

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SEMENTES**



**DISSERTAÇÃO**

**APLICAÇÃO FOLIAR E VIA SOLO DE CINZA DE CASCA DE  
ARROZ NO RENDIMENTO DA SOJA.**

**LEONARDO GONÇALVES CERA**

**PELOTAS  
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL  
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SEMENTES**



**APLICAÇÃO FOLIAR E VIA SOLO DE CINZA DE CASCA DE  
ARROZ NO RENDIMENTO DA SOJA.**

**LEONARDO GONÇALVES CERA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros e coorientação dos professores Dr. Roberlaine Ribeiro Jorge e Dr. Gabriel Fernandes Pauletti, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

**PELOTAS  
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL**

**2016**

**Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas**  
**Catálogo na Publicação**

C411a Cera, Leonardo Gonçalves

Aplicação foliar e via solo de cinza de casca de arroz no rendimento da soja. / Leonardo Gonçalves Cera; Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros, orientador; Roberlaine Ribeiro Jorge, Gabriel Fernandes Pauletti, coorientadores. Pelotas, 2016. 89 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016.

1. Cinza de casca de arroz. 2. *Glycine max*. 3. Aspectos morfológicos. 4. Componentes do rendimento e qualidade fisiológica. 5. Adubação foliar e no solo. I. Barros, Antônio Carlos Souza Albuquerque, orient. II. Jorge, Roberlaine Ribeiro, coorient. III. Pauletti, Gabriel Fernandes, coorient. IV. Título.

CDD: 633.34

**Elaborada por Gabriela Machado Lopes - CRB: 10/1842**

**LEONARDO GONÇALVES CERA**

**APLICAÇÃO FOLIAR E VIA SOLO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NO  
RENDIMENTO DA SOJA.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros e coorientação dos professores Dr. Roberlaine Ribeiro Jorge e Dr. Gabriel Fernandes Pauletti, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

**Aprovada em: 05/10/2016**

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros (Orientador)

Doutor em Fitotecnia pela UFPel.

Prof. Dr. Roberlaine Ribeiro Jorge (Coorientador)

Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS.

Prof. Dr. Géri Eduardo Meneghello

Doutor em Fitotecnia pela UFPel.

Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl

Doutor em Ciências do Solo pela UFRGS.

Prof. Dra. Vanessa Nogueira Soares

Doutora em Fitotecnia pela UFPel.

***Dedico este trabalho  
aos meus pais, Antemir Cera e Palmira Mombach,  
ao meu irmão Lennon Cera e  
a minha namorada Fernanda Munhoz.***

## AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo.

Aos meus pais Palmira Mombach Gonçalves e Antemir Cera pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

Ao meu irmão Lennon Gonçalves Cera, por ser meu braço direito e pessoa que mais me ajudou durante o período de pesquisa.

A minha namorada Fernanda Munhoz Guterres pelo carinho, apoio nos momentos difíceis e parceria durante todo o trabalho.

Aos amigos, em especial a Lucas Coelho Flores, que me apoiaram na condução e elaboração desse trabalho.

Aos amigos Aparecido da Silva Júnior e Diane Alves de Souza que me proporcionaram estadia e hospitalidade durante o período de aulas, respectivamente nas cidades de Passo Fundo e Pelotas.

Aos Técnicos Administrativos em Educação da Unipampa Diogo Silveira Kersten, Jhon Pablo Lima Cornélio e Rodrigo Luiz Ludwig pela parceria na condução dos experimentos a campo na Unipampa.

Ao Técnico Administrativo de laboratório do Instituto Federal Farroupilha Elton Pilar Medeiros, pela parceria na condução dos experimentos laboratoriais no IFFar.

Aos responsáveis por laboratório Wendel Paulo Silvestre e Fernanda Rilo Medeiros pela parceria na condução dos experimentos laboratoriais na UCS.

Aos Professores Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros (Orientador), Roberlaine Ribeiro Jorge (Coorientador) e Gabriel Fernandes Pauletti (Coorientador) pelos valiosos ensinamentos e ajuda para concretização desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, prof. Drs. Antônio Carlos Souza, Roberlaine Ribeiro Jorge, Géri Eduardo Meneghello, Ledemar Carlos Vahl e Vanessa Nogueira Soares pelas valiosas contribuições que permitiram a concretização deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPel pelos ensinamentos;

Aos operadores de máquina agrícolas Jaderson Merenock Orlov (Unipampa) e Everton Silva de Andrade (SAP) pelo apoio e dedicação nas operações com tratores e implementos agrícolas.

A UFPel pela oportunidade de cursar essa pós graduação.

A Unipampa, campus Alegrete, pela oportunidade de condução dos experimentos na área experimental do Curso de Engenharia Agrícola.

A UCS, pela oportunidade de conduzir os experimentos laboratoriais nos laboratórios do curso de Engenharia Agrônômica.

Ao IFFar, pela oportunidade de conduzir os experimentos laboratoriais nos laboratórios do curso Tecnólogo em Produção de Grãos.

A Fundação Pró-Sementes pela oportunidade de cursar este curso ao nível de organização excelente.

A CAAL, por ter concedido a cinza de casca de arroz para desenvolver o trabalho de pesquisa, assim como parte dos insumos.

Aos colegas Engenheiros Agrônomos Nereu Carpes Meus (CAAL) e José Eurico Trindade da Costa (SAP) pelo compartilhamento de seus conhecimentos sobre a cultura da soja.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado.

***”Não me pergunte onde fica o Alegrete,  
segue o rumo do teu próprio coração.”***

***Nico Fagundes***

## RESUMO

Cera, Leonardo Gonçalves. **Aplicação foliar e via solo de cinza de casca de arroz no rendimento da soja**. Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros. 2016. 89f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, Brasil, 2016.

Foram conduzidos dois trabalhos de pesquisa com o objetivo de entender o efeito da aplicação de cinza de casca de arroz como fonte de silício na nutrição mineral e proteção de plantas de soja, sendo avaliados alguns aspectos morfológicos, os componentes de rendimento e a qualidade fisiológica de sementes produzidas em Alegrete/RS. No primeiro experimento, como tratamentos foram utilizados cinco doses de cinza de casca de arroz (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas via foliar sobre plantas de soja e no segundo experimento, como tratamentos foram utilizados cinco diferentes doses de cinza de casca de arroz (0, 5, 10, 20 e 40 mil kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas e incorporadas no solo em pré-semeadura. Os itens analisados em ambos os experimentos foram número de vagens por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 sementes, número de sementes por planta, peso de sementes por planta, comprimento da parte aérea por planta, comprimento da raiz por planta, número de nós por planta, diâmetro do caule a 2 cm, peso de mil sementes, produtividade, germinação e teor de óleo nas sementes. Sob as condições que esta pesquisa foi desenvolvida, os resultados obtidos nos dois trabalhos permitiram concluir que a cinza de casca de arroz aplicada via foliar ou no solo não apresenta efeitos sobre os parâmetros avaliados (aspectos morfológicos, componentes do rendimento e qualidade fisiológica de sementes) provenientes de plantas de soja, com exceção do parâmetro teor de óleo nas sementes no experimento que avaliou aplicação de cinza de casca de arroz incorporada no solo, o qual apresentou redução em todas as doses comparadas à testemunha.

**Palavras-chave:** Cinza de casca de arroz; *Glycine max*; aspectos morfológicos; componentes do rendimento e qualidade fisiológica; adubação foliar e no solo.

## ABSTRACT

Cera, Leonardo Gonçalves. **Foliar application and the soil of rice husk ash in soybean yields.** Advisor: Dr. Antônio Carlos Souza Barros Albuquerque. 2016. 89f. Dissertation (Master) – Graduate Program in Science and Seed Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas-RS, Brazil, 2016.

Two researches were conducted with the objective of understanding the effect of the application of rice hull ash as a source of silicon on mineral nutrition and soybean crop protection, and evaluated some morphological aspects, yield components and the physiological quality of seeds produced in Alegrete/RS. In the first experiment, five treatments of rice hull ash (0, 75, 150, 225 and 300 kg ha<sup>-1</sup>) were applied as foliar treatments on soybean plants and in the second experiment, five treatments were used as treatments of rice bark ash (0, 5, 10, 20 and 40 thousand kg ha<sup>-1</sup>) applied and incorporated into the soil in pre-sowing. The items analyzed in both experiments were number of pods per plant, number of pods with 1, 2 and 3 seeds, number of seeds per plant, seed weight per plant, length of area per plant, root length per plant, number of nodes per plant, diameter of the stem at 2 cm, weight of one thousand seeds, productivity, germination and oil content in the seeds. Under the conditions that this research was developed, the results obtained in the two studies allowed to conclude that the rice bark ash applied via foliar or in the soil does not present effects on the evaluated parameters (morphological aspects, yield components and physiological quality of seeds) from soybean plants, except for the parameter oil content in the seeds in the experiment that evaluated the application of ash of rice husk incorporated in the soil, which presented reduction in all the doses compared to the control.

**Keywords:** Rice husk ash; *Glycine max*; morphological features; yield componentes and physiological quality; foliar and soil fertilization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Fases mais importantes da soja e época de maior probabilidade de ataque de pragas .....	3
<b>Figura 2</b>	Fluxograma demonstrando a sequência correta de máquinas usadas no fluxo de beneficiamento de semente de soja .....	10
<b>Figura 3</b>	Mandíbulas de lagartas de 1 <sup>o</sup> , 2 <sup>o</sup> , 3 <sup>o</sup> , 4 <sup>o</sup> , 5 <sup>o</sup> e 6 <sup>o</sup> instares de <i>Spodoptera frugiperda</i> , alimentadas com folhas de milho que receberam aplicação de silício (inferior) e sem aplicação de silício (superior) .....	18
<b>Figura 4</b>	A) Corte do limbo foliar de gramíneas. B) Ausência de camada de silício e penetração das hifas de fungos. C) Presença de camada de silício em plantas tratadas inferem maior resistência à penetração de hifas de fungos .....	19
<b>Figura 5</b>	Ilustração do sistema de extração de óleo de sementes por Soxhlet .....	64
<b>Figura 6</b>	Gráfico mostrando curva de extração de óleo de sementes de soja pelo método de Soxhlet para os períodos de 2, 4 e 8 horas .....	65

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Descrição sumária dos estádios vegetativos de soja .....	1
<b>Tabela 2</b>	Descrição sumária dos estádios reprodutivos de soja .....	2
<b>Tabela 3</b>	Dados referentes à área cultivada, produtividade e produção de soja nos estados brasileiros .....	6
<b>Tabela 4</b>	Propriedades físico-químicas da cinza de casca de arroz .....	12
<b>Tabela 5</b>	Doses de cinza de casca de arroz aplicadas via foliar em plantas de soja ( <i>Glycine max</i> ) .....	33
<b>Tabela 6</b>	Dados de número de vagens por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 sementes, número de sementes por planta e peso de sementes por planta provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar .....	37
<b>Tabela 7</b>	Dados referente ao comprimento da parte aérea por planta, comprimento da raiz por planta, número de nós por planta e diâmetro do caule a 2 cm provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar.....	38
<b>Tabela 8</b>	Dados do peso de mil sementes e da produtividade de sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar .....	39
<b>Tabela 9</b>	Porcentagem de germinação e teor de óleo nas sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar .....	40
<b>Tabela 10</b>	Doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo em plantas de soja ( <i>Glycine max</i> ) .....	49
<b>Tabela 11</b>	Dados de número de vagens por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 sementes, número de sementes por planta e peso de sementes por planta provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo .....	53

<b>Tabela 12</b>	Dados referente ao comprimento da parte aérea por planta, comprimento da raiz por planta, número de nós por planta e diâmetro do caule a 2 cm provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo .....	54
<b>Tabela 13</b>	Dados do peso de mil sementes e da produtividade de sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo .....	55
<b>Tabela 14</b>	Porcentagem de germinação e teor de óleo nas sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS

$\mu\text{m}$	micrômetro
$^{\circ}\text{C}$	graus Celsius
Al	alumínio
C	carbono
Ca	cálcio
CaO	óxido de cálcio
Cm	centímetro
Cu	cobre
ExTxRX	Experimento, Tratamento, Repetição
Fe	ferro
g	grama
Germ.	germinação
ha	hectare
K	potássio
$\text{K}_2\text{O}$	óxido de potássio
Kg	quilograma
l	litro
m	metro
$\text{m}^2$	metro quadrado
$\text{m}^3$	metro cúbico
Mg	magnésio
Mn	manganês
N	nitrogênio
N <sup>o</sup>	número
Na	sódio
P	fósforo
pH	potencial hidrogeniônico
$\text{P}_2\text{O}_5$	pentóxido de fósforo
Prod.	produtividade
Si	silício

**LISTA DE SIGLAS**

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CA	Casca de arroz
CAAL	Cooperativa Agroindustrial Alegrete LTDA
CCA	Cinza de casa de arroz
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CPAP	Comprimento da parte aérea por planta
CRP	Comprimento da raiz por planta
DC	Diâmetro do caule a dois centímetros
DIACOM	Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja
FAEM	Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
GGE	Gases do efeito estufa
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IFFar	Instituto Federal Farroupilha, campus Alegrete
MDL	Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
NBR	Norma Brasileira
NNP	Número de nós por planta
NSP	Número de sementes por planta
NV1S	Número de vagens com 1 semente
NV2S	Número de vagens com 2 sementes
NV3S	Número de vagens com 3 sementes
PMS	Peso de mil sementes
PRNT	Poder relativo de neutralização total
PSP	Peso de sementes por planta
SAP	Secretaria de Agricultura e Pecuária do Alegrete
SVA	Sílica Verde do Arroz
TOS	Teor de óleo nas sementes
UBS	Unidade Básica de Sementes
UCS	Universidade de Caxias do Sul, campus Caxias do Sul
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete
USDA	United States Department of Agriculture
VP	Vagens por planta

## SUMÁRIO

Resumo .....	X
Abstract .....	XI
Lista de figuras .....	XII
Lista de tabelas .....	XIII
Lista de abreviaturas .....	XV
Lista de siglas .....	XVI
<b>1 Introdução geral .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Revisão de literatura .....</b>	<b>5</b>
2.1 Cultura da soja .....	5
2.2 Produção de sementes de soja .....	6
2.3 A lavoura de arroz e a geração de cinza de casca de arroz .....	10
2.4 Utilização de silício na agricultura .....	13
2.5 Referências .....	21
<b>3 Aplicação foliar de cinza de casca de arroz no rendimento da soja .....</b>	<b>28</b>
3.1 Resumo .....	29
3.2 Abstract .....	30
3.3 Introdução .....	31
3.4 Materiais e métodos .....	32
3.5 Resultados e discussão .....	36
3.6 Conclusão .....	41
3.7 Referências .....	42
<b>4 Aplicação via solo de cinza de casca de arroz no rendimento da soja .....</b>	<b>44</b>
4.1 Resumo .....	45
4.2 Abstract .....	46
4.3 Introdução .....	47
4.4 Materiais e métodos .....	48
4.5 Resultados e discussão .....	52
4.6 Conclusão .....	57
4.7 Referências .....	58
<b>5 Considerações finais .....</b>	<b>60</b>
<b>Apêndices .....</b>	<b>61</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>70</b>

## 1 Introdução geral

A soja é originária da Ásia, sendo considerado pela ciência seu centro de origem a China entre as latitudes de 30° e 45° norte, domesticada há cerca de 4500-4800 anos, onde era cultivada para produção de grãos destinados a alimentação humana. A difusão pelo mundo ocorreu inicialmente na Europa no ano de 1739 e nos Estados Unidos (EUA) em 1765. No Brasil, a introdução deu-se por volta de 1882 na Bahia, em 1891 em São Paulo e em 1914 chegou ao Rio Grande do Sul na região das Missões (MUNDSTOCK, 2005).

A soja cultivada (*Glycine max* (L) Merrill) é uma planta herbácea de classificação do reino Plantae, divisão (filo) Magnoliophyta, classe Magnoliopsida (Dicotiledônea), ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* L. (NUNES, 2015). É uma planta que possui grande variabilidade genética, tanto na fase vegetativa (período compreendido da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores), como na fase reprodutiva (período do início da floração até o fim do ciclo da cultura), sendo também influenciada pelo meio ambiente (NEUMAIER et al, 2000).

**Tabela 1** - Descrição sumária dos estádios vegetativos de soja.

Estádio	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo.
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos.
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas.
V2	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V3	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V4	Quarto nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V5	Quinto nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V6	Sexto nó	Quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V...	...	...
Vn	Enésimo nó	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida.

Obs: Nó cotiledonar não é considerado. Nós unifoliolares são considerados como um nó, já que são opostos e ocupam a mesma altura na haste. Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando os bordos dos trifólios da folha seguinte (acima) não mais se tocam.

Fonte: Farias et al, 2007.

Fehr e Caviness (1977) propuseram a divisão dos estádios de desenvolvimento de soja em estádios vegetativos (Tabela 1) e estádios reprodutivos (Tabela 2), representados respectivamente pelas letras V e R, que são seguidas de índices numéricos que identificam estádios específicos, nessas duas fases de desenvolvimento da planta, com exceção dos estádios VE (emergência) e VC (cotilédone).

**Tabela 2** - Descrição sumária dos estádios reprodutivos de soja.

<b>Estádio</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição</b>
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta num dos 2 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R5	Início do enchimento do grão	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida.
R6	Grão verde ou vagem cheia	Uma vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida.
R7	Início da maturação	Uma vagem normal na haste principal com coloração de madura.
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura.

Obs: Últimos nós se referem aos últimos nós superiores. Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando os bordos dos trifólios da folha seguinte (acima) não mais se tocam.

Fonte: Farias et al, 2007.

A soja é a principal cultura agrícola brasileira com uma produção recorde na safra 2014/2015 de 96,24 milhões de toneladas, tendo aumento de 11,8% em relação ao ocorrido no exercício anterior (CONAB, 2015a). É uma planta cultivada principalmente para produção de proteína e óleo vegetal a partir dos grãos. Ocupa no Brasil a área de 32,1 milhões de ha, sendo que o complexo soja compreendido por grão, farelo e óleo de soja são os principais produtos de exportação brasileiro, representando 17,5% do total exportado e responsáveis pela captação de US\$ 22,5 bilhões no ano de 2014 (ABIOVE, 2015).

No Brasil, as principais regiões produtoras de soja possuem condições ecológicas e climáticas que possibilitam, durante todo o ciclo da planta, o desenvolvimento de inúmeras doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, além do ataque de diversas pragas (REIS, 2002), conforme demonstrado na figura 1.

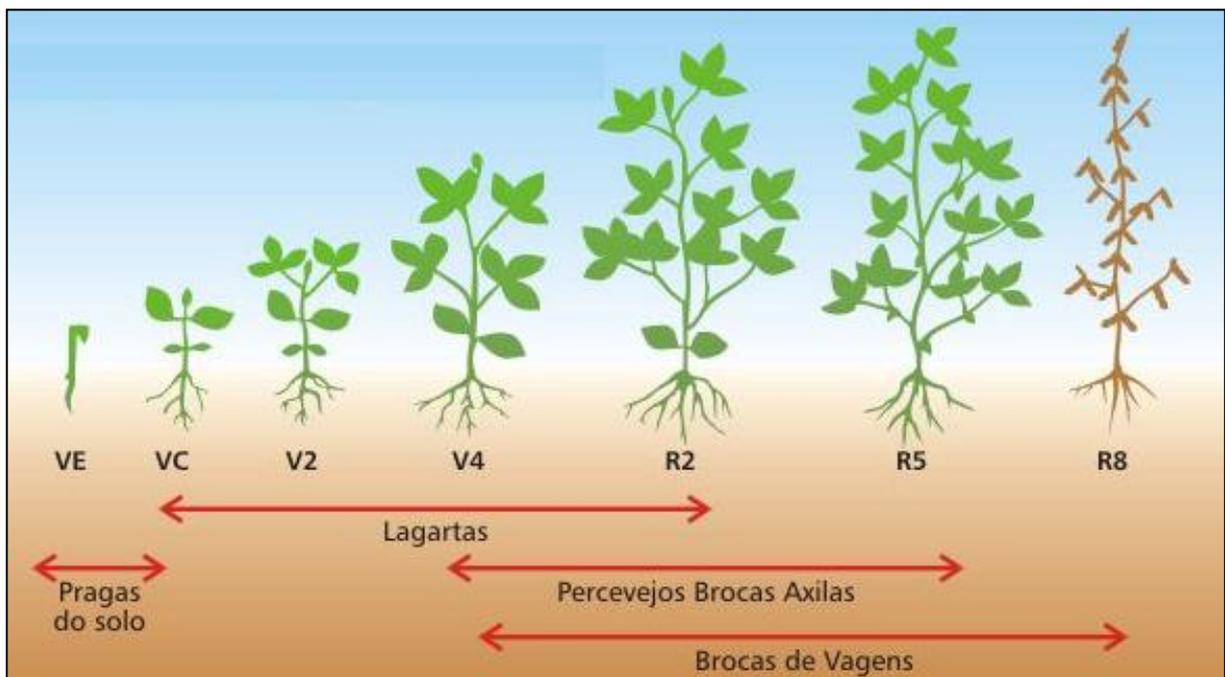


Figura 1 - Fases mais importantes da soja e época de maior probabilidade de ataque de pragas.

Fonte: Wright e Lenssen, 2013 (adaptado pelo autor).

Em função disso, a lavoura sojícola para atingir altas produtividades necessita de muita tecnologia e consome grandes quantidades de insumos como fertilizantes e agrotóxicos. Esses produtos agroquímicos, quando usados demasiadamente podem contaminar o solo, os mananciais de água, além de causar danos sobre outras espécies e prejuízos à saúde do próprio homem (PERES et al, 2003).

Nesse aspecto, foi estudado o comportamento da aplicação de cinza de casca de arroz (CCA), de forma foliar no controle de pragas e doenças e de forma aplicada no solo com incorporação antes da semeadura como adubação rica em sílica, na cultura da soja, com o objetivo de encontrar uma alternativa sustentável e que pudesse posteriormente contribuir para redução dos custos de produção da lavoura.

Foram avaliados alguns aspectos morfológicos da planta, os componentes de rendimento e a qualidade fisiológica de sementes na cultura da soja. A cinza de casca de arroz utilizada foi o resíduo gerado pela usina termoelétrica da indústria de processamento de arroz da Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda. (CAAL). Outro objetivo deste trabalho foi encontrar um uso ou destino adequado para este resíduo, a cinza de casca de arroz que é causadora de passivos ambientais na região fronteira oeste, que é a maior produtora de arroz do Rio Grande do Sul.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 A cultura da soja

A cultura da soja vem a cada ano ganhando mais importância na agricultura mundial devido principalmente a grande diversidade do uso dessa oleaginosa e da demanda global crescente por alimentos. O grão é um componente essencial na fabricação de rações para animais e adquire cada vez maior relevância na alimentação humana (BRASIL, 2015).

O aumento na área semeada, o manejo adequado, o investimento em pesquisa, a utilização de novas tecnologias como equipamentos sofisticados e o uso de sementes de alta qualidade especialmente de cultivares resistentes a doenças e a introdução das variedades transgênicas tolerantes a herbicidas tem contribuído para alavancar a produção mundial (MOREIRA, 2012).

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos somente na safra 2014/2015 foi cultivado com soja no mundo uma área de 118,135 milhões de hectares com uma produção de 317,253 milhões de toneladas. O maior produtor mundial de soja é os EUA com uma área semeada de 33,614 milhões de hectares e uma produção de 108,014 milhões de toneladas que gerou uma produtividade de 3.213 kg ha<sup>-1</sup> ha na safra 2014/2015 (USDA, 2016).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial desse grão com uma área semeada de 32,093 milhões de hectares e uma produção de 96,243 milhões de toneladas que gerou uma produtividade de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2014/2015 (CONAB, 2015a). Os três estados brasileiros maiores produtores de soja na atualidade por ordem de produção são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul com respectivamente 29,11%, 17,88% e 15,46% da produção nacional na safra 2014/2015 (CONAB, 2015b). Informações sobre a área, produtividade e produção dos principais estados brasileiros produtores de soja são apresentadas na tabela 3.

Estimativas indicam um aumento da área de soja de 9,7 milhões de hectares nos próximos 10 anos, chegando à safra 2024/2025 a 41,2 milhões de hectares e uma produção de soja em grãos de aproximadamente 126,2 milhões de toneladas, que representa um acréscimo de 33,9% em relação à produção da safra 2014/2015. É a lavoura que mais deve expandir a área na próxima década, seguida pela cana-de-açúcar, evidenciando a importância dessa cultura para o país (BRASIL, 2015).

**Tabela 3** - Dados referentes à área cultivada, produtividade e produção de soja nos estados brasileiros.

Região	Área (mil ha)			Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			Produção (mil ton.)		
	Safra 13/14 (a)	Safra 14/15 (b)	Var. % (b/a)	Safra 13/14 (c)	Safra 14/15 (d)	Var. % (d/c)	Safra 13/14 (e)	Safra 14/15 (f)	Var. % (f/e)
<b>NORTE</b>	<b>1178,9</b>	<b>1441,4</b>	<b>22,3</b>	<b>2877</b>	<b>2987</b>	<b>3,8</b>	<b>3991,3</b>	<b>4304,8</b>	<b>26,9</b>
RR	18	24	33,3	3120	3300	5,8	56,2	79,2	40,9
RO	191,1	231,5	21,1	3180	3166	0,4	607,7	732,9	20,6
PA	221,4	336,3	51,9	3020	3024	0,1	668,6	1017	52,1
TO	748,4	849,6	13,5	2751	2914	5,9	2058,8	2475,7	20,2
<b>NORDESTE</b>	<b>2602,2</b>	<b>2845,3</b>	<b>9,3</b>	<b>2544</b>	<b>2841</b>	<b>11,7</b>	<b>6620,9</b>	<b>8084,1</b>	<b>22,1</b>
MA	662,2	749,6	13,2	2754	2761	0,3	1823,7	2069,6	13,5
PI	627,3	673,7	7,4	2374	2722	14,7	1489,2	1833,8	23,1
BA	1312,7	1422	8,3	2520	2940	16,7	3308	4180,7	26,4
<b>CENTRO OESTE</b>	<b>13909,4</b>	<b>14616,1</b>	<b>5,1</b>	<b>3005</b>	<b>3008</b>	<b>0,1</b>	<b>41800,5</b>	<b>43968,6</b>	<b>5,2</b>
MT	8615,7	8934,5	3,7	3069	3136	2,2	26441,6	28018,6	6
MS	2120	2300,5	8,5	2900	3120	7,6	6148	7177,6	16,7
GO	3101,7	3325	7,2	2900	2594	10,6	8994,9	8625,1	4,1
DF	72	56,1	22,1	3000	2626	12,5	216	147,3	31,8
<b>SUDESTE</b>	<b>1989,9</b>	<b>2116,2</b>	<b>6,3</b>	<b>2520</b>	<b>2775</b>	<b>10,1</b>	<b>5015,3</b>	<b>5873,5</b>	<b>17,1</b>
MG	1238,2	1319,4	6,6	2687	2658	1,1	3327	3507	5,4
SP	751,7	796,8	6	2246	2970	32,2	1688,3	2366,5	40,2
<b>SUL</b>	<b>10492,7</b>	<b>11074,1</b>	<b>5,5</b>	<b>2792</b>	<b>3071</b>	<b>10</b>	<b>29292,8</b>	<b>34012,3</b>	<b>16,1</b>
PR	5010,4	5224,8	4,3	2950	3294	11,7	14780,7	17210,5	16,4
SC	542,7	600,1	10,6	3030	3200	5,6	1644,4	1920,3	16,8
RS	4939,6	5249,2	6,3	2605	2835	8,8	12867,7	14881,5	15,7
<b>NORTE-NORDESTE</b>	<b>3781,1</b>	<b>4286,7</b>	<b>13,4</b>	<b>2648</b>	<b>2890</b>	<b>9,1</b>	<b>10012,2</b>	<b>12388,9</b>	<b>23,7</b>
<b>CENTRO-SUL</b>	<b>26392</b>	<b>27806,4</b>	<b>5,4</b>	<b>2884</b>	<b>3016</b>	<b>4,6</b>	<b>76108,6</b>	<b>83854,4</b>	<b>10,2</b>
<b>BRASIL</b>	<b>30173,1</b>	<b>32093,1</b>	<b>6,4</b>	<b>2854</b>	<b>2999</b>	<b>5,1</b>	<b>86120,8</b>	<b>96243,3</b>	<b>11,8</b>

Fonte: Conab, 2015b.

## 2.2 Produção de sementes de soja

A semente é o veículo que congrega para as inovações e os avanços tecnológicos, possui potencial genético de uma cultivar com características superiores e visa à agregação de valor ao produto a ser transferido para o produtor rural, principalmente porque representa altos ganhos econômicos ao setor agrícola (BRASIL, 2011).

Várias etapas acontecem na produção de sementes desde o melhorista até utilização pelo produtor. No início pequenas quantidades de sementes são multiplicadas até formarem volumes em escala comercial e, nesses processos as sementes estão sujeitas a uma série de fatores capazes de causar a perda do

potencial genético. Atingir uma quantidade adequada de sementes diminuindo as perdas qualitativas durante a produção é o objetivo principal de um programa de sementes (PESKE et al, 2012), e este deve incluir preferencialmente um sistema confiável de controle de qualidade que permita monitorar a qualidade da semente (FRANÇA NETO et al, 2007).

Na cultura da soja, como exemplo, pode-se citar o DIACOM (Diagnóstico Completo da Qualidade da Semente de Soja), tecnologia desenvolvida pelo Centro Nacional de Pesquisa de Soja da EMPRAPA e que envolve um pacote de procedimentos para controle de qualidade associado às várias etapas do processo de produção de sementes. Também permite a perfeita avaliação do potencial de germinação, vigor e as possíveis causas de problemas que resultam no descarte de lotes de sementes de soja que podem ser aproveitados, possibilitando a sua correção nas safras subsequentes, ou em alguns problemas como sanidade, por exemplo, indica a escolha do fungicida mais adequado para o tratamento da semente evitando a disseminação de patógenos (FRANÇA NETO; HENNING, 1992).

A qualidade de sementes segundo Popinigis (1985) é o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade.

Conforme Peske et al (2003), atributos genéticos envolvem, entre outros, a pureza varietal, potencial de produtividade, resistência a pragas e moléstias, precocidade, qualidade do grão e resistência a condições adversas de solo e clima, características que são influenciadas pelas condições do ambiente.

Os atributos físicos são: a) Pureza física – indica o grau de contaminação de um lote de sementes com sementes de outras variedades ou de plantas daninhas e material inerte; b) Umidade – indica o grau de umidade (quantidade de água) contida na semente, expressa em porcentagem, em função de seu peso úmido; c) Danos mecânicos – são as injúrias que as sementes sofrem a cada manuseio que afetam a aparência e a sua qualidade fisiológica; d) Peso de 1000 sementes - é uma característica utilizada para informar o tamanho e o peso da semente e tem entre os objetivos auxiliar na regulagem das máquinas de semeadura; e) Aparência - a aparência do lote de sementes atua como um forte elemento de comercialização; f) Peso volumétrico - é o peso de um determinado volume de sementes (PESKE et al, 2012).

Atributos sanitários referem-se às condições em que se apresentam as

sementes quanto à presença e o grau de ocorrência de organismos patogênicos como fungos, bactérias, vírus, nematoides e insetos capazes de causarem doenças ou injúrias às sementes, ou que transmitidos pelas sementes são capazes de causar doenças e reduções na qualidade e na produtividade das lavouras (POPINIGIS, 1985).

Os atributos fisiológicos expressam a capacidade de desempenhar funções vitais das sementes, caracterizados principalmente pelo vigor, germinação e longevidade, além da dormência em algumas espécies (POPINIGIS, 1985; OLIVEIRA, 2013).

A obtenção de novas cultivares acontece através do melhoramento genético convencional de plantas ou pelos processos de biotecnologia. Como controle do processo de produção de sementes que visa garantir a identidade genética das cultivares, com estratificação em categorias e classes conforme hierarquização a partir da semente genética, seguida pelas categorias básica, certificada das classes 1ª e 2ª, denominadas respectivamente C1 e C2 e semente não certificada de 1ª e 2ª geração, denominadas respectivamente de S1 e S2. A produção de qualquer uma das categorias e classes se faz a partir da escolha de áreas para a produção de sementes. Estas devem ser vistoriadas regularmente com o objetivo de evitar a presença de contaminantes por outra espécie ou cultivar e para diminuir ou eliminar os riscos de se obter uma semente com baixa qualidade assegurando a identidade e a pureza genética, física e sanitária de cada campo de produção (BRASIL, 2011).

A deterioração das sementes de soja resulta da interação de processos de alterações físicas, fisiológicas e sanitárias (FRANÇA NETO; HENNING, 1992). Estresses climáticos e nutricionais, frequentemente associados com danos causados por insetos e por microrganismos, são considerados como as principais causas da deterioração da semente no campo (FRANÇA NETO et al, 2007).

Diversas práticas podem ser utilizadas para minorar as consequências da deterioração de sementes no campo e também no beneficiamento.

A escolha da região e do local mais propício para produção de sementes deve ser feita criteriosamente, observando aspectos relacionados ao clima e ao solo. É de extrema importância a observação das características climáticas da região, entre outras, a temperatura média, precipitação, ocorrência de geadas tardias ou precoces e ventos fortes, principalmente quanto à época de florescimento das plantas e de maturação das sementes, pois pode representar o sucesso ou o insucesso na

produção de sementes de qualidade (BEVILAQUA et al, 2013).

Também Bevilaqua et al (2013) comentam que na produção de sementes deve ser priorizada principalmente a qualidade dentre outros aspectos, diferindo da produção de grãos, onde o objetivo maior é a quantidade. Por este motivo França Neto et al (2007), indica que a época de semeadura deve ser ajustada de tal modo que a maturação da semente ocorra sob condições de temperaturas amenas associadas a menores índices de precipitação, enquanto para produção de grãos a data de semeadura deve ser ajustada para a obtenção de máximas produtividades.

A qualidade das sementes é estabelecida durante a etapa de produção no campo, sendo que as demais etapas como, por exemplo, a secagem, o beneficiamento e o armazenamento poderão somente manter a qualidade (PESKE; BARROS, 2006).

Para produção de sementes com qualidade deve ser procedida a adubação e a calagem de solo conforme recomendação de análise de solo (BEVILAQUA et al, 2013), assim como o manejo da lavoura incluindo atividades como escolha da semente, época de semeadura, controle de doenças e pragas, momento de colheita, entre outras. É de extrema importância a infraestrutura adequada disponível no momento da colheita como, por exemplo, um número adequado de máquinas colhedoras e de secadores de semente suficientes para tornar as sementes com teor de umidade de 12%, no caso da soja (FRANÇA NETO et al, 2007).

Para o recebimento e beneficiamento das sementes na Unidade Básica de Sementes (UBS), deve-se conhecer previamente as características físicas dos contaminantes (vagens, ramos, torrões, insetos, semente de outras culturas e de ervas daninhas) para determinar as operações necessárias de separação, pois são as diferenças quanto às características físicas que permitem a remoção de contaminantes presentes nos lotes de sementes (BEVILAQUA et al, 2013).

O beneficiamento de sementes tem por finalidades classificar a semente por tamanho, melhorar a qualidade do lote pela remoção de semente danificada e deteriorada, aplicar fungicidas e inseticidas às sementes quando necessário e embalar adequadamente a semente para a sua comercialização (FRANÇA NETO et al, 2007). A sequência das máquinas usadas no fluxo de beneficiamento de sementes depende da espécie, da cultivar e das características das impurezas presentes em cada lote. Para sementes de soja, a disposição das máquinas na UBS é proposta por Baudet e Villela (2007) e está representada na figura 2.

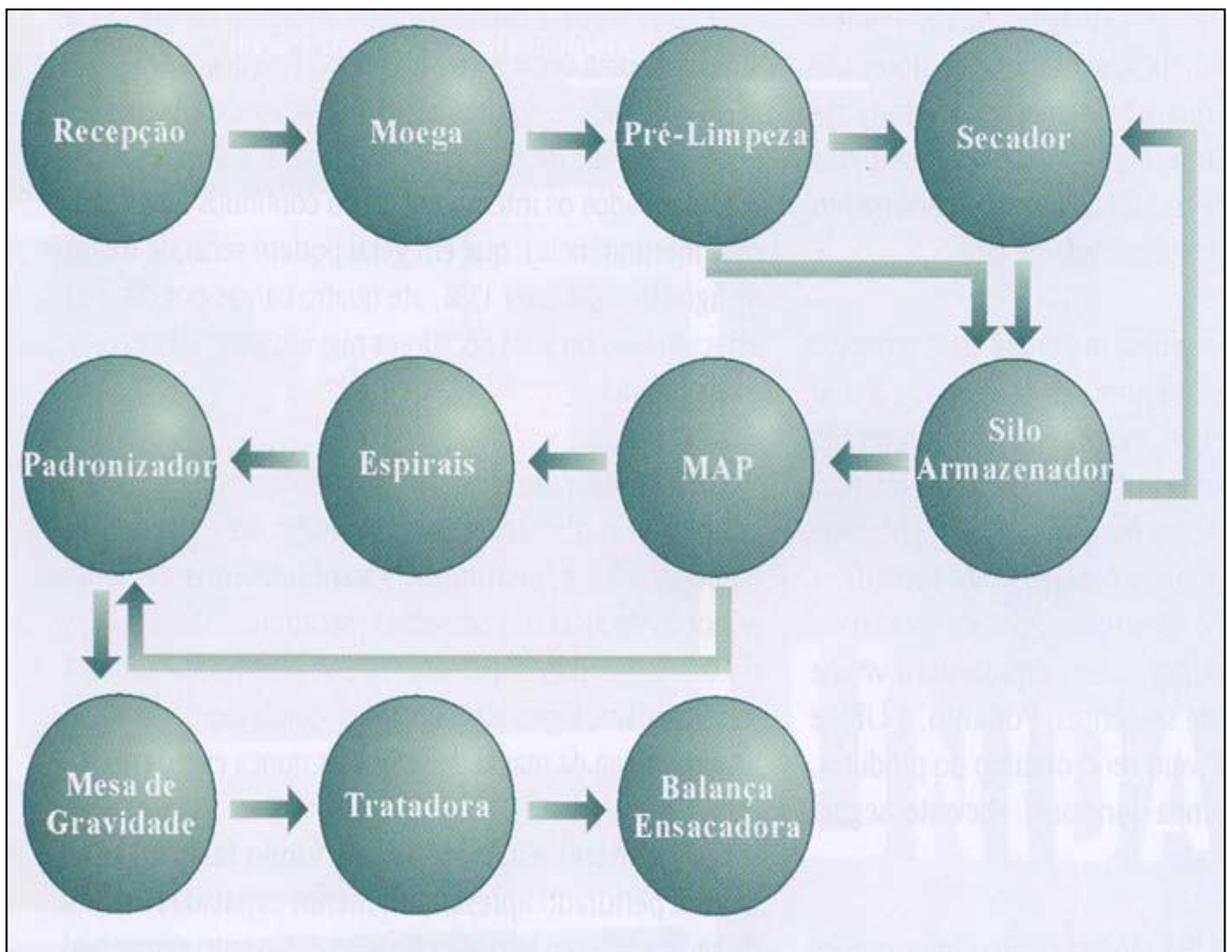


Figura 2 - Fluxograma demonstrando a sequência correta de máquinas usadas no fluxo de beneficiamento de semente de soja.

Fonte: Baudet e Villela, 2007.

### 2.3 A lavoura de arroz e a geração de cinza de casca de arroz

Na safra 2014/2015 foram semeados no Rio Grande do Sul 1.120,1 mil hectares de arroz com uma produtividade de 7.700 kg ha<sup>-1</sup> e uma produção total de 8.624,8 mil toneladas que representa 70% do arroz produzido no Brasil (CONAB, 2015a).

Sabendo-se que as cascas representam 20% da massa do arroz, a produção anual desse rejeito no estado do Rio Grande do Sul na safra 2014/2015 foi na ordem de 1.724.960 toneladas. Esse grande volume de rejeito produzido no estado do Rio Grande do Sul causa vários transtornos ambientais, pois a maior parte desse material é descartado nas lavouras e campos onde demoram anos para se

decompor ou, em outros momentos esse material é levado pelas águas e se deposita nos leitos de rios e lagos.

Outro problema que existe nas regiões produtoras de arroz é a constante falta de energia elétrica em função da demanda reprimida de energia. Como solução para ambos os impasses, surgiu a alternativa de geração de energia através da queima da casca de arroz em pequenas usinas termoelétricas que se instalaram próximas as indústrias beneficiadoras do cereal.

Esta solução pode ser considerada uma alternativa praticável do ponto de vista tecnológico, viável do ponto de vista econômico e ética do ponto de vista ecológico, uma vez que a matéria-prima é abundante na região, existe tecnologia para a conversão da casca de arroz em energia elétrica e todo CO<sub>2</sub> produzido na queima volta para o ciclo de carbono da biosfera terrestre (FOLETTTO et al, 2005), ou seja, é reabsorvido pelas plantas de arroz na próxima safra pelo processo de fotossíntese.

A energia produzida a partir da biomassa se enquadra nos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), importantes para a redução dos gases do efeito estufa (GEE). Essa tecnologia facilita para as indústrias a obtenção de selos de qualidade e atendimento a padrões de certificação, demonstrando o compromisso socioambiental da cadeia produtiva, tornando-se um diferencial para estas empresas e a possibilidade de obter novos negócios (MARCHEZAN, 2015).

No entanto, a solução mitigadora para destino da casca de arroz e para falta de energia elétrica trouxe outro transtorno ambiental, o resíduo denominado cinza de casca de arroz.

Sabendo que a queima da casca do arroz gera 18% de cinzas, somente no estado do Rio Grande do Sul considerando a última safra, se toda a biomassa da casca de arroz fosse queimada geraria 310.492,8 toneladas de cinzas.

A cinza proveniente da queima da casca de arroz para produção de energia elétrica nas usinas termoelétricas pode possuir entre 80% e 90% de sílica amorfa, 5% e 8% de C, 5% de K<sub>2</sub>O, 4% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 1% a 2% de CaO, pequenas quantidade de Mg, Fe e Na, além de ser isenta de toxidez e patogenicidade (MARCHEZAN et al, 2012).

A cinza de casca de arroz também é conhecida como sílica ativa, sílica amorfa ou sílica da casca do arroz (SVA, 2013) e suas propriedades físico-químicas podem ser conferidas na tabela 4.

**Tabela 4** - Propriedades físico-químicas da cinza de casca de arroz.

<b>PROPRIEDADES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Estado físico (CNTTP)	Sólido
Diâmetro médio	< 8,0 µm
Resíduo na peneira 45 µm	≤ 10,0%
Aparência	Pó de dimensões micrométricas
Cor	Cinza claro
Odor	Sem odor
pH	≤ 10,0
Ponto de fusão	1550-1570 °C
Ponto de fulgor	Não aplicável
Perda ao Fogo	≤ 3,5%
Densidade aparente	550 – 600 kg m <sup>-3</sup>
Solubilidade	Insolúvel em água Solúvel em HF, KOH e NaOH
Área específica B.E.T.	20.000 m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup>
Limite de explosividade	Não aplicável

Fonte: Sílica Verde do Arroz, 2013.

A queima da casca de arroz para produção de energia elétrica gera a cinza, material que pode ser enquadrado na “classe II A” (resíduo não perigoso e não inerte) segundo a NBR 10004 da ABNT (2004). Esse subproduto rico em sílica terá bom valor econômico se tiver alta qualidade, a qual é mensurada pela alta superfície específica, tamanho e pureza de partícula (FOLETTTO et al, 2005), podendo ser utilizado na construção civil e nas indústrias cimentícias para produzir cimento Portland, concretos, argamassas e pastas, nas indústrias de cerâmicas, nas indústrias eletrônicas para a fabricação de células fotovoltaicas, nas indústrias químicas para produção de borrachas e plásticos e também é utilizado in natura em solos como adubos (CAAL, 2012).

Embora a cinza de casca de arroz seja um material rico em sílica e, o silício ser um elemento que foi incluído entre os micronutrientes essenciais e ou benéficos para o crescimento e produção dos vegetais pela legislação brasileira que trata

sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 2004), o uso agrícola de cinza de casca de arroz ainda não foi devidamente estudado e mesmo com a diretriz técnica da Fepam que trata especificadamente da gestão desse resíduo (DIRTEC, 2011), é comumente utilizada em diversas lavouras e campos de forma empírica e nas mais variadas dosagens por alguns produtores, próximos às agroindústrias produtoras deste resíduo (ADOLPHO et al, 2014). A exposição da CCA aos fatores ambientais como vento e chuva, dentre outros, pode provocar o carreamento desse material para locais não desejados, como córregos e açudes, podendo causar a contaminação ambiental e também devido às pesquisas nessa área serem incipientes, não existem conhecimento técnico-científico a respeito do efeito da CCA no solo e por consequência das dosagens ideais para aplicação (ISLABÃO, 2013).

#### **2.4 Utilização de silício na agricultura**

Encontra-se na literatura estudos realizados desde meados do século XIX sobre o uso do silício em experimentos com plantas conduzidos em laboratório, estufa e a campo mostrando resultados satisfatórios nas culturas de arroz, cana-de-açúcar, cevada, milho, trigo e outras. Em seu livro "*Organic Chemistry in its application to agriculture and physiology*" (1840), Justus Von Liebig (1803-1873), agrônomo e químico alemão, foi o primeiro a sugerir o uso do silício como fertilizante, na forma de silicato de sódio. Também foi o primeiro pesquisador a realizar um experimento em casa de vegetação, em 1859 na Estação Experimental de Rothamsted na Inglaterra, utilizando este elemento como fertilizante. No mesmo sentido, Dmitry Mendeleev (1834-1907), químico russo, sugeria em 1870, o uso da sílica amorfa como fertilizante silicatado (LIMA FILHO, 2009).

Atualmente o silício é utilizado em diversos países como fertilizantes na agricultura para as mais diversas culturas (GAMA, 2014). No Brasil, o silício foi incluído na lista de micronutrientes essenciais e ou benéficos para produção vegetal pelo Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004 que regulamenta a Lei nº 6.894 de 16 de janeiro de 1980 (BRASIL, 2004).

Korndörfer e Nolla (2004) propôs métodos para análise do teor de silício no

solo, na planta e nos fertilizantes buscando atender a legislação, a fiscalização e a comercialização de fertilizantes. Estas metodologias permitem a quantificação do silício nas formulações de macro e micronutrientes visando atender às garantias mínimas nos produtos comercializados e dessa forma avaliar o potencial de liberação do silício para as plantas.

Elementos químicos essenciais são aqueles nutrientes vitais para a sobrevivência das plantas. Os elementos benéficos são aqueles que ausentes permitem o desenvolvimento das plantas, mas quando presentes contribuem de alguma forma para o crescimento e/ou produção dos vegetais. Também os elementos podem ser classificados como tóxicos, quando sua presença e ou concentração são prejudiciais ao crescimento das plantas (FAQUIN, 2005).

Segundo Dechen e Nachtigall (2006), para atender os critérios de essencialidade, os elementos serão caracterizados como essenciais se a sua deficiência impedir que a planta complete o seu ciclo vital e também, o elemento essencial não pode ser substituído por outro de propriedades similares, devendo participar diretamente do metabolismo da planta.

Depois do oxigênio, o silício é o segundo elemento mais abundante na litosfera, está presente em minerais primários e secundários, com resistências muito diferentes ao intemperismo (FAQUIN, 2005). Em função dessa enorme disponibilidade de silício, diversos trabalhos buscam determinar sua essencialidade, ou mesmo efeitos benéficos ou tóxicos ao crescimento das plantas.

Para a maioria das espécies vegetais o silício é considerado elemento útil ou benéfico, pois não atende a todos os critérios diretos e indiretos de essencialidade, com exceção de alguns membros da família *Equisetaceae* onde o silício é considerado inquestionavelmente um elemento essencial (MALAVOLTA, 2006).

Conforme Miyake e Takahashi (1985), a deficiência de silício na planta de soja causa sintomas característicos como a má formação das folhas e a redução da fertilidade do grão-de-pólen.

Os solos tropicais e subtropicais possuem, geralmente, baixos teores de silício disponíveis para as plantas devido ao fenômeno da dessilicatização dos solos, onde o silício é continuamente perdido pelo processo de lixiviação e muitas vezes esse processo é acelerado pelo manejo inadequado nas lavouras e pastagens. Provavelmente a deficiência de silício pode estar limitando a produção e a sustentabilidade da agricultura nessas regiões e certamente a incorporação deste

elemento no perfil do solo pode trazer grandes benefícios (KORNDÖRFER et al, 2002a).

Vários são os materiais que tem sido utilizado como fonte de silício na agricultura como, por exemplo, escórias de siderurgia, wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar em fornos elétricos, metassilicato de cálcio, metassilicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio, silicato de cálcio, entre outros (PEREIRA Jr., 2008).

Principalmente os resíduos das indústrias, neste se inclui a cinza de casca de arroz, são fontes abundantes e baratas de silício e a sua viabilização na agricultura pode reduzir um passivo ambiental que é a destinação correta.

Uma fonte de silício para fins agrícolas deve possuir algumas características desejáveis como alta concentração de silício solúvel, boas propriedades físicas, facilidade para a aplicação mecanizada, pronta disponibilidade para as plantas, boa relação e quantidades de cálcio e magnésio, baixa concentração de metais pesados e baixo custo (KORNDÖRFER et al, 2002b).

Em solos altamente intemperizados e pobres em silício, a aplicação de fontes silicatadas como fertilizantes e corretivos pode ser de suma importância para repor e aumentar a disponibilidade de silício e outros elementos no solo, trazendo inúmeros benefícios para as plantas, principalmente às acumuladoras desse elemento (RAMOS, 2005).

Para Alcarde (2005), os produtos corretivos devem ter componentes básicos para gerar o ânion  $\text{OH}^-$  (hidroxila) e promover a neutralização (diminuição ou eliminação) da acidez dos solos devida à presença de  $\text{H}^+$  (hidrogênios) livres, gerados por componentes ácidos presentes no solo como ácidos orgânicos, fertilizantes nitrogenados, etc.

Nas lavouras, os silicatos são aplicados na forma sólida (pó ou granulado) e líquida (via solo ou foliar). Enquanto os silicatos em pó são incorporados em área total, os silicatos granulados são normalmente aplicados em linha juntamente com outras matérias-primas fazendo parte da composição de adubos NPK (KORNDÖRFER et al, 2002b).

O silício tem sido utilizado na agricultura principalmente para aumentar a resistência das plantas às pragas e doenças. Também é citado na literatura o efeito positivo da acumulação de sílica nos tecidos vegetais sobre fatores abióticos como estresse salino, toxicidade a metais, falta de água, danos devido à radiação, balanço

de nutrientes, altas temperaturas e geadas (MENDES et al, 2011).

Em solos com pH abaixo de 9, a decomposição dos silicatos libera silício para a solução do solo na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), sendo este um ácido fraco (MADEIROS, 2010) que é absorvido pelas plantas em um processo teoricamente ativo, pois requer gasto de energia metabólica além de ser sensível a inibidores metabólicos e à temperatura. O transporte de silício através da planta acontece pelo xilema e a sua distribuição está diretamente relacionada com a taxa transpiratória das diferentes partes da planta e também de cada espécie. A distribuição tende a ser mais uniforme em plantas que acumulam pouco silício, noutras há maior proporção nas raízes e, nas plantas consideradas acumuladoras de silício como o arroz, por exemplo, a maior proporção é distribuída na parte aérea, cerca de 90% nessa planta (FAQUIN, 2005). A casca do arroz é o órgão da planta que mais acumula silício, seguido pela folha bandeira e panícula (MENDES et al, 2011).

Vários estudos indicam que as diferentes espécies de plantas variam grandemente na capacidade de acumular silício em seus tecidos e, por este motivo são divididas em acumuladoras e não acumuladoras (FAQUIN, 2005).

Consideram-se plantas acumuladoras de silício, aquelas cuja absorção está ligada a respiração aeróbica e os teores de silício na massa seca são superiores a  $1 \text{ g kg}^{-1}$ , como arroz, milho e cana-de-açúcar (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001). As plantas intermediárias apresentam teores entre  $0,5$  a  $1 \text{ g kg}^{-1}$  de silício na massa seca, mesmo quando a concentração desse elemento é alta no meio, como exemplo podem ser citadas a soja e as cucurbitáceas que conseguem translocar o silício livremente das raízes para a parte aérea (MENDES et al, 2011). As plantas consideradas não acumuladoras apresentam concentração de silício inferior a  $0,5 \text{ g kg}^{-1}$  na massa seca, mesmo com altos níveis de silício no meio, indicando um mecanismo de exclusão deste elemento. Exemplo típico é o tomateiro, que acumula a maior parte do silício absorvido nas raízes (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985).

Ainda não existe uma definição absoluta para a quantidade máxima de silício que pode ser utilizada para cada cultura, pois não foram constatados efeitos tóxicos do silício para as plantas. Acredita-se que quanto mais as plantas conseguirem absorver silício, maiores serão seus efeitos benéficos. No entanto, como limite para aplicação desse insumo deve ser considerado o efeito corretivo dos silicatos nos solos, pois doses demasiadamente exageradas de silicatos provocam aumentos de

pH e de saturação por bases acima dos valores desejados. Neste caso, podem acontecer desequilíbrios nutricionais, principalmente de micronutrientes (cobre, ferro, zinco e manganês) e de fósforo, devido aos processos de insolubilização destes para as plantas (KORNDÖRFER et al, 2002c).

Inúmeros são os benefícios associados ao uso de silicatos quando utilizados na agricultura, não apenas ao fornecimento de silício para as plantas, mas também ao efeito dos mesmos como corretivos de acidez, fornecimento de Ca, Mg e também de micronutrientes, tais como Cu, Fe, Mn, entre outros (QUEIROZ, 2003).

Segundo Ramos et al (2006) o uso de silicato de cálcio e de silicato de cálcio e magnésio corrigiram a acidez do solo e aumentaram os teores de cálcio trocável com maior eficiência que o calcário na superfície de 0-15 cm de profundidade.

Isto pode ser explicado devido as diferentes solubilidades dos materiais no solo, sendo para o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) respectivamente de 0,014 g/l e 0,095 g/l. Assim o silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o calcário e, portanto, ocorrem reações com maior velocidade, resultando em menor espaço de tempo para que se efetue sua ação corretiva (ALCARDE; RODELLA, 2003).

Segundo Nolla et al (2004), os silicatos possuem superfície específica (área de contato) muito maior que os calcários, indicando teoricamente maior reatividade e poder de neutralização.

A ação neutralizante do calcário é menor que a dos silicatos porque a sua base ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) é mais fraca ( $K_{b1} = 2,2 \times 10^{-4}$ ) que a base dos silicatos [ $\text{SiO}_3^{-2}$  ( $K_{b1} = 1,6 \times 10^{-3}$ )], ou seja, apresenta uma liberação mais lenta de  $\text{OH}^-$  no meio (FAGUNDES, 2005).

Resultados encontrados em experimento por Islabão (2013) mostraram que a cinza de casca de arroz atua como corretivo da acidez do solo, reagindo mais rápido que o calcário convencional, pois possui reatividade (RE) da ordem de 300%, mas apresenta um PRNT baixo, da ordem de 3%, devido ao poder de neutralização (PN) muito baixo, da ordem de 1%.

Pesquisa realizada por Leite et al (2008) demonstrou que a aplicação de silicato de cálcio no sulco de plantio proporcionou um aumento no teor de fibra da cana-de-açúcar.

Plantas de cana-de-açúcar tratadas com silício produziram mais se comparado a plantas não tratadas, motivo que pode estar relacionado à maior

resistência ao acamamento e alterações na arquitetura das plantas que apresentaram folhas mais eretas e, em consequência disso, são mais eficientes quanto a capacidade de absorção da luz solar e de realização de fotossíntese. Além disso, a adubação com silício proporcionou maior resistência ao ataque de pragas e doenças e maior capacidade das plantas em tolerar a falta de água no solo (KORNDÖRFER et al, 2002c).

O silício pode favorecer a produção vegetal através da proteção contra estresses abióticos auxiliando na diminuição da toxidez provocada pelo excesso de Fe, Mn, Al e Na presentes no solo e também na diminuição do estresse hídrico e à geadas, além de conferir às plantas proteção contra estresses bióticos, tais como a redução do ataque de patógenos (doenças) e aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos, pela deposição de silício nas células da camada epidérmica (PEREIRA Jr., 2008).

Em estudo conduzido por Goussain et al (2002) sobre o efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), constatou que as mandíbulas das lagartas, no sexto instar de desenvolvimento apresentaram desgaste acentuado na região incisora quando em contato com folhas que receberam aplicação de silício (Figura 3) e também, a aplicação de silício dificultou a alimentação das lagartas causando aumento de mortalidade e canibalismo.

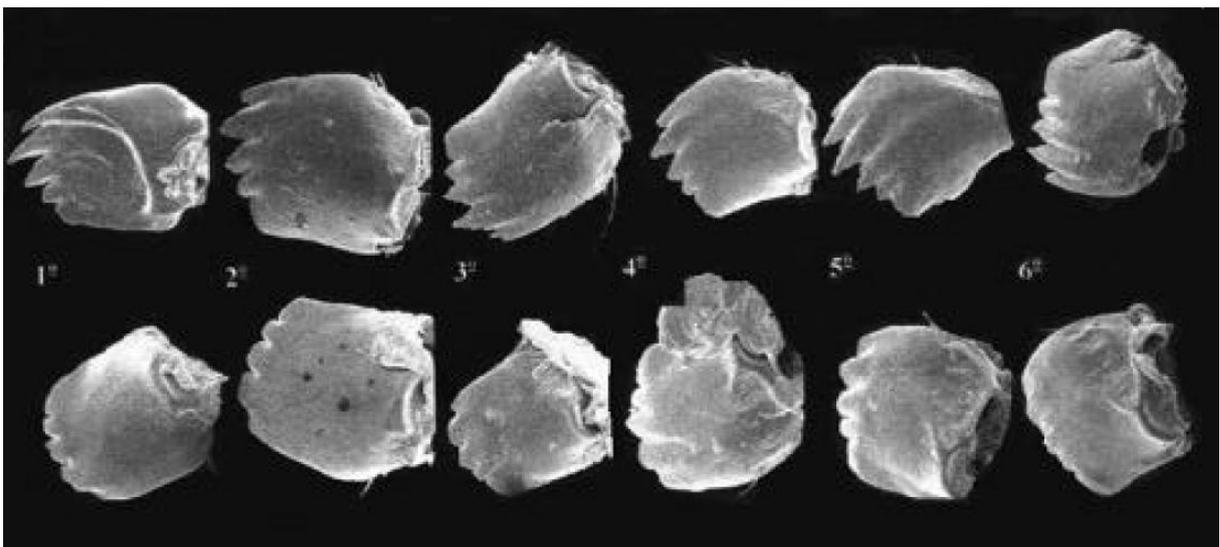


Figura 3 - Mandíbulas de lagartas de 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º instares de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho que receberam aplicação de silício (inferior) e sem aplicação de silício (superior).

Fonte: Goussain et al, 2002 (adaptado pelo autor).

A utilização de escória agrícola, rica em silicato de cálcio, resultou em aumento da produtividade de frutos de tomate, além de tendência na redução de podridão apical nos frutos de tomate com o aumento das doses aplicadas, provavelmente devido ao maior fornecimento de cálcio e uso mais eficiente da água pela transpiração foliar em função do silício (FIORI, 2006).

Quanto maior a dose aplicada de wollastonita, maior foi a absorção de silício em plantas de arroz, sendo a maior parte deste elemento acumulado na parte aérea da planta. O silício após ser absorvido pelas plantas de arroz deposita-se na epiderme das folhas, se polimeriza e torna-se imóvel formando uma camada de proteção contra fungos, bactérias e insetos (Figura 4), além de influenciar na estrutura das plantas deixando-as mais eretas, evitando o acamamento e fazendo com que haja um melhor aproveitamento fotossintético, aumentando consequentemente a produtividade (RAMOS, 2005).

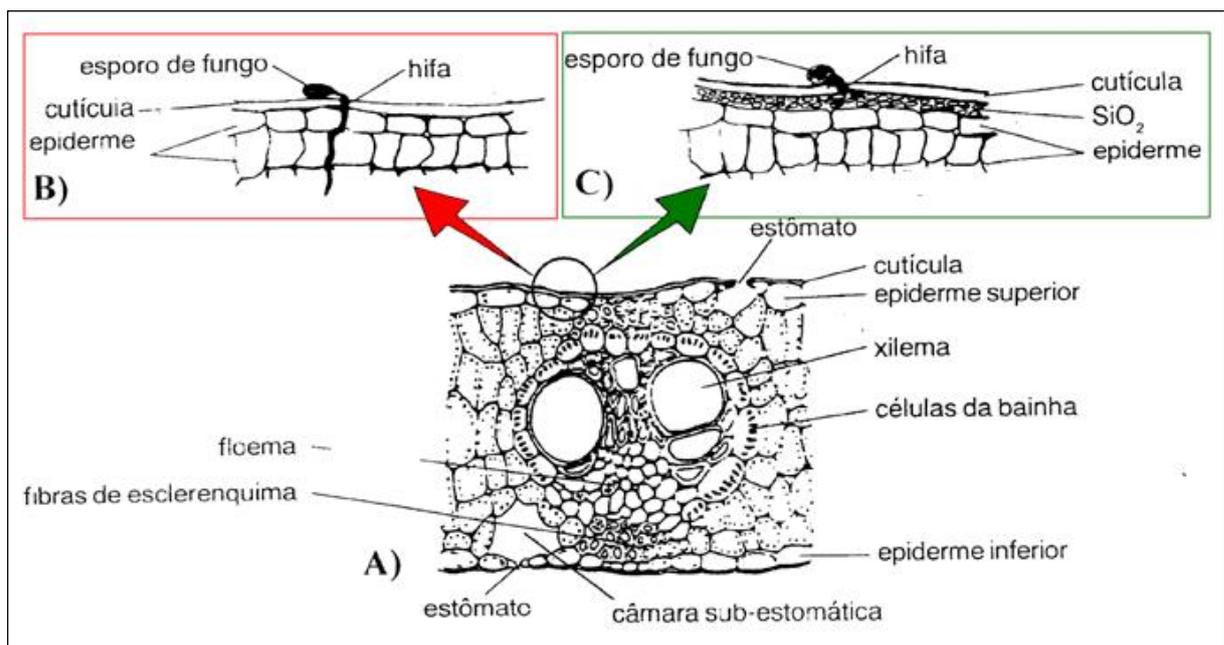


Figura 4 - A) Corte do limbo foliar de gramíneas. B) Ausência de camada de silício e penetração das hifas de fungos. C) Presença de camada de silício em plantas tratadas inferem maior resistência à penetração de hifas de fungos.

Fonte: Korndörfer et al, 2004 (adaptado pelo autor).

Análises microscópicas nas células da epiderme da folha bandeira de arroz mostraram que o silício está presente em compostos combinados de sílica e celulose abaixo da cutícula. Essa composição favorece a redução da transpiração e consequentemente uma menor perda de água, evitando que a planta sofra grande

estresse em função da deficiência hídrica possível de ocorrer em arroz de terras altas (DAYANANDAM et al, 1983).

Resultados encontrados por Marchezan et al (2014) na cultura de arroz irrigado mostraram que a adição de CCA por dois anos consecutivos não afetou significativamente a produtividade e os teores de macro e micronutrientes analisados, com exceção do teor de potássio nas folhas na dosagem de 32 toneladas de CCA ha<sup>-1</sup> ano.

Em trabalho proposto por Pereira Jr. (2008), diferentes doses de silício aplicadas em soja não causaram efeitos fitotóxicos e não proporcionaram aumentos significativos na produtividade de grãos, peso de mil sementes e número de sementes por legume, no entanto, houve aumento significativo no número de legumes por planta, altura de planta e inserção do primeiro legume conforme elevação das doses utilizadas.

## 2.5 Referências

ABIOVE (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais). **Complexo soja exporta US\$ 22,5 bilhões, quantia equivalente a 17,5% do total exportado pelo País**. n. 123/2015. Disponível em <[http://www.abiove.org.br/site/\\_FILES/Portugues/09092015-152232-09\\_09\\_2015\\_informativo\\_123\\_exportacoes\\_complexo\\_soja.pdf](http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/09092015-152232-09_09_2015_informativo_123_exportacoes_complexo_soja.pdf)> Acesso em: 15 nov. 2014.

ADOLPHO, Douglas de Oliveira; JORGE, Roberlaine Ribeiro; MACHADO, Rodrigo Ferreira; PYDD, Estevan Butzke; RAMOS, Lucas Cazabonet. **Efeito da incorporação da cinza da casca do arroz (CCA) no solo nos parâmetros morfoprodutivos de diferentes cultivares de milho**. XXVI Congresso regional de iniciação científica e tecnológica em engenharia. Alegre/RS, 2014, 4 p.

ALCARDE, José Carlos; RODELLA, Arnaldo Antonio. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, Nilton; MARQUES, João José; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães; LIMA, José Maria de; LOPES, Afredo Scheid; ALVARES, Victor Hugo. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa/MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.291-334.

ALCARDE, José Carlos. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. Boletim Técnico n. 6. São Paulo/SP: ANDA, 2005. 24 p.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 10004**. Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro/RJ, 2004. 71p. Disponível: <<http://www.videverde.com.br/docs/NBR-n-10004-2004.pdf>> Acesso em: 30 set. 2016.

BAUDET, Leopoldo; VILLELA, Francisco Amaral. Unidades de beneficiamento de sementes. **SEED News**, Pelotas/RS, v. 11, n. 2, p. 22-26, 2007.

BEVILAQUA, Gilberto A. Peripolli; ANTUNES, Irajá Ferreira; EBERHARDT, Paulo Eduardo Rocha; EICHHOLZ, Claiton Joel; GREHS, Raul Celso. **Indicações técnicas para produção de sementes de feijão para a agricultura familiar**. Circular Técnica n. 141. Embrapa clima temperado. Pelotas/RS. 2013. 16 p.

BRASIL. **Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004**. Aprova o regulamento da lei nº 6.894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília/DF, 15 jan. 2004. Seção 1, p. 2.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Guia de inspeção de campos para produção de sementes**. 3.ed. revisada e atualizada. Brasília/DF: Mapa/ACS, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2014/2015 a 2024/2025**. Projeções de longo Prazo. 6.ed. Brasília/DF: Age/Mapa, 2015. 133 p.

CAAL (COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL ALEGRETE LDTA). **CAAL financia projeto de pesquisa sobre o uso da cinza da casca de arroz na agricultura**. Alegrete, 2012. Disponível em <<http://www.caal.com.br/Noticia/caal-financia-projeto-de-pesquisa-sobre-o-uso-da-cinza-da-casca-de-arroz-na-agricultura>> Acesso em: 14 fev. 2016.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 2 -Safr 2014/15, n. 12, Brasília/DF, 134 p., set. 2015a.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 3 - Safr 2015/16, n. 1, Brasília/DF, 141 p., out. 2015b.

DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal Botany**, Califórnia, v. 70, n. 7, p. 1079-1084, ago. 1983.

DECHEN, Antônio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. In: Fernandes, Manlio Silvestre. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa/MG: UFV, 2006, p. 1-5.

DIRTEC. **DIRETRIZ TÉCNICA Nº 002/2011**. Gestão de resíduos caracterizados como casca de arroz e cinzas resultantes do processo de queima da casca. Fundação Estadual de Proteção Ambiental. Porto Alegre/RS. 2011.

FAGUNDES, Roberto Pereira. **Efeito do silicato na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens* cultivada em solo degradado do triângulo mineiro**. 2005. 76f. Dissertação (Produção animal) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG, 2005.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas**. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG: FAEPE, 2005. 186p.

FARIAS, José Renato Bouças; NEPOMUCENO, Alexandre Lima; NEUMAIER, Norman. **Estádios de desenvolvimento da cultura de soja**. Circular Técnica n. 48. Embrapa soja. 1.ed. Londrina/PR, 2007. 9 p.

FEHR, Walter R.; CAVINESS, Charles E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report 80).

FIORI, Marisa Pucci. **Comportamento de cultivares de tomateiro quanto à utilização de escórias siderúrgicas em ambiente protegido**. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Marília, Marília/SP, 2006.

FOLETTTO, Edson Luiz; HOFFMANN, Ronaldo; HOFFMANN, Rejane Scopel; PORTUGAL Jr, Utinguassú Lima; JAHN, Sérgio Luiz. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, São Paulo/SP, v. 28, n. 6, p. 1055-1060, 2005.

FRANÇA NETO, José de Barros; HENNING, Ademir Assis. **DIACOM**: Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. Circular Técnica n. 10. EMBRAPA-CNPSO. Londrina/PR. 1992. 22 p.

FRANÇA NETO, José de Barros; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; PÁDUA, Gilda Pizzolante de; COSTA, Nilton Pereira da; HENNING, Ademir Assis. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade - Série Sementes**. 1.ed. Circular Técnica n. 40. Embrapa soja. Londrina/PR. 2007.

GAMA, Juliana Simões Nobre. **Adubação silicatada na produção e qualidade de sementes e fibras de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. 2014. 102f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel". Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2014.

GOUSSAIN, Marcio Marcos; MORAES, Jair Campos; CARVALHO, Janice Guedes de; NOGUEIRA, Neusa de Lima; ROSSI, Mônica Lanzoni. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (*Lepidoptera Noctuidae*). **Neotropical Entomology**, Vacaria/RS, v. 31, n. 2, p. 305-310, abr./jun. 2002.

ISLABÃO, Gláucia Oliveira. **Uso da cinza de casca de arroz como corretivo e condicionador do solo**. 2013. 84 f. Tese (Doutorado em solos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2013.

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; NOLLA, Antônio. **Correção da acidez do solo**

**com a silicatagem.** Grupo de pesquisa “Silício na agricultura”. Boletim técnico n. 02. 1.ed. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. 2004. 37 p.

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; NOLLA, Antônio; OLIVEIRA, Lilian Aparecida de. **Aplicação de silicatos no solo.** Grupo de Pesquisa "Silício na Agricultura. Uberlândia/MG, 2002b. Disponível em < <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Fontes%20de%20Si/fontes.htm>> Acesso em: 16 mar. 2016.

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron; CAMARGO, Monica Sartori de. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB.** Piracicaba/SP, v. 21, n.2, nov./dez. 2002a.

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron; CAMARGO, Monica Sartori de. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura.** Boletim Técnico n.1 – 2.ed. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Agrárias. Uberlândia/MG, 2002c.

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron; CAMARGO, Monica Sartori de. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura.** Grupo de pesquisa “Silício na agricultura”. Boletim técnico n.1, 2.ed. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG, 2004. 23 p.

LEITE, Gustavo Melasipo Vilela; ANDRADE, Luiz Antônio de Bastos; GARCIA, Júlio César; ANJOS, Ivan Antônio dos. Efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar sp80-1816. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras/MG, v. 32, n. 4, p. 1120-1125, jul./ago. 2008.

LIMA FILHO, Oscar Fontão de. **História e uso do silicato de sódio na agricultura.** Dourados/MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009. 112 p.

MA, Jian Feng; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in Agriculture.** Amsterdam: Elsevier, 2001, p.17-39.

MADEIROS, Lúcio Bastos; VIEIRA, Andreia de Oliveira; COSTA, Dorival Pereira Borges. Aplicação de escória siderúrgica: silício no solo e na cana-de-açúcar. **PUBVET**, Londrina/PR, v. 4, n. 26, 131. ed. art. 889, 2010, 11 p.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo/SP: Ceres, 2006. 631 p.

MARCHEZAN, Maria de Fátima. O uso agrícola da cinza da casca de arroz. **Revista Lavouira Arrozeira**, Porto Alegre/RS, v. 63, n. 465, p. 21-22, out./dez. 2015.

MARCHEZAN, Maria de Fátima; TEIXEIRA, Clayton Prates; FREITAS, Fábio Kellermann; PYDD, Estevan Butzke; JORGE, Roberlaine Ribeiro; MACHADO, Rodrigo Ferreira. **Efeito da adição de diferentes doses de cinzas da casca de arroz (CCA) na estrutura do solo e seu impacto no desenvolvimento e produtividade de arroz irrigado no município de Alegrete-RS**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal do Pampa. v. 4, n. 2, Salão de pesquisa. Bagé/RS: Unipampa, 2012.

MARCHEZAN, Maria de Fátima; VAHL, Ledemar Carlos; TIMM, Luis Carlos; JORGE, Roberlaine Ribeiro; MACHADO, Rodrigo Ferreira. Efeitos da incorporação de cinza de casca de arroz em parâmetros morfoprodutivos de arroz irrigado. In: X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo Fatos e Mitos em Ciência do Solo. **Anais do X RSBCS**. Pelotas/RS: SBCS, out. 2014. 3 p.

MENDES, Lucas da Silva; SOUZA, Carlos Henrique Eiterer de; MACHADO, Vanessa Júnia. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. **Cerrado Agrociências** - Revista do Centro Universitário de Patos de Minas. Patos de Minas/MG, n.2, p. 51-63, set. 2011.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 31, p. 625-636, 1985.

MUNDSTOCK, Claudio Mário; THOMAS, André Luís. **Soja**: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Departamento de plantas de lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS: Evangraf, 2005. 31 p.

MOREIRA, Marcelo Garrido. **Soja**: Análise da Conjuntura Agropecuária. Departamento de Economia Rural. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. 17 p., out. 2012. Disponível em <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja\\_2012\\_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf)> Acesso em: 12 fev. 2016.

NEUMAIER, Norman; NEPOMUCENO, Alexandre Lima; FARIAS, José Renato Bouças; OYA, Tetsuji. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In: **Estresses em soja**. Passo Fundo/RS: Embrapa Trigo, 2000. p. 19-44.

NOLLA, Antônio; KONDÖRFER, Gaspar Henrique; ARRUDA, Diego Guimarães. Controle de *Peronospora Manshurica* na soja cultivada sob diferentes níveis de silicato de cálcio e calcário. In: **SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA**.

Anais. 3.ed. Uberlândia/MG, 2004. 1 CD-ROM.

NUNES, José Luis da Silva. **Características da Soja (*Glycine max*)**. Disponível em < <http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/caracteristicas.aspx>> Acesso em: 09 fev. 2015.

OLIVEIRA, Sandro de. **Silício oriundo da cinza de casca de arroz carbonizada como promotor do rendimento e da qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2013.

PEREIRA Jr., Péricles. **Doses de silício na produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e suas características agrônômicas**. 2008. 27 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2008.

PERES, Frederico; GAETAN, Josino Costa Moreira; DUBOIS, Serge. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema**. Rio de Janeiro/RJ, FIOCRUZ, 2003.

PESKE, Silmar Teichert; ROSENTHAL, Mariane D' Avila; ROTA, Gladis Rosane Medeiros. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 1.ed. Pelotas/RS: Editora, 2003. 573 p.

PESKE, Silmar Teichert; BARROS, Antônio Carlos Souza Albuquerque. Produção de sementes. In: PESKE, Silmar Teichert; LUCCA FILHO, Orlando Antônio; BARROS, Antônio Carlos Souza Albuquerque. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas/RS: Universitária. 2006. p.15-96.

PESKE, Silmar Teichert; BARROS, Antônio Carlos Souza Albuquerque; SHUCH, Luis Osmar Braga. Produção de sementes. In: PESKE, Silmar Teichert; VILLELA, Francisco Amaral; MENEGHELLO, Geri Eduardo. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. Pelotas/RS: Universitária, 2012. p. 13-103.

POPINIGIS, Flávio. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília/DF: Agiplan, 1985. 289 p.

QUEIROZ, Angélica Araújo. **Reação de fontes de silício em quatro solos de cerrado**. 2003. 40 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. 2003.

RAMOS, Lucélia Alves. **Reatividade de fontes de silício e sua eficiência na absorção e acumulação na cultura do arroz irrigado**. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado em solos) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2005.

RAMOS, Lucélia Alves; NOLLA, Antonio; KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron; CAMARGO, Monica Sartori de. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa/MG, v. 30. P. 848-857, 2006.

REIS, Erlei Melo. Apresentação. In: BALARDIN, Ricardo Silveiro. **Doenças da Soja**. Santa Maria/RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2002. 108 p.

SVA (SÍLICA VERDE DO ARROZ LTDA). **Ficha de informações de segurança de produtos químicos**. SILCCA NOBRE SCI, Alegrete/RS, 2013. Disponível em <<http://www.pileconobre.com.br/doc/FISPQ.pdf> > Acesso em: 14 fev. 2016.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1194>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

WRIGHT, David; LENSSEN, Andrew W. **Staging Soybean Development**. Department of Agronomy, Iowa State University, Iowa, 2013. 4 p.

### **3 CAPÍTULO 1**

## **APLICAÇÃO FOLIAR DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NO RENDIMENTO DA SOJA.**

### 3.1 Resumo

Foi conduzido um trabalho de pesquisa com o objetivo de entender o efeito da aplicação de cinza de casca de arroz como fonte de silício na nutrição mineral e proteção de plantas, avaliando aspectos morfológicos da planta de soja, os componentes de rendimento e a qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegrete/RS. Como tratamentos foram utilizados cinco doses de cinza de casca de arroz (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas via foliar sobre plantas de soja. Os itens analisados foram número de vagens por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 sementes, número de sementes por planta, peso de sementes por planta, comprimento da parte aérea por planta, comprimento da raiz por planta, número de nós por planta, diâmetro do caule a 2 cm, peso de mil sementes, produtividade, germinação e teor de óleo nas sementes. Sob as condições que esta pesquisa foi desenvolvida, os resultados obtidos permitem concluir que a cinza de casca de arroz aplicada via foliar não apresenta efeitos sobre os parâmetros avaliados (aspectos morfológicos, componentes do rendimento e qualidade fisiológica de sementes) provenientes de plantas de soja.

**Palavras-chave:** Cinza de casca de arroz; *Glycine max*; aspectos morfológicos; componentes do rendimento e qualidade fisiológica; adubação foliar.

### 3.2 Abstract

A research study in order to understand the effect of the application of rice husk ash as a source of silicon in mineral nutrition and plant protection was conducted by evaluating morphological aspects of the soybean plant, yield components and physiological quality soybean seeds produced in Alegrete/RS. The treatments were five doses of rice husk ash (0, 75, 150, 225 and 300 kg ha<sup>-1</sup>) applied to the leaves of soybean plants. The analyzed items were number of pods per plant, number of pods 1, 2 and 3 seeds, seed number per plant, seed weight per plant, part length area per plant, root length per plant, number of nodes per plant, stem diameter of 2 cm, thousand seed weight, productivity, germination and oil content in seeds. Under the conditions that this research was conducted, the results showed that the applied foliar rice husk ash has no effect on the evaluated parameters (morphology, yield components and physiological seed quality) from soybean plants.

**Keywords:** Rice husk ash; *Glycine max*; morphological aspects; yield components and physiological quality; foliar fertilization.

### 3.3 Introdução

Para se obter o sucesso do cultivo, um dos fatores mais importantes é a utilização de sementes de alta qualidade, cujos atributos de qualidade podem ser divididos em genéticos, fisiológicos, físicos e sanitários (PESKE et al, 2012).

São muitos os trabalhos de pesquisa sobre a utilização do silício em diversas culturas. No entanto, ainda são poucas as informações dos efeitos benéficos da aplicação de silício na cultura da soja. A hipótese geral desse estudo é que a aplicação de cinza de casca de arroz pode influenciar positivamente sobre o rendimento e a qualidade das sementes de soja. Desta maneira, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via foliar, como fonte de silício na nutrição mineral e proteção vegetal de plantas de soja.

O controle de pragas e doenças na cultura da soja exige além de manejo, o uso de grande quantidade de defensivos agrícolas.

Altas temperaturas e elevado teor de umidade durante as fases de maturação e colheita da semente de soja, podem propiciar aumento da infecção de sementes por fungos (FRANÇA NETO; HENNING, 1992). A aplicação de fungicidas foliares, além de proteger as folhas, preserva a integridade das vagens, que por sua vez, proporcionará maior proteção à semente em seu interior contra as intempéries climáticas (FRANÇA NETO et al, 2007). A utilização de materiais alternativos como a cinza de casca de arroz pura ou na composição de biofertilizantes não atuam como agrotóxicos apesar de produzirem efeitos semelhantes, pois os primeiros fortalecem a planta, enquanto os agrotóxicos a enfraquecem e podem contaminar o solo, os alimentos e o próprio agricultor (BEVILAQUA et al, 2013).

Um produto análogo a cinza de casca de arroz utilizado no controle preventivo de pragas e na manutenção da qualidade das sementes e grãos armazenados é a terra de diatomáceas. Este produto é composto de esqueletos silicatados e carbonáceas de algas marítimas que formam cristais com pontas que, ao serem ingeridos junto com as sementes pelas pragas acabam danificando o sistema digestivo destas e com isso levando o inseto a diminuir o consumo de alimento e/ou a morte (BEVILAQUA et al, 2013). Outro mecanismo de ação está relacionado à aderência do pó inerte à epicutícula dos insetos por carga eletrostática, favorecendo a perda de água e levando-os a morte por desidratação corporal (PIMENTEL, 2011).

### 3.4 Materiais e métodos

O experimento foi conduzindo na área experimental do curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), campus Alegrete-RS, coordenadas geográficas 29°47'37"S e 55°45'58"O, na safra 2014/2015 e os experimentos laboratoriais conduzidos em laboratórios da Unipampa, Instituto Federal Farroupilha (IFFar) e Universidade de Caxias do Sul (UCS), (ver Apêndice D, E e F).

No período que antecedeu a semeadura da soja, a área foi dessecada com herbicida não seletivo de ação total (glifosato) e foi realizada a semeadura de aveia branca (*Avena sativa*) com o objetivo de desenvolver palhada para melhorar as condições de solo no local dos experimentos. Na sequência foram coletadas amostras de solo para análise, estando os resultados apresentados no anexo A.

Para a semeadura da soja foram utilizadas sementes da cultivar Nidera 5909, grupo de maturação 5.9, de ciclo precoce, hábito de crescimento indeterminado (ver Anexo C), semeadas em 14 de novembro de 2014, onde recebeu uma base de 416 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-17-27 (NPK).

O tipo de silicato utilizado foi a cinza de casca de arroz que contém alto teor de sílica amorfa (> 90% de SiO<sub>2</sub>), a qual foi enviada para análise química, estando os resultados apresentados no anexo B.

Para o delineamento experimental, foram utilizados blocos inteiramente casualizados (ver Apêndice C) com cinco tratamentos e cinco repetições para cada dose (Tabela 5).

No experimento foi aplicada cinza de forma foliar e os tratamentos denominados T1, T2, T3, T4, e T5 receberam respectivamente as quantidades de cinza de 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> que foram divididas em 15 aplicações e realizadas com o auxílio de um pulverizador elétrico costal que aconteceram semanalmente, sempre aos domingos a partir de 30 dias após a germinação, com o objetivo de manter as folhas das plantas cobertas por uma película de cinza pelo maior período possível. O volume de calda (água e cinza) utilizado foi de 20 litros por tratamento para as 5 repetições. Foi adicionado espalhante adesivo composto por óleo mineral na dosagem de 100 ml (0,5% da calda) com a finalidade de melhorar a aderência da cinza nas folhas (ver Apêndice A).

Os resultados obtidos foram submetidos ao Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para execução da análise estatística utilizou-se o programa para microcomputadores Assisat (SILVA; AZEVEDO, 2009).

**Tabela 5** - Doses de cinza de casca de arroz aplicadas via foliar em plantas de soja (*Glycine max*).

<b>Tratamento</b>	<b>Doses aplicadas semanalmente (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Total das 15 aplicações na lavoura (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
T1	0	0
T2	5	75
T3	10	150
T4	15	225
T5	20	300

Obs. As doses foram divididas em 15 aplicações, que aconteceram semanalmente, com o objetivo de manter as folhas das plantas cobertas por uma película de cinza pelo maior período possível.

Para a instalação do experimento foi semeada uma área total de 6.000 m<sup>2</sup>, sendo aproveitados para o experimento, que avaliou o efeito da aplicação foliar de cinza de casca de arroz em plantas de soja, 5 blocos casualizados. Cada bloco possuía área de 109,20 m<sup>2</sup> e continha os 5 tratamentos delimitados por parcelas com área de 21,84 m<sup>2</sup> e dimensões de 5,25 metros de comprimento e 4,16 metros de largura (8 linhas espaçadas a 0,52 m). Todos os blocos foram irrigados por um sistema de aspersão em malha.

Para as avaliações, foram descartadas as duas linhas de bordadura de cada lado, aproveitando-se uma área útil de 10,92 m<sup>2</sup> referente às quatro linhas centrais.

As plantas foram colhidas quando se observou que a maioria das vagens atingiram coloração marrom e os grãos cor amarela e apresentaram teor de umidade de 15% conforme Silveira e Conte (2013) que indicam a colheita de soja quando os grãos apresentam teor de umidade entre 13% e 15%.

Grãos colhidos com teores de umidade superiores a 15% estão sujeitos a danos mecânicos latentes, ao passo que valores inferiores a 13% proporcionam aumento dos danos mecânicos imediatos, comumente identificados pela presença de grãos quebrados ou “bandinhas” (metades) (SILVEIRA; CONTE, 2013, p. 5).

Primeiramente foram colhidas manualmente dez plantas ao acaso de cada repetição e após utilizando-se uma roçadeira manual foram cortadas as demais plantas, sendo recolhidas manualmente e trilhadas em uma trilhadora mecanizada. Na sequência foram separados os componentes do rendimento, mensurados os aspectos morfológicos e realizada a caracterização da qualidade fisiológica das sementes colhidas, quantificando-se as perdas na colheita com auxílio do copo medidor da Embrapa e metodologia proposta por Silveira e Conte (2013).

Na separação dos componentes do rendimento foram utilizadas as dez plantas colhidas ao acaso nas quatro linhas centrais de cada parcela e analisadas as seguintes variáveis:

- a) **Número de vagens por planta** - foi obtido pela contagem das vagens de cada planta;
- b) **Número de vagens com 1, 2 e 3 sementes** - foi obtido pela separação manual e posterior contagem das vagens com uma, duas e três sementes de cada planta;
- c) **Número de sementes por planta** – foi obtido pela contagem das sementes de cada planta;
- d) **Peso de sementes por planta** – foi determinado pelo número total de sementes por planta em relação ao peso de mil sementes;

Para mensurar os aspectos morfológicos foram utilizadas as dez plantas colhidas ao acaso nas quatro linhas centrais de cada parcela e analisadas as seguintes variáveis:

- e) **Comprimento da parte área da planta** – Foi determinado medindo-se com o auxílio de uma trena a distância do nó cotiledonar da planta até a extremidade da haste principal;
- f) **Comprimento da raiz por planta** – Foi determinado medindo-se com o auxílio de uma trena a distância da ponta da raiz principal até o nó cotiledonar da planta;
- g) **Número de nós por planta** – foi obtido pela contagem do número de nós presentes na ramificação principal de cada planta;
- h) **Diâmetro do caule** – Foi obtido com o auxílio de um paquímetro medindo-se o diâmetro na altura de 2 cm do caule, a partir do nó cotiledonar;

Os componentes de rendimento das 10 plantas colhidas primeiramente foram misturadas nas demais plantas colhidas posteriormente, referente às quatro linhas centrais da área de 10,92 m<sup>2</sup> e com isso foi possível determinar a seguinte variável:

**i) Produtividade** - foi determinada pela colheita das plantas presentes em uma área útil de 10,92 m<sup>2</sup>, onde posteriormente foram trilhadas e a massa de grãos transformada em kg ha<sup>-1</sup>;

Posteriormente foi realizada a caracterização da qualidade fisiológica das sementes colhidas, através dos seguintes testes:

**j) Peso de mil sementes** – foi obtido através da contagem ao acaso de oito repetições de 100 sementes conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009);

**k) Germinação** - foram utilizadas 200 sementes semeadas em rolos de papel Germitest (quatro subamostras com 50 sementes por rolo), umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel e mantidas a temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas no quinto e no oitavo dia após a semeadura, de acordo com os critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009);

**l) Teor de óleo nas sementes** - Foi determinado em porcentagem do peso das sementes através da extração pelo processo Soxhlet conforme métodos físico-químicos para análise de alimentos (IAL, 2008), ver Apêndice B.

### **3.5 Resultados e discussão**

#### **3.5.1 Aplicação foliar de cinza de casca de arroz**

São apresentados a seguir os resultados das análises feitas aos aspectos morfológicos da planta de soja, aos componentes de rendimento e a qualidade fisiológica de sementes de soja provenientes de plantas nas quais foram aplicadas diferentes doses de cinza de casca de arroz via foliar.

O número total de vagens por planta (VP), assim como o número de vagens com uma semente (NV1S), com duas sementes (NV2S) e com três sementes (NV3S) não foram alterados significativamente em função da aplicação de doses de cinza de casca de arroz via foliar. Pode-se observar em todos os tratamentos o maior número de vagens com duas sementes.

Resultados semelhantes foram encontrados por Salinas (2013) em experimento analisando aplicação foliar de silicato de alumínio em plantas de soja. Crusciol et al (2013) estudou a aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na cultura da soja e também não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos para o fator número de grão por vagens, alegando que este fator pode, entre outros motivos, estar ligado as características genéticas intrínsecas da cultivar. Porém este autor identificou aumento de forma significativa com a aplicação de silício para o fator número de vagens por planta, obtendo incremento da ordem de 11%, que por sua vez refletiu diretamente na produtividade de grãos. Gunes et al (2008) explica que o silício depositado na parede celular da epiderme das folhas e colmos forma uma dupla camada de sílica-cutícula e sílica-celulose que melhora o fortalecimento e a rigidez da parede celular, aumenta a resistência ao acamamento e ao ataque de pragas, melhora a interceptação de luz e diminui a transpiração contribuindo para o não abortamento de vagens.

O número de sementes por planta (NSP) e o peso de sementes por planta (PSP) não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via foliar nas plantas de soja (Tabela 6).

Estes resultados concordam com o encontrado por Salinas (2013) para número de sementes por planta e peso de sementes por planta, os quais não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes doses de silicato de

alumínio aplicadas via foliar nas plantas de soja. Léles et al (2008) aplicou o produto comercial Quick Sol, que contém 27% de Si em sua formulação, de forma foliar em soja, e encontrou significância para massa seca das vagens em relação ao tratamento testemunha sem silício, e quanto ao número de vagens por planta e número de grãos por planta houve respectivamente acréscimos de 15,5% e 10,5% nos tratamentos que receberam silício, porém sem diferenças significativas.

**Tabela 6** - Dados de número de vagens por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 sementes, número de sementes por planta e peso de sementes por planta provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar.

Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Nº de vagens por planta	Nº vagens com			Nº de sementes por planta	Peso de sementes por planta (g)
		1 Semente	2 Sementes	3 Sementes		
0	102,7 a	14,1 a	52,5 a	33,8 a	225,0 a	37,46 a
75	99,1 a	17,3 a	49,7 a	31,4 a	211,9 a	40,67 a
150	109,7 a	12,7 a	55,8 a	37,9 a	246,5 a	42,25 a
225	98,5 a	14,8 a	49,8 a	31,3 a	209,1 a	35,13 a
300	92,4 a	18,3 a	48,2 a	26,6 a	195,2 a	33,16 a
Média Geral	100,48	15,44	51,2	32,2	217,54	37,74
CV (%)	18,42	32,83	19,59	19,23	17,38	18,45

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O comprimento da parte aérea por planta (CPAP), o comprimento da raiz por planta (CRP), o número de nós por planta (NNP) e o diâmetro do caule a 2 cm (DC) não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via foliar nas plantas de soja (Tabela 7).

Porém Salinas (2013) encontrou diferença estatística entre os tratamentos para as variáveis comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz. Moreira et al (2010) aplicou silício (produto comercial Silício Samaritá) de forma foliar em plantas de soja constando aumento na área foliar, o que permitiu identificar diferenças

significativas para a variável aumento de matéria seca da parte aérea da planta, sendo esta considerada uma vantagem para melhorar a interceptação de radiação solar e favorecer a produção e distribuição de fotoassimilados e estimular o aumento de produtividade, porém não encontrou significância para fitomassa seca de raiz. Léles et al (2008) encontrou diferença significativa para massa seca da parte aérea, sendo esta de 16,8% maior que a testemunha sem silício e também um acréscimo de 2,6% no diâmetro do caule, porém neste parâmetro a diferença não foi significativa.

**Tabela 7** - Dados referente ao comprimento da parte aérea por planta, comprimento da raiz por planta, número de nós por planta e diâmetro do caule a 2 cm provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar.

<b>Dose (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Comprimento da parte aérea por planta (cm)</b>	<b>Comprimento da raiz por planta (cm)</b>	<b>Nº de nós por planta</b>	<b>Diâmetro do caule a 2 cm</b>
0	75,70 a	13,60 a	18,1 a	11,37 a
75	70,72 a	12,90 a	18,2 a	10,92 a
150	67,25 a	13,35 a	18,5 a	11,23 a
225	78,50 a	14,00 a	19,7 a	11,12 a
300	75,30 a	12,60 a	19,5 a	11,21 a
Média Geral	73,494	13,29	18,8	11,17
CV (%)	11,41	8,09	9,84	6,33

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O peso de mil sementes (PMS) e a produtividade não mostraram diferenças significativas entre as diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via foliar em plantas de soja (Tabela 8).

Os resultados encontrados concordam em partes com o experimento conduzido por Moreira et al (2010), no qual indica que o uso de silício via aplicação foliar em soja, não influenciou no peso dos grãos, mas contribui para maior produção de grãos por área, ou seja, afetou diretamente no incremento de produção (Kg ha<sup>-1</sup>)

com ganhos de até 19 sacas por hectare. O mesmo aconteceu com Crusciol et al (2013) para peso dos grãos, cujo fator não foi alterado pelos tratamentos, porém houve significância para produtividade com incrementos de até 14% ou 353 kg ha<sup>-1</sup>. Salinas (2013) não encontrou alterações significativas para peso de mil sementes e a produtividade em função da aplicação de doses de silicato de alumínio aplicado via foliar em plantas de soja. Porém Léles et al (2008) encontrou diferença significativa para massa seca dos grãos e massa seca de 100 grãos com uso do silício em relação ao tratamento testemunha sem silício.

**Tabela 8** – Dados do peso de mil sementes e da produtividade de sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar.

<b>Dose (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Peso de mil sementes (g)</b>	<b>Produtividade (kg/ha)</b>
0	161,44 a	1448,64 a
75	194,00 a	1596,32 a
150	172,03 a	1437,20 a
225	164,50 a	1429,40 a
300	165,75 a	1232,20 a
Média Geral	171,542	1428,75
CV (%)	14,54	38,57

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As porcentagens de germinação e teor de óleo de sementes provenientes de plantas que receberam cinza de casca de arroz via foliar, não apresentaram diferenças significativas (Tabela 9). Uma das hipóteses para a baixa porcentagem de germinação obtida está em função do ataque severo de percevejos na fase de enchimento de grãos na lavoura. Outra suposição que pode ter somado efeito a anterior, pode ser atribuída à deficiência de condições ideais de armazenamento das sementes, principalmente as relacionadas à aeração.

Os trabalhos realizados por Salinas (2013) também não mostraram diferenças

significativas para a variável germinação entre os tratamentos com doses de silicato de alumínio aplicado via foliar em plantas de soja.

**Tabela 9** – Porcentagem de germinação e teor de óleo nas sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação foliar.

<b>Dose (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Germinação (%)</b>	<b>Teor de óleo nas sementes (%)</b>
0	40,10 a	19,33 a
75	56,80 a	20,98 a
150	54,54 a	20,94 a
225	37,50 a	19,69 a
300	40,79 a	19,93 a
Média Geral	45,94621	20,17
CV (%)	35,83	5,81

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados neste trabalho vão ao encontro de pesquisas já realizadas que mostraram uma série de controvérsias quanto à aplicação do silício na agricultura, evidenciando a necessidade da realização de mais estudos sobre o assunto.

### **3.6 Conclusão**

Sob as condições que esta pesquisa foi desenvolvida, os dados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

Os parâmetros avaliados (aspectos morfológicos, componentes do rendimento e qualidade fisiológica de sementes) provenientes de plantas de soja, nas quais foram aplicadas diferentes doses de cinza de casca de arroz, via foliar, não sofreram alterações significativas.

### 3.7 Referências

BEVILAQUA, Gilberto A. Peripolli; ANTUNES, Irajá Ferreira; EBERHARDT, Paulo Eduardo Rocha; EICHHOLZ, Claiton Joel; GREHS, Raul Celso. **Indicações técnicas para produção de sementes de feijão para a agricultura familiar**. Circular Técnica n. 141. Embrapa clima temperado. Pelotas/RS. 2013. 16 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília/DF, 2009. 399 p.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa; SORATTO, Rogério Peres; CASTRO, Gustavo Spadotti Amaral; COSTA, Claudio Hideo Martins da; NETO, Jayme Ferrari. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**: Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, v. 44, n. 2, p. 404-410, abr./jun., 2013.

FRANÇA NETO, José de Barros; HENNING, Ademir Assis. **DIACOM**: Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. Circular Técnica n. 10. EMBRAPA-CNPSO. Londrina/PR. 1992. 22 p.

FRANÇA NETO, José de Barros; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; PÁDUA, Gilda Pizzolante de; COSTA, Nilton Pereira da, HENNING, Ademir Assis. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade - Série Sementes**. 1.ed. Circular Técnica n. 40. Embrapa soja. Londrina/PR. 2007.

GUNES, Aydin; PILBEAM, David J.; COBAN, Sencan. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. In: **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v. 39, n. 13-14, p. 1885-1903, 2008.

IAL (Instituto Adolfo Lutz). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. 1ª Edição Digital. São Paulo/SP. 2008. 1002p.

LÉLES, Erica Pontes; FERNANDES, Dirceu Maximino; VILLAS BOAS, Roberto Lyra; GUERRINI, Iraê Amaral; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. **Adução foliar com silício na cultura da soja**. FertBio2008. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa/MG. 4 p. Disponível em <[http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BAEA558A1-2A63-498CA536-6BBAB3B8D20B%7D\\_71\\_1.pdf](http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BAEA558A1-2A63-498CA536-6BBAB3B8D20B%7D_71_1.pdf)> Acesso em: 11 set. 2016.

MOREIRA, Aparecido dos Reis; FAGAN, Evandro Binotto; MARTINS, Karla Vilaça;

SOUZA, Carlos Henrique Eiterer. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**. Uberlândia/MG, v. 26, n. 3, p. 413-423, Mai./Jun. 2010.

PESKE, Silmar Teichert; BARROS, Antônio Carlos Souza Albuquerque; SHUCH, Luis Osmar Braga. Produção de sementes. In: PESKE, Silmar Teichert; VILLELA, Francisco Amaral; MENEGHELLO, Geri Eduardo. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. Pelotas/RS: Universitária, 2012. p. 13-103.

SALINAS, Jadiyi Concepción Torales. **Efeito da aplicação de silicato de alumínio no rendimento e qualidade de sementes de soja**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2013.

PIMENTEL, Marco Aurélio Guerra; SANTOS, Jamilton Pereira dos; LORINI, Irineu. Colheita e pós-colheita: Pragas de grãos armazenados. In: CRUZ, José Carlos. **Cultivo do milho**. Embrapa milho e sorgo. Sistema de produção. Sete Lagoas/MG. 7.ed. Versão eletrônica. set. 2011. Disponível em <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_7\\_ed/autores.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/autores.htm)> Acesso em: 23 set. 2016.

SILVA, Francisco de Assis Santos e; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**. 7.ed. Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVEIRA, José Miguel; CONTE, Osmar. **Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina/PR, 2013. 17 p.

## **4 CAPÍTULO 2**

**APLICAÇÃO VIA SOLO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NO  
RENDIMENTO DA SOJA.**

#### 4.1 Resumo

Foi conduzido um trabalho de pesquisa com o objetivo de entender o efeito da aplicação de cinza de casca de arroz como fonte de silício na nutrição mineral e proteção de plantas, avaliando aspectos morfológicos da planta de soja, os componentes de rendimento e a qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegrete/RS. Como tratamentos foram utilizados cinco doses de cinza de casca de arroz (0, 5, 10, 20 e 40 mil kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas via solo em plantas de soja. Os itens analisados foram número de vagens por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 sementes, número de sementes por planta, peso de sementes por planta, comprimento da parte aérea por planta, comprimento da raiz por planta, número de nós por planta, diâmetro do caule a 2 cm, peso de mil sementes, produtividade, germinação e teor de óleo nas sementes. Sob as condições que esta pesquisa foi desenvolvida, os resultados obtidos permitem concluir que a cinza de casca de arroz aplicada via solo não apresenta efeitos sobre os parâmetros avaliados (aspectos morfológicos, componentes do rendimento e qualidade fisiológica de sementes) provenientes de plantas de soja, com exceção do teor de óleo nas sementes que apresentou redução em todas as doses comparadas à testemunha.

**Palavras-chave:** Cinza de casca de arroz; *Glycine max*; aspectos morfológicos; componentes do rendimento e qualidade fisiológica; adubação no solo.

## 4.2 Abstract

A research study in order to understand the effect of the application of rice husk ash as a source of silicon in mineral nutrition and plant protection was conducted by evaluating morphological aspects of the soybean plant, yield components and physiological quality soybean seeds produced in Alegrete/RS. The treatments were five doses of rice husk ash (0, 5, 10, 20 and 40 thousand kg ha<sup>-1</sup>) applied to soil in soybean plants. The analyzed items were number of pods per plant, number of pods 1, 2 and 3 seeds, seed number per plant, seed weight per plant, part length area per plant, root length per plant, number of nodes per plant, stem diameter of 2 cm, thousand seed weight, productivity, germination and oil content in seeds. Under the conditions that this research was conducted, the results showed that applied via ground rice husk ash has no effect on the evaluated parameters (morphology, yield components and physiological seed quality) from soybean plants, except the oil content in the seeds decreased at all doses compared to the control.

**Keywords:** Rice husk ash; *Glycine max*; morphological aspects; yield components and physiological quality; fertilization in the soil.

### 4.3 Introdução

Para se obter o sucesso do cultivo, um dos fatores mais importantes é a utilização de sementes de alta qualidade, cujos atributos de qualidade podem ser divididos em genéticos, fisiológicos, físicos e sanitários (PESKE et al, 2012).

São muitos os trabalhos de pesquisa sobre a utilização do silício em diversas culturas. No entanto, ainda são poucas as informações dos efeitos benéficos da aplicação de silício na cultura da soja. A hipótese geral desse estudo é que a aplicação de cinza de casca de arroz pode influenciar positivamente sobre o rendimento e a qualidade das sementes de soja. Desta maneira, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo, como fonte de silício na nutrição mineral e proteção vegetal de plantas de soja.

O controle de pragas e doenças na cultura da soja exige além de manejo, o uso de grande quantidade de defensivos agrícolas.

Dentre os fatores a serem considerados para que se possam obter altas produtividades pode-se citar a nutrição vegetal, através da correção da acidez dos solos com corretivos e da melhoria da fertilidade dos solos com o fornecimento de níveis adequados de macronutrientes e micronutrientes para favorecer o crescimento e desenvolvimento da cultura e conseqüentemente permitir a produção de sementes de soja de alta qualidade (FRANÇA NETO et al, 2007).

A fertilidade do solo não pode ser limitante quando se trabalha com investimento pesado nos demais fatores de produção. O custo associado aos sistemas de alta produtividade de grãos é sempre elevado, composto majoritariamente pelos gastos com fertilizantes (REZENDE et al, 2012). Por isso, a importância de estudar fontes alternativas de corretivos e fertilizantes.

Em trabalho proposto por Islabão (2013), o uso de cinza de casca de arroz, além de corrigir a acidez de solo, elevou os teores de Mg, K, Na, Si e P no solo e como condicionador do solo promoveu diminuição da densidade do solo e aumento da porosidade total e da macroporosidade na camada de 0,00-0,10 m.

A cinza de casca de arroz por apresentar alguns nutrientes em sua composição pode ser utilizada como adubação complementar. Por exemplo, em feijão-miúdo, a aplicação de 4,5 toneladas ha<sup>-1</sup> de cinza de casca de arroz aumentou o rendimento de grãos e a formação de nódulos (BEVILAQUA et al, 2013).

#### 4.4 Materiais e métodos

O experimento foi conduzindo na área experimental do curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), campus Alegrete-RS, coordenadas geográficas 29°47'37"S e 55°45'58"O, na safra 2014/2015 e os experimentos laboratoriais conduzidos em laboratórios da Unipampa, Instituto Federal Farroupilha (IFFar) e Universidade de Caxias do Sul (UCS), (ver Apêndice D, E e F).

No período que antecedeu a semeadura da soja, a área foi dessecada com herbicida não seletivo de ação total (glifosato) e foi realizada a semeadura de aveia branca (*Avena sativa*) com o objetivo de desenvolver palhada para melhorar as condições de solo no local dos experimentos. Na sequência foram coletadas amostras de solo para análise, estando os resultados apresentados no anexo A.

Para a semeadura da soja foram utilizadas sementes da cultivar Nidera 5909, grupo de maturação 5.9, de ciclo precoce, hábito de crescimento indeterminado (ver Anexo C), semeadas em 14 de novembro de 2014, onde recebeu uma base de 416 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-17-27 (NPK).

O tipo de silicato utilizado foi a cinza de casca de arroz que contém alto teor de sílica amorfa (> 90% de SiO<sub>2</sub>), a qual foi enviada para análise química, estando os resultados apresentados no anexo B.

Para o delineamento experimental, foram utilizados blocos inteiramente casualizados (ver Apêndice C) com cinco tratamentos e cinco repetições para cada dose (Tabela 10).

No experimento foi aplicada cinza no solo e incorporada com grade aradora antes da semeadura, com o objetivo de evitar a perda pela ação do vento e também proporcionar homogeneidade na camada arável. Os tratamentos denominados T1, T2, T3, T4, e T5 receberam respectivamente as quantidades de cinza de 0, 5, 10, 20 e 40 mil kg ha<sup>-1</sup>. O controle de pragas aconteceu de forma convencional sempre que se constataram quantidades de insetos próximos ao nível de dano econômico da cultura.

Os resultados obtidos foram submetidos ao Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para execução da análise estatística utilizou-se o programa para microcomputadores Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2009).

**Tabela 10** - Doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo em plantas de soja (*Glycine max*).

Tratamento	Total aplicado na lavoura (mil kg ha <sup>-1</sup> )
T1	0
T2	5
T3	10
T4	20
T5	40

Obs. A cinza foi incorporada no solo com o objetivo de evitar a perda pela ação do vento e também proporcionar homogeneidade na camada arável.

Para a instalação do experimento foi semeada uma área total de 6.000 m<sup>2</sup>, sendo aproveitados para o experimento, que avaliou o efeito da aplicação no solo de cinza de casca de arroz em plantas de soja, 5 blocos casualizados. Cada bloco possuía área de 109,20 m<sup>2</sup> e continha os 5 tratamentos delimitados por parcelas com área de 21,84 m<sup>2</sup> e dimensões de 5,25 metros de comprimento e 4,16 metros de largura (8 linhas espaçadas a 0,52 m). Todos os blocos foram irrigados por um sistema de aspersão em malha.

Para as avaliações, foram descartadas as duas linhas de bordadura de cada lado, aproveitando-se uma área útil de 10,92 m<sup>2</sup> referente às quatro linhas centrais.

As plantas foram colhidas quando se observou que a maioria das vagens atingiram coloração marrom e os grãos cor amarela e apresentaram teor de umidade de 15% conforme Silveira e Conte (2013) que indicam a colheita de soja quando os grãos apresentam teor de umidade entre 13% e 15%.

Grãos colhidos com teores de umidade superiores a 15% estão sujeitos a danos mecânicos latentes, ao passo que valores inferiores a 13% proporcionam aumento dos danos mecânicos imediatos, comumente identificados pela presença de grãos quebrados ou “bandinhas” (metades) (SILVEIRA; CONTE, 2013, p. 5).

Primeiramente foram colhidas manualmente dez plantas ao acaso de cada repetição e após utilizando-se uma roçadeira manual foram cortadas as demais plantas, sendo recolhidas manualmente e trilhadas em uma trilhadora mecanizada. Na sequência foram separados os componentes do rendimento, mensurados os

aspectos morfológicos e realizada a caracterização da qualidade fisiológica das sementes colhidas, quantificando-se as perdas na colheita com auxílio do copo medidor da Embrapa e metodologia proposta por Silveira e Conte (2013).

Na separação dos componentes do rendimento foram utilizadas as dez plantas colhidas ao acaso nas quatro linhas centrais de cada parcela e analisadas as seguintes variáveis:

- a) **Número de vagens por planta** - foi obtido pela contagem das vagens de cada planta;
- b) **Número de vagens com 1, 2 e 3 sementes** - foi obtido pela separação manual e posterior contagem das vagens com uma, duas e três sementes de cada planta;
- c) **Número de sementes por planta** – foi obtido pela contagem das sementes de cada planta;
- d) **Peso de sementes por planta** – foi determinado pelo número total de sementes por planta em relação ao peso de mil sementes;

Para mensurar os aspectos morfológicos foram utilizadas as dez plantas colhidas ao acaso nas quatro linhas centrais de cada parcela e analisadas as seguintes variáveis:

- e) **Comprimento da parte área da planta** – Foi determinado medindo-se com o auxílio de uma trena a distância do nó cotiledonar da planta até a extremidade da haste principal;
- f) **Comprimento da raiz por planta** – Foi determinado medindo-se com o auxílio de uma trena a distância da ponta da raiz principal até o nó cotiledonar da planta;
- g) **Número de nós por planta** – foi obtido pela contagem do número de nós presentes na ramificação principal de cada planta.
- h) **Diâmetro do caule** – Foi obtido com o auxílio de um paquímetro medindo-se o diâmetro na altura de 2 cm do caule, a partir do nó cotiledonar;

Os componentes de rendimento das 10 plantas colhidas primeiramente foram misturadas nas demais plantas colhidas posteriormente, referente às quatro linhas centrais da área de 10,92 m<sup>2</sup> e com isso foi possível determinar a seguinte variável:

**i) Produtividade** - foi determinada pela colheita das plantas presentes em uma área útil de 10,92 m<sup>2</sup>, onde posteriormente foram trilhadas e a massa de grãos transformada em kg ha<sup>-1</sup>;

Posteriormente foi realizada a caracterização da qualidade fisiológica das sementes colhidas, através dos seguintes testes:

**j) Peso de mil sementes** – foi obtido através da contagem ao acaso de oito repetições de 100 sementes conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009);

**k) Germinação** - foram utilizadas 200 sementes semeadas em rolos de papel Germitest (quatro subamostras com 50 sementes por rolo), umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel e mantidas a temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas no quinto e no oitavo dia após a semeadura, de acordo com os critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009);

**l) Teor de óleo nas sementes** - Foi determinado em porcentagem do peso das sementes através da extração pelo processo Soxhlet conforme métodos físico-químicos para análise de alimentos (IAL, 2008), ver Apêndice B.

## 4.5 Resultados e discussão

### 4.5.1 Aplicação no solo de cinza de casca de arroz

São apresentados a seguir os resultados das análises feitas aos aspectos morfológicos da planta de soja, aos componentes de rendimento e a qualidade fisiológica de sementes de soja provenientes de plantas nas quais foram aplicadas diferentes doses de cinza de casca de arroz via solo.

O número total de vagens por planta (VP), assim como o número de vagens com uma semente (NV1S), com duas sementes (NV2S) e com três sementes (NV3S) não foram alterados significativamente em função da aplicação de doses de cinza de casca de arroz via solo. Pode-se observar em todos os tratamentos o maior número de vagens com duas sementes.

Os mesmos resultados foram encontrados por Salinas (2013) em experimento utilizando diferentes doses de silicato de alumínio via solo em plantas de soja, o qual não encontrou diferenças significativas para os parâmetros número de vagens por planta e número de sementes por vagem. Pereira Jr. (2008) conduziu experimento em soja utilizando como fonte de silício Extragan-silício-plus GR que contém em sua formulação 25% de  $\text{SiO}_2$  aplicando no sulco de semeadura, e encontrou diferenças significativas em função dos tratamentos utilizados para o parâmetro número de legumes por planta, porém não identificou diferenças significativas para número de sementes por legumes.

O número de sementes por planta (NSP) e o peso de sementes por planta (PSP) não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo nas plantas de soja (Tabela 11).

Salinas (2013) não encontrou significância para os parâmetros número de sementes por planta e peso de sementes por planta. Oliveira (2013) também testando diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo em duas variedades de soja, encontrou resultados divergentes, sendo que uma variedade respondeu significativamente e a outra não para os parâmetros número de sementes por planta e peso de sementes por planta. Este autor atribuiu que essas divergências apresentadas pelas cultivares provavelmente sejam em função das características genéticas de cada, pois ambas foram cultivadas no mesmo ambiente e receberam as mesmas condições.

**Tabela 11** - Dados de número de vagens por planta, número de vagens com 1, 2 e 3 sementes, número de sementes por planta e peso de sementes por planta provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo.

Dose (mil kg ha <sup>-1</sup> )	Nº de vagens por planta	Nº vagens com			Nº de sementes por planta	Peso de sementes por planta (g)
		1 Semente	2 Sementes	3 Sementes		
0	68,0 a	15,1 a	33,6 a	20,5 a	141,5 a	27,39 a
5	68,8 a	18,3 a	30,4 a	17,6 a	132,4 a	25,03 a
10	54,5 a	11,0 a	26,6 a	16,3 a	114,1 a	18,99 a
20	50,2 a	12,7 a	24,8 a	13,0 a	103,3 a	17,97 a
40	48,8 a	14,4 a	22,7 a	12,4 a	92,7 a	15,18 a
Média Geral	58,06	14,3	27,62	15,96	116,8	20,91
CV (%)	26,57	35,37	27,96	33,7	26,78	39,31

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O comprimento da parte aérea por planta (CPAP), o comprimento da raiz por planta (CRP), o número de nós por planta (NNP) e o diâmetro do caule a 2 cm (DC) não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo nas plantas de soja (Tabela 12).

Oliveira (2013) também não encontrou diferenças significativas para os parâmetros comprimento de raiz, diâmetro do caule e altura de planta de soja tratadas com diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo. No entanto, o resultado para este último parâmetro é diferente do encontrado por Pereira Jr. (2008), que observou significância no aumento da altura das plantas de soja de até 20% conforme o incremento das doses de silício aplicadas no sulco de semeadura, indicando a não existência de efeito fitotóxicos em função dos tratamentos utilizados. Oliveira et al (2015) utilizando silício oriundo de cinza de casca de arroz carbonizada, via tratamento de sementes de soja, não encontrou alterações significativas para o parâmetro número de nós nos ramos.

**Tabela 12** – Dados referente ao comprimento da parte aérea por planta, comprimento da raiz por planta, número de nós por planta e diâmetro do caule a 2 cm provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo.

<b>Dose (mil kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Comprimento da parte aérea por planta (cm)</b>	<b>Comprimento da raiz por planta (cm)</b>	<b>Nº de nós por planta</b>	<b>Diâmetro do caule a 2 cm</b>
0	81,8 a	12,1 a	17,7 a	11,46 a
5	86,9 a	13,7 a	17,3 a	10,67 a
10	84,7 a	12,1 a	17,5 a	11,42 a
20	81,7 a	12,9 a	17,5 a	10,49 a
40	84,9 a	13,4 a	18,1 a	11,91 a
Média Geral	84,0	12,84	17,62	11,19
CV (%)	7,75	11,46	5,6	10,34

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O peso de mil sementes (PMS) e a produtividade não mostraram diferenças significativas entre as diferentes doses de cinza de casca de arroz aplicadas via solo em plantas de soja (Tabela 13). Datnof et al (2001) afirmam que o silício proporciona vários benefícios para as planta como a melhor eficiência fotossintética e o maior aproveitamento da água, dentre outros, com os quais se espera um aumento no rendimento. Por isso a tendência seria um maior enchimento de grãos com doses crescentes de silício, mas aconteceu o contrário, embora com valores não significativos.

Pereira Jr. (2008) e Salina (2013) também não encontraram diferenças significativas para os parâmetros peso de mil sementes e produtividade em plantas de soja em função dos tratamentos com silício. Porém estes resultados diferem dos encontrados por Oliveira (2013) que constatou diferenças significativas para o parâmetro peso de mil sementes, cabendo frisar que as variedades de soja avaliadas responderam positivamente até uma determinada dose e, após houve um decréscimo deste parâmetro, mas sempre superiores à testemunha, dentro do intervalo estudado. Este autor ainda cita que o peso de mil sementes é um

importante indicador de qualidade e pode resultar em incremento de produtividade, pois sementes mais pesadas resultam em maior rendimento. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), o peso de mil sementes é uma característica do genótipo, mas é influenciado pelas condições ambientais e práticas de manejo como a nutrição das plantas, além disso, o peso de mil sementes esta relacionado ao vigor de sementes.

**Tabela 13** – Dados do peso de mil sementes e da produtividade de sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo.

<b>Dose (mil kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Peso de mil sementes (g)</b>	<b>Produtividade (kg/ha)</b>
0	188,20 a	1237,30 a
5	179,96 a	1138,72 a
10	162,48 a	522,22 a
20	158,20 a	684,08 a
40	152,75 a	380,40 a
Média Geral	168,32	792,544
CV (%)	21,73	65,82

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As porcentagens de germinação de sementes provenientes de plantas que receberam cinza de casca de arroz via solo, não apresentaram diferenças significativas (Tabela 14). Uma das hipóteses para a baixa porcentagem de germinação obtida está em função do ataque severo de percevejos na fase de enchimento de grãos na lavoura. Outra suposição que pode ter somado efeito a anterior, pode ser atribuída à deficiência de condições ideais de armazenamento das sementes, principalmente as relacionadas à aeração.

Oliveira (2013) também não observou diferença significativa entre as doses aplicadas de silício via solo em plantas de soja para a variável germinação. Ainda, quanto à germinação, o mesmo resultado foi encontrado por Salinas (2013) em experimento utilizando diferentes doses de silicato de alumínio em plantas de soja,

porém vale ressaltar que ambos os autores encontraram em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, valores superiores ao mínimo exigido de 80% de germinação para sementes certificadas de soja.

As porcentagens de teor de óleo de sementes provenientes de plantas de soja que receberam cinza de casca de arroz via solo, apresentaram diferenças significativas. Conforme valores da tabela 14, é possível inferir que todas as doses de cinza de casca de arroz aplicada em plantas de soja via solo produziram menores quantidades de óleo que a testemunha, no entanto, isto não é suficiente para afirmar que a aplicação de silício pode diminuir o teor de óleo nas sementes, tendo em vista que no experimento com uso de cinza de casca de arroz aplicada de forma foliar obteve-se o inverso deste resultado, mas com diferenças não significativas, precisando serem realizados outros experimentos para que se chegue a conclusões mais concisas.

**Tabela 14** – Porcentagem de germinação e teor de óleo nas sementes provenientes de plantas de soja que receberam diferentes doses de cinza de casca de arroz via aplicação no solo.

<b>Dose (mil kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Germinação (%)</b>	<b>Teor de óleo nas sementes (%)</b>
0	54,50 a	21,14 a
5	53,96 a	20,46 ab
10	53,40 a	18,80 b
20	47,32 a	19,66 ab
40	49,50 a	18,59 b
Média Geral	51,74	19,73
CV (%)	39,56	6,00

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados neste trabalho vão ao encontro de pesquisas já realizadas que mostraram uma série de controvérsias quanto à aplicação do silício na agricultura, evidenciando a necessidade da realização de mais estudos sobre o assunto.

#### **4.6 Conclusão**

Sob as condições que esta pesquisa foi desenvolvida, os dados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

Os parâmetros avaliados (aspectos morfológicos, componentes do rendimento e qualidade fisiológica de sementes) provenientes de plantas de soja, nas quais foram aplicadas diferentes doses de cinza de casca de arroz, via solo, não sofreram alterações significativas, com exceção do teor de óleo que apresentou redução em todas as doses comparadas à testemunha.

#### 4.7 Referências

BEVILAQUA, Gilberto A. Peripolli; ANTUNES, Irajá Ferreira; EBERHARDT, Paulo Eduardo Rocha; EICHHOLZ, Claiton Joel; GREHS, Raul Celso. **Indicações técnicas para produção de sementes de feijão para a agricultura familiar**. Circular Técnica n. 141. Embrapa clima temperado. Pelotas/RS. 2013. 16 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília/DF, 2009. 399 p.

CARVALHO, Nelson Moreira de; NAKAGAWA, João. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal/SP: Funep, 2000. 588p.

DATNOFF, Lawrence E.; SNYDER, George H.; KORNDÖRFER, Gaspar H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403p.

FRANÇA NETO, José de Barros; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; PÁDUA, Gilda Pizzolante de; COSTA, Nilton Pereira da; HENNING, Ademir Assis. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade - Série Sementes**. 1.ed. Circular Técnica n. 40. Embrapa soja. Londrina/PR. 2007.

IAL (Instituto Adolfo Lutz). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. 1ª Edição Digital. São Paulo/SP. 2008. 1002p.

ISLABÃO, Gláucia Oliveira. **Uso da cinza de casca de arroz como corretivo e condicionador do solo**. 2013. 84 f. Tese (Doutorado em solos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2013.

OLIVEIRA, Sandro de. **Silício oriundo da cinza de casca de arroz carbonizada como promotor do rendimento e da qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2013.

OLIVEIRA, Sandro de; LEMES, Elisa Souza; MENDONÇA, André Oliveira de; DIAS, Leticia Wink; BRUNES, André Pich; LEITZKE, Igor Dias; Meneghello, Géri Eduardo. Tratamento de semente de soja com silício: efeitos na qualidade fisiológica e nas características agrônômicas. **Revista cultivando o saber**. Fundação Assis Gurgacz. Cascavel/PR. V. 8, n. 2, p. 215 – 230, Abr./ Jun. 2015.

PEREIRA Jr., Péricles. **Doses de silício na produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e suas características agrônômicas**. 2008. 27 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2008.

PESKE, Silmar Teichert; BARROS, Antônio Carlos Souza Albuquerque; SHUCH, Luis Osmar Braga. Produção de sementes. In: PESKE, Silmar Teichert; VILLELA, Francisco Amaral; MENEGHELLO, Geri Eduardo. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. Pelotas/RS: Universitária, 2012. p. 13-103.

RESENDE, Álvaro Vilela de; COELHO, Antonio Marcos; SANTOS, Flávia Cristina dos; LACERDA, Julian Junio de Jesus. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Circular Técnica n. 181. Embrapa milho e sorgo. Sete Lagoas/MG. 2012.

SALINAS, Jadiyi Concepción Torales. **Efeito da aplicação de silicato de alumínio no rendimento e qualidade de sementes de soja**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2013.

SILVA, Francisco de Assis Santos e; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**. 7.ed. Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVEIRA, José Miguel; CONTE, Osmar. **Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina/PR, 2013. 17 p.

## 5 Considerações finais

Os resultados encontrados neste trabalho vão ao encontro de pesquisas já realizadas que mostraram uma série de controvérsias quanto à aplicação do silício na agricultura, evidenciando a necessidade da realização de mais estudos sobre o assunto.

Como indicação de trabalhos futuros, sugiro a utilização de cinza de casca de arroz em aplicação foliar no estágio vegetativo da cultura da soja para estudo sobre controle de lagartas. Foi observado visualmente considerável controle destas em relação à testemunha, no entanto, como não constava na metodologia da pesquisa, não houve tempo hábil para a realização desta avaliação.

Na fase reprodutiva das plantas de soja, recomendo utilizar controle convencional para percevejos, pois foi observado visualmente que a cinza de casca de arroz obteve pouco ou quase nenhum controle sobre estes.

Caso seja verdade que a cinza de casca de arroz possua potencial de controle sobre lagartas, poderia haver uma redução de custos de produção na cultura da soja e até mesmo de outras culturas afetadas por estas pragas, pelo menos, na fase inicial da lavoura, ao substituir agrotóxicos pelo uso de cinza de casca de arroz em aplicação foliar para controle de lagartas, causando inclusive menores danos ao meio ambiente.

Outra sugestão é a realização de análises de tecido vegetal antes e após aplicação de silício para determinar se houve absorção deste elemento pela planta.

Vários são os trabalhos encontrados na literatura que utilizaram diversas fontes de silício em aplicação foliar sobre culturas, no entanto, a grande maioria não apresenta em detalhes como foi realizada a calda ou mesmo a aplicação, por isso, deixo como contribuição ao final desse trabalho (Apêndice A) a metodologia desenvolvida para elaboração da calda (água + cinza + óleo mineral) para servir de bases para futuros trabalhos de pesquisa. Do mesmo modo, na sequência está descrita a metodologia utilizada para extração do óleo de sementes de soja (Apêndice B).

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Metodologia para preparo da calda de CCA

- 1) Coletar a cinza.
- 2) Secar a cinza em estufa a 100 °C por 24 horas.
- 3) Pesar a cinza nas quantidades:
  - I) 3 vezes a massa necessário para cada tratamento\*;
  - II) Multiplicar a massa anterior por 5\*\*.

\*foi determinado experimentalmente que aproximadamente 1/3 da cinza (parte solúvel e suspensão de finos) passam na peneira de malha 425 µm, e possibilita a aplicação sem entupimento do pulverizador costal.

\*\* Para fazer apenas uma calda para cada tratamento multiplica-se pelo número de repetições do experimento.

4) Colocar a cinza em um recipiente (balde A) e adicionar 5 litros de água, fazer movimentação de forma circular para tornar a mistura (água + cinza) homogênea.

5) Transferir a mistura para outro recipiente (balde B) passando-a pela peneira de malha 600 µm.

6) Fazer a lavagem da cinza retida nesta peneira sobre o balde B adicionando-se 5 litros de água lentamente sobre a peneira fazendo movimentos circulares na massa de cinza com o uso das mãos e após, acondicionar em um saco plástico o material retido.

7) Movimentar a mistura contida no recipiente (balde B) e transferi-la para o recipiente (balde A) passando pela peneira 425 µm.

8) Fazer a lavagem da cinza retida nesta peneira sobre o balde A adicionando-se 5 litros de água lentamente sobre a peneira fazendo movimentos circulares na massa de cinza com o uso das mão e após, acondicionar em um saco plástico o material retido.

9) Movimentar a mistura contida no recipiente (balde A) e transferi-la para o recipiente (balde B) passando novamente pela peneira 425 µm.

10) Fazer a lavagem da cinza retida nesta peneira sobre o balde B adicionando-se 5 litros de água lentamente sobre a peneira fazendo movimentos circulares na massa de cinza com o uso das mãos e após, acondicionar em um saco plástico o material retido.

11) Armazenar a solução (20 litros de água + cinza) contida no balde B em outro recipiente com tampa e adicionar 100 ml de óleo mineral (0,5% da calda).

12) Fazer a agitação dessa solução e colocar na máquina (pulverizador costal) e, fazer a aplicação com o uso de equipamentos de proteção individual (EPI's).

13) A aplicação deve ser cronometrada para cada parcela, conforme a vazão da máquina.

14) As sobras de cinza que foram acondicionadas no saco plástico devem ser secas em estufa à 100 °C por 24 horas e pesadas com o objetivo de avaliar se representam 2/3 da quantidade de cinza inicial \*\*\*.

\*\*\* caso essa quantidade de cinza seja maior que 2/3 da quantidade inicial, significa que foi menor a quantidade de cinza aplicada na lavoura, necessitando que esse valor a mais seja acrescentado na próxima aplicação, observando os itens I e II. Do mesmo jeito, caso o valor pesado seja inferior a 2/3 da quantidade inicial, significa que foi aplicada na lavoura quantidade maior que o desejado, sendo esta diferença reduzida da quantidade inicial de cinza da próxima aplicação, observando os itens I e II.

## APÊNDICE B – Metodologia para extração do óleo de soja

- 1) Pesar 30 gramas de sementes de soja.
- 2) Moer as sementes durante 30 segundos no moedor (foi utilizado moinho de facas BT 602 da marca Biothec).
- 3) Pesar 25 gramas de sementes moídas.
- 4) Colocar as sementes moídas em sacos de papel (cartuchos) e vedar.
- 5) Pesar as sementes moídas com o cartucho.
- 6) Montar o sistema de extração por Soxhlet conforme figura 5.

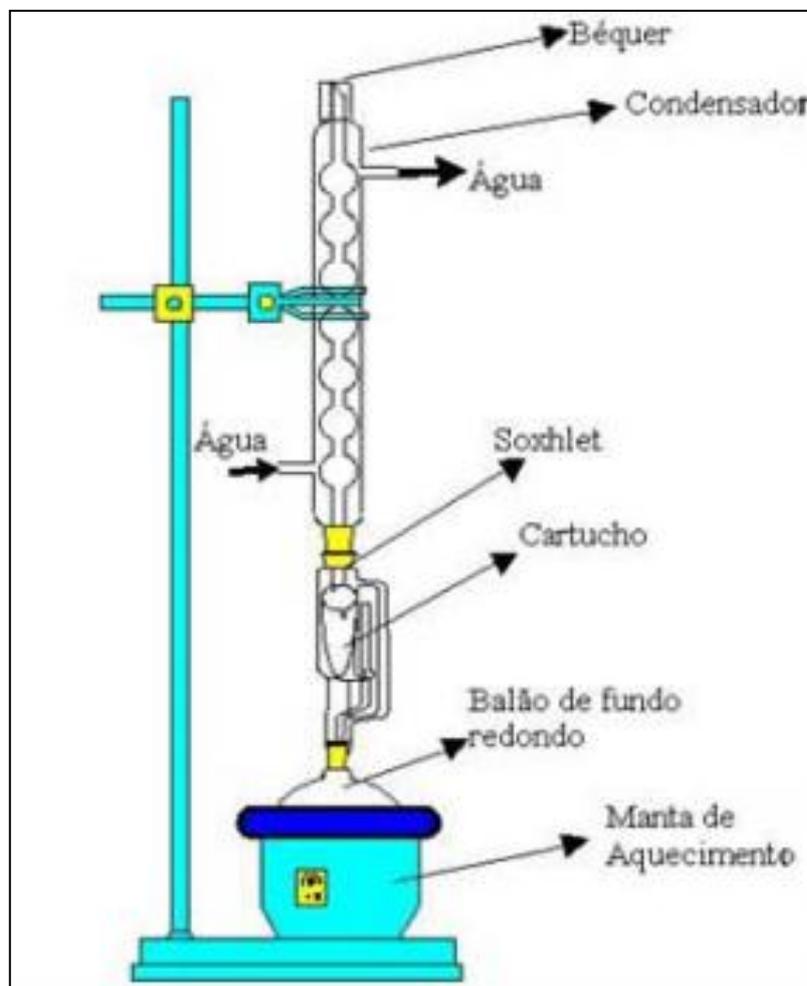


Figura 5 - Ilustração do sistema de extração de óleo de sementes por Soxhlet.

Fonte: Google Imagens

- 7) Inserir o cartucho que contém as sementes moídas no aparelho de Soxhlet.
- 8) Colocar o solvente (foi utilizado Hexano) na proporção 2,5 vezes a

capacidade da câmara onde contém o cartucho com as sementes.

9) Inserir o condensador no sistema e ligar a fonte de água.

10) Ligar a manta de aquecimento (velocidade de 3 gotas/segundo).

11) Manter o sistema em funcionamento por 3 horas\*, que corresponde a extração de 20,35% do teor de óleo em relação a massa inicial de sementes de soja.

\*Para determinação do tempo de extração de óleo de sementes de soja pelo método Soxhlet foi realizado um teste prévio de 2, 4 e 8 horas, que corresponderam respectivamente a 20,24%, 20,44% e 21,22% do teor de óleo extraído em relação a massa inicial de sementes de soja, conforme pode ser verificado na figura 6.

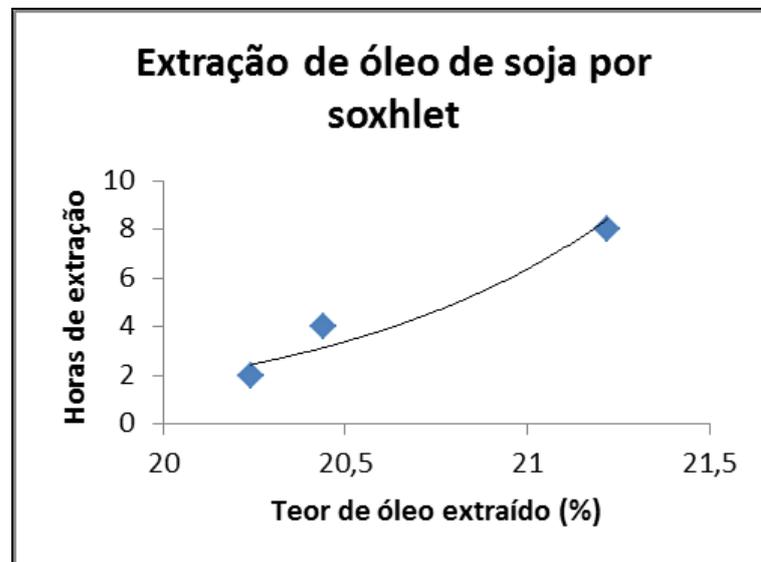
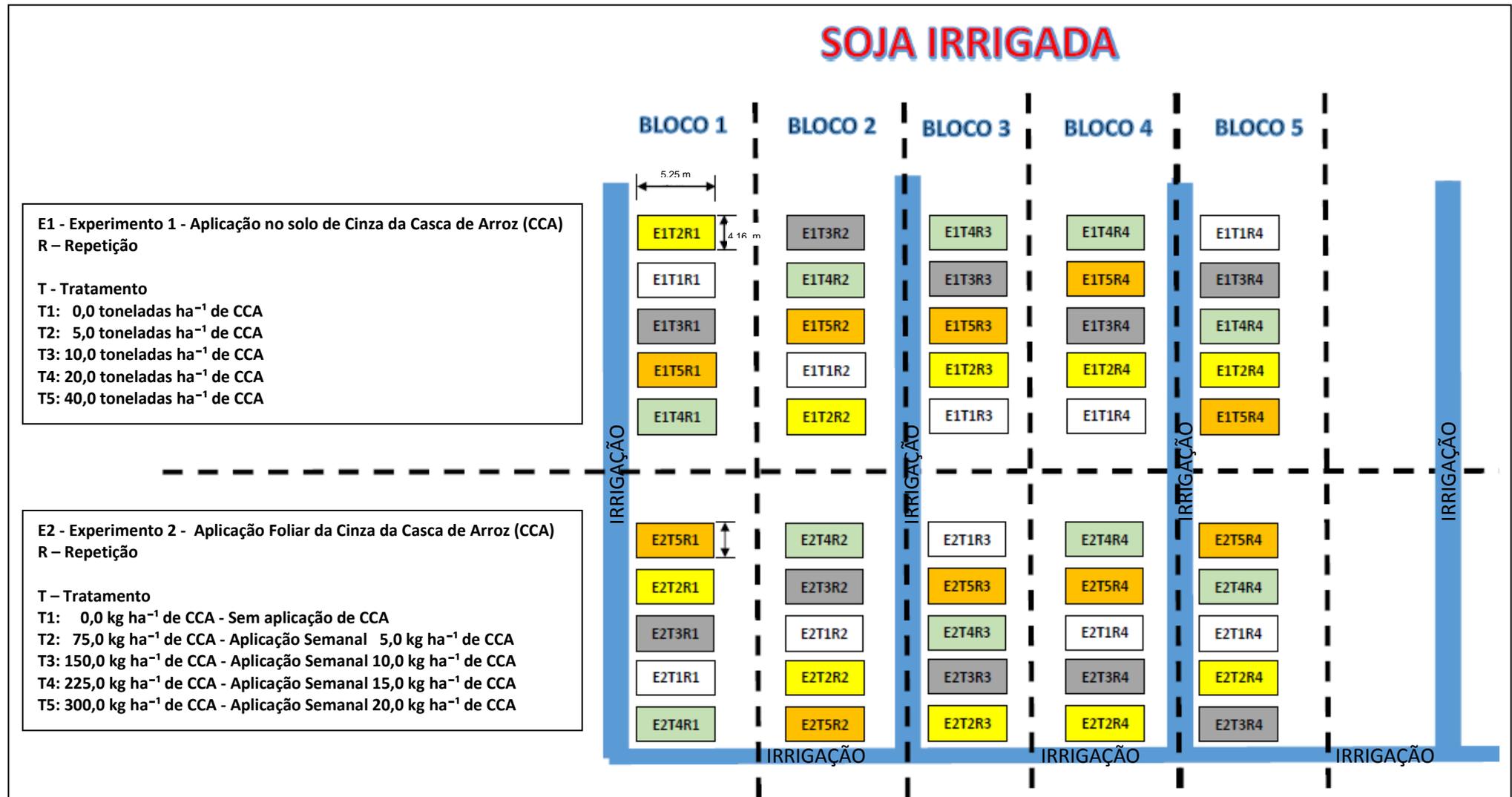


Figura 6 - Gráfico mostrando curva de extração de óleo de sementes de soja pelo método de Soxhlet para os períodos de 2, 4 e 8 horas.

Fonte: Autor.

Optou-se pelo tempo de 3 horas, o qual tem potencial de extração de 20,35% do teor de óleo em relação à massa inicial de sementes de soja.

## APÊNDICE C - Croqui da área dos experimentos



## APÊNDICE D – Sequência de fotos dos experimentos



## APÊNDICE E – Sequência de fotos dos experimentos



## APÊNDICE F – Sequência de fotos dos experimentos



**ANEXOS**

## ANEXO A – Análise de solo do local dos experimentos\*

Registro	Cx.	Cel.	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Prof. (cm)	Georref.
794	C13	18					

**Nome:** DIOGO SILVEIRA KERSTEN      **Solicitante:** DIOGO SILVEIRA KERSTEN  
**Município:** ALEGRETE      **Endereço:**  
**Localidade:**      **Entrada:** 10/03/15      **Emissão:** 13/04/2015

**Diagnóstico para acidez do solo e calagem**

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efet.	Saturação (%)		Índice SMP
		cmol/dm <sup>3</sup>					Al	Bases	
794	5,7	10,6	3,6	0,0	4,4	14,5	0,0	76,8	6,0

**Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S**

Registro	% MO	% Argila	Textura	S	P-Mehlich	C Total <sup>1</sup>	K	CTC pH7	K
	m/v			mg/dm <sup>3</sup>		g.kg <sup>-1</sup>	cmol/dm <sup>3</sup>		mg/dm <sup>3</sup>
794	3,6	21,0	3,0	10,8	7,9	--X--	0,286	18,9	112,0

**Diagnóstico para micronutrientes e relações molares**

Registro	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações Molares		
	mg/dm <sup>3</sup>						Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/(Ca+Mg) <sup>1/2</sup>
794	3,8	4,4	0,5	--X--	--X--	--X--	3,0	49,80	0,076

Vinculado à ROLAS-RS/SC  
S 1ª via

**SELO DE QUALIDADE**  
**Análise Básica**  
**Micronutrientes**  
**2014**  
 ROLAS - NRS - SRCs

*Gustavo Brunetto*  
Responsável Técnico

\*DETERMINADO EM ANALISADOR ELEMENTAR-COMBUSTÃO SECA

Prof. Gustavo Brunetto  
CREA/RS 204807  
Departamento de Solos  
CCR/UFSM

\* Coleta de solo retirada no local antes dos experimentos, no entanto, foi enviada para o laboratório em 2015.

## ANEXO B – Análise química de cinza de casca de arroz.



**RELATÓRIO DE ENSAIO** Nº.: 00066833-002-135448/19.15 Página 1 de 2

**ID Cliente** 8847  
**Cliente** COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL ALEGRETE LTDA **CNPJ** 89.231.708/0001-67  
**Endereço** R. VENANCIO AIRES, 112 - ALEGRETE - RS / CEP: 97541-500

### Dados de Identificação da Amostra

**Identificação** CINZAS  
**Local de Coleta** RUA VENANCIO AIRES, 112, CENTRO  
**Data de Recebimento** 06/03/2015 **Tipo da Amostra** Residuo Industrial

### Dados da Amostragem

**Coletador** EMPRESA SOLICITANTE **Data/Hora de Coleta** 18/02/2015 00:00  
**Temperatura da Amostra** NA °C **Temperatura do Ar** NA °C **pH** --  
**Responsável pelo plano de amostragem** Empresa solicitante **Condições Ambientais** Tempo bom  
**Data/Hora de Recebimento** 6/3/2015 0 17:00

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

### Observações da Amostragem

### Resultados Analíticos

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	ANALISADO EM
Carbono Orgânico Total	%	5,3	0,01	347	18/05/2015 11:55
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/Kg	1078	2	116	17/03/2015 09:10
Demanda Química de Oxigênio	mg/Kg	26979	5	117	11/03/2015 15:40
pH	--	9,40	1,0	33	18/05/2015 08:58
Teor de Silício	mg/Kg	1619	107,1	22	08/04/2015 07:54
CTC	mmol/KG	182	ZERO	135	19/05/2015 14:42
Poder de Neutralização	%	1,0	1,0	122	18/05/2015 11:55

\* MÉT. - Métodos dos Ensaio.

Certificado de cadastro na FEPAM nº 30/2012-DL.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
22	PO 091- Ed 3 / EPAMETHOD 3051 / EPAMETHOD 3050
33	NBR 14339/ Junho 1999
116	SMWW 22A ED. Método 5210-B
117	SMWW 22A Edição - 2012, Método 5220 B
122	Titulometria
135	Estequiometria
347	Combustão úmida - Titulometria

#### Legenda:

L.Q. - Limite de Quantificação, UND. - Unidade, Na - Não Aplicável, Ni - Não informado, MET. \* - Métodos de Análises, SMWW - Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater 22 Edição 2012  
 I.M. - Incerteza de medição

#### Informações:

- 1) Este relatório somente pode ser reproduzido em sua forma integral.
- 2) Os resultados expressos neste relatório se referem exclusivamente a amostra acima identificada.
- 3) A incerteza expandida de medição relatada (U) é declarada como incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k", o qual para a distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

  
 Eng.º Edu Ricardo Beltrame  
 Responsável Técnico  
 CRQ - 05301723

  
 Eng.º Charles Beltrame  
 Responsável Técnico Substituto  
 CRQ - 05302222

#### FINAL DO RELATÓRIO

Liberado e Assinado Eletronicamente

Lauda Modelo

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 0

Página 1

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



Viamão, 19/05/2015

Data de Emissão: 22/10/2014

## ANEXO C – Informações sobre a variedade de soja utilizada.



**NA 5909 RG**

**NIDERA SEMENTES**

Roundup Ready<sup>®</sup> é marca registrada e utilizada sob licença de uso da Monsanto Company.

**Roundup Ready SOJA**

**Principais Pontos Fortes**

- Estabilidade produtiva em diferentes ambientes.
- Ótimo potencial de ramificação.
- Possibilita plantio de segunda safra.

**Perfil Genético**

Hábito Crescimento	Indeterminado
Cor Pubescência	Cinza
Cor da Flor	Roxa
Tipo de Planta	Semiereta, Ótimo potencial engalhamento.
Altura Primeira Vagem	16 a 19 cm
Altura de Planta	-

**Ciclo Dias (base emergência)**

Florescimento	38 a 64 dias
Maturação fisiológica	109 a 125 dias
Colheita	115 a 130 dias

**Resistência a doenças**

Pústula bacteriana	Resistente
Crestamento bacteriano	Resistente
Mancha "Olho-de-Ra"	Resistente
Podridão parda da haste	Resistente
Mosaico comum da soja	Resistente
Oídio	Suscetível
Cancro da haste	Resistente
Podridão vermelha da raiz	Sem informação
Nematoide das galhas (Meloidogyne incognita)	Suscetível
Nematoide das galhas (Meloidogyne javanica)	Suscetível
Nematoide de cisto	Suscetível
Fitóftora	Resistente

**Peso médio de mil sementes (g)**

Pen 5,5	143,1
Pen 6,5	180,6

**Recomendações por Região**

Recomendações por Região	População (mil p/ha)	Mês			
		SET	OUT	NOV	DEZ
101/102 (RS)	280 a 330				
102/103 (RS / SC / PR Alto)	260 a 340				
103/201 (PR / SP)	280 a 350				
202 (PR / MS)	320 a 400				
204 (MS)	320 a 400				

Legend: ■ Sob consulta ■ Recomendado  Não recomendado