 11,3% de carbono elementar, e 0,0% a 0,1% de nitrogênio elementar. Essas cinzas possuem coloração predominantemente preta.

As CCAs provenientes de caldeira de usina termelétrica com queimas não controladas e moídas por 60; 80; 110; 180; e 360 segundos em moinho de esferas, em nível laboratorial, pode resulta em

granulometrias com D90 de 60,50 µm (SLCN60), 49,70 µm (SLCN50), 40,20 µm (SLCN40), 29,90 µm (SLCN30), e 19,90 µm (SLCN20), nessa sequência.

A coloração das cinzas de casca de arroz, produzidas sob combustão controlada entre 500°C e 700°C, por períodos entre 30 e 240 minutos, varia do preto, passando por tons de cinza, chegando próxima da cor branca. O rendimento em massa das cinzas (500°C a 700°C, por 30 a 240 minutos) diminui conforme são aumentados o período e a temperatura de combustão.

A concentração de silício aumenta nas cinzas, conforme ocorre o aumento da temperatura e do tempo de queima das cascas de arroz (500°C a 700°C, por 30 a 240 minutos), enquanto diminui a concentração de carbono e nitrogênio elementares. Em cinzas queimadas em forno mufla, em ciclos isotérmicos de 500°C; 600°C e 700°C, por 30; 60; 120; 180; e 240 minutos; são encontrados de 43,0 % a 82,5% de óxido de silício (SiO₂), 10,3% a 13,8% de óxido de potássio (K₂O), 1,9% a 2,6% de óxido de cálcio (CaO), 0,7% a 2,0% de óxido de fósforo (P₂O₅), 0,6% a 0,8% de óxido de manganês (MnO), 0,5% a 1,2% de óxido de ferro (Fe₂O₃), 0,2% e 39,1% de carbono elementar, e 0,0% a 1,1% de nitrogênio elementar.

O mesmo período de moagem resulta em diferentes distribuições granulométricas de cinzas de casca de arroz com diferentes concentrações de silício. Em moinho de discos em escala de laboratório, para cinzas oriundas de ciclos térmicos de 500°C a 700°C, por 30 a 240 minutos, o tempo de 30 segundos de moagem promove distribuições granulométricas com DMP entre 9,19 e 43,48 µm, DMIN entre 0,15 e 0,77 µm, D10 entre 1,54 e 3,60 µm, D50 entre 6,12 e 14,1 µm, D90 entre 19,8 e 72,5 µm, e DMAX entre 45,6 e 1260,0 µm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adarkwah, C., Obeng-Ofori, D., Ulrichs, C., & Schöller, M. Insecticidal efficacy of botanical food by-products against selected stored-grain beetles by the combined action with modified diatomaceous Earth. *J. Plant Dis. Prot.*, 124, 255–267, 2017.
- Akowuah, J.O., Obeng-Akrofi, G., Minka, E., & Barima, A. Protecting Stored Maize Grain Against the *Sitophilus Zeamais* with Rice Husk Ash. 12th International Working Conference on Stored Product Protection (IWCSPP) in Berlin, Germany. October 7-11, 2018.
- Al-Hdabi, A. Laboratory investigation on the properties of asphalt concrete mixture with Rice Husk Ash as filler. *Construction and Building Materials*, 126, 544 551, 2016.
- Ashamo, M. O., Babalola, A. I., & Ogungbite, O. C. Comparative toxicity of botanical powders, diatomaceous earth, pirimiphos methyl, rice husk (powder and ash) against *Callosobruchus maculatus* (Fab.). *Brazilian Journal of Biological Sciences*, 5(11), 709-724, 2018.
- Corrêa, O. De O. Utilização de casca de arroz carbonizada e terra de diatomácea na manutenção da qualidade de sementes de trigo e no controle *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855. /Otávio de Oliveira Corrêa, orientadora Lilian Vanussa Madruga de Tunes, coorientadores Francisco Amaral

Villela e Tiago Zanatta Aumonde - Pelotas, 2015. 74 f. :il Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015.

Della, Vp, Hotza, D., Junkes, J. A., et al. Estudo comparativo entre sílica obtida por lixívia ácida da casca de arroz e sílica obtida por tratamento térmico da cinza de casca de arroz. *Química Nova*, 6, 2006.

Gu, S., Zhou, J., Yu, C., Luo, Z., Wang, Q., & Shi, Z. A novel two-staged thermal synthesis method of generating nanosilica from rice husk via pre-pyrolysis combined with calcination. *Industrial Crops and Products*, 65, 1–6, 2015.

Liu, D., Zhang, W., Lin, H., Li, Y., Lu, H., & Wang, Y. A green technology for the preparation of high capacitance rice husk-based activated carbono. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1190-1198, 2016.

Pode, R. Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1468–1485, 2016.

Soltani, N., Bahrami, A., Pech-Canul, M. I., & Gonzalez, L. A. Review on the physicochemical treatments of rice husk for production of advanced materials. *Chemical Engineering Journal*, 264, 899–935, 2015.

Índice Remissivo

B

Biológicos, 14

D

Doses, 25

M

Macronutrientes, 21

Micronutrientes, 21

P

pH da água, 52, 59

Produtividade, 72, 73

S

Sementes de soja, 67

Soja, 21

T


Toscana, 13, 17

Tratamento de Sementes, 21

Trigo Antigo, 13



Sobre as organizadoras



  **Lilian Vanussa Madruga de Tunes**

Atualmente Coordenadora do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Sementes. Professora Associada da carreira de Agronomia (FAEM/UFPel); PPG Sementes Acadêmicas e Profissionais e Especialização; atuando na área de Gestão de Controle de Qualidade de Sementes dos Processos de Qualidade de Sementes e responsável pelo Laboratório de Análise Didática de Sementes da PPG Seeds. Orienta alunos de Iniciação Científica, Especialização, Mestrado Acadêmico e Profissional e Doutorado. Professor de Engenharia, Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel/RS/2007), Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes (UFPel/RS/2009); Doutora em Agronomia (UFSM/RS/2011) e Pós-Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes (UFPel/RS/2012). Contato: lilianmtunes@yahoo.com.br



  **Cristina Rossetti**

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Pelotas (2014/2019); Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes-UFPel (2019/2021); Técnica em Agropecuária pelo IFRS Campus Bento Gonçalves/RS (2010/2013); Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPel, bolsista da CAPES. Contato: cristinarossetti@yahoo.com.br

A crescente demanda dos consumidores por alimentos naturais e livres de substâncias químicas ganha força em todos os elos da cadeia da produção – da indústria de insumos aos agricultores. A palavra de ordem é substituir o método tradicional de produção dos alimentos por uma nova, moderna e mais amigável versão, a partir do uso de insumos naturais ou biológicos, que apresentam consideravelmente menor impacto ambiental. A produção biológica sempre esteve presente no agronegócio, mas agora ganha espaço por uma demanda da sociedade. As pessoas optam, cada vez mais, por alimentos saudáveis e produzidos com respeito ao meio ambiente.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br