

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Dissertação de Mestrado

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES EM TERRAS BAIXAS NO SUL DO  
RIO GRANDE DO SUL E EFEITOS DA ADUBAÇÃO COM ENXOFRE SOBRE  
PARÂMETROS DE PRODUÇÃO E DE QUALIDADE DE GRÃOS DE SOJA**

**Patrick da Silva Silva**  
Engenheiro Agrônomo

Pelotas, 2021

**Patrick da Silva Silva**

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES EM TERRAS BAIXAS NO SUL DO RIO GRANDE DO SUL E EFEITOS DA ADUBAÇÃO COM ENXOFRE SOBRE PARÂMETROS DE PRODUÇÃO E DE QUALIDADE DE GRÃOS DE SOJA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias – Orientador

Prof. Dr. Nathan Levien Vanier – Coorientador

Prof. Dr. Luís Eduardo Panozzo - Coorientador

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

S586c Silva, Patrick da Silva

Comportamento de cultivares em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul e efeitos da adubação com enxofre sobre parâmetros de produção e de qualidade de grãos de soja / Patrick da Silva Silva ; Moacir Cardoso Elias, orientador ; Nathan Levien Vanier, Luís Eduardo Panozzo, coorientadores. — Pelotas, 2021.

48 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Glycine max*. 2. Manejo agrônômico de produção. 3. Adubação com enxofre. I. Elias, Moacir Cardoso, orient. II. Vanier, Nathan Levien, coorient. III. Panozzo, Luís Eduardo, coorient. IV. Título.

CDD : 633.34

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

**Patrick da Silva Silva**

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES EM TERRAS BAIXAS NO SUL DO RIO GRANDE DO SUL E EFEITOS DA ADUBAÇÃO COM ENXOFRE SOBRE PARÂMETROS DE PRODUÇÃO E DE QUALIDADE DE GRÃOS DE SOJA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Data e local da defesa:

Pelotas, 26 de agosto de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias (orientador). Professor Titular da Universidade Federal de Pelotas. Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa. Professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas. Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Ricardo Tadeu Paraginski. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha. Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Dra. Franciene Almeida Villanova. Research Fellow, Nutrition. Singapore Institute of Food and Biotechnology Innovation (SIFBI). Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico este trabalho a Ivonilda Baade, minha  
amada mãe.

## **Agradecimentos**

À Deus, pois sem Ele nada disso seria possível.

À minha mãe Ivonilda Baade, que me motiva e me incentiva desde sempre. Minha fã número 1, que acredita sempre no meu potencial.

Aos colegas do PPGCTA Adriano Hirsch, Caroline Dittgen, Cesar Gaioso, Cristian Batista, Lazaro Canizares e Lucas Nascimento.

À Universidade Federal de Pelotas, à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Aos amigos que torcem e vibram a cada conquista alcançada, Amanda Drawanz Catharina Casarin, Franciele Kroessin, Gizele Blanco, Gustavo Morosetti, Henrique Botelho, Isadora Romagnoli, Julia Cruz, Mayara Dias.

Às amigas e colegas do PPGCTA, que me ajudaram do início ao fim do trabalho, Aline Pereira e Janaína Goveia. Exemplos de mulheres a serem seguidas, sempre disponíveis e presentes, sem vocês nada disso teria ganhado forma.

Aos orientadores Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias e Prof. Dr. Nathan Levien Vanier pelos ensinamentos recebidos.

Aos bolsistas de Iniciação Científica Lucas Züge e Matheus Lima, pelos auxílios prestados.

Ao Centro Agropecuário da Palma por todo apoio ao trabalho, incluindo a área cedida ao experimento de campo.

À Empresa Tuch Agribusiness por fornecer insumos para a realização da pesquisa.

A EMBRAPA Soja e ao pesquisador Dr. Marcelo Alvares de Oliveira pelo fornecimento das sementes.

A todos que contribuíram com seu apoio e incentivo para esta conquista pessoal, muito obrigado.

## RESUMO

SILVA, Patrick da Silva. **Comportamento de cultivares em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul e efeitos da adubação com enxofre sobre parâmetros de produção e de qualidade de grãos de soja.** 2021, 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

A soja, uma planta da família Fabaceae, é rica em proteínas, lipídios, vitaminas do complexo B e minerais. Possui inúmeras utilizações, como consumo humano, consumo animal e aplicações na indústria. O objetivo no trabalho foi comparar parâmetros agrônômicos de desempenho de produção e a qualidade de grãos de soja das cultivares BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 525, BMX Delta IPRO e Tec IRGA e testar efeitos da época de aplicação de enxofre elementar sobre essas variáveis de produção e qualidade de soja. O experimento de campo foi conduzido no Centro Agropecuário da Palma, enquanto as operações de pós-colheita e as análises laboratoriais foram desenvolvidas no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” na Universidade Federal de Pelotas, no município de Capão de Leão, na região sul do Rio Grande do Sul. Os genótipos apresentaram desenvolvimento pleno, demonstrando bom potencial de cultivo para a região. Os parâmetros da composição centesimal foram condizentes com os dados da literatura. Os resultados da aplicação de enxofre indicam boas perspectivas, havendo necessidade de estudos em mais safras, com testes incluindo doses e época de aplicação. Os perfis colorimétricos não demonstraram ser afetados pelos manejos de produção testados. Em função das restrições operacionais resultantes das medidas sanitárias decorrentes da Pandemia Covid-19, não foi possível concluir as análises de aminoácidos e a avaliação de carotenoides, necessitando alterações na metodologia analítica.

Palavras-chaves: *Glycine max*, manejo agrônômico de produção, adubação com enxofre.

## Abstract

SILVA, Patrick da Silva. **Behavior of cultivars in lowland of southern Rio Grande do Sul and effects of sulfur fertilization on soybean production and quality parameters.** 2021, 47 f. Dissertation (Masters in Food Science and Technology) – Postgraduate Program in Agroindustrial Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

Soy is a plant of the Fabaceae family, rich in proteins, lipids, B-complex vitamins and minerals. It has numerous uses, such as human consumption, animal consumption and industrial applications. The objective of this work was to compare the production yield and quality properties of the soybean cultivars BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 525, BMX Delta IPRO e Tec IRGA and to test the effects of elemental sulfur application time on these soybean yield and quality variables. The field experiment was conducted at Centro Agropecuário da Palma and laboratory analyzes were carried out at the Post-harvest, Industrialization and Grain Quality Laboratory (LABGRÃOS) of the Faculty of Agronomy “Eliseu Maciel” at the Federal University of Pelotas, in the municipality of Capão de Leão, in the southern region of Rio Grande do Sul. The genotypes showed full development, providing good cultivation potential for the region. The proximate composition parameters were consistent with literature data. The results of the application of sulfur indicate good prospects, however, further studies are needed in different crop years to test doses and timing of application. The colorimetric profiles did not show to be affected by the tested production managements. Due to operational restrictions resulting from sanitary measures, it was not possible to complete the amino acid analysis and carotenoid evaluation, requiring changes in the analytical methodology.

Keywords: *Glycine max*, agronomic management of production, fertilization with sulfur.

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Delineamento experimental do Estudo 1.....	23
Tabela 2: Delineamento experimental do Estudo 2.....	24
Tabela 3: Componentes de rendimento dos diferentes genótipos.....	26
Tabela 4: Avaliação das estaturas aos 30 e 60 dias de ciclo.....	27
Tabela 5: Composição centesimal dos diferentes genótipos.....	28
Tabela 6: Conteúdos de betacaroteno e zeaxantina.....	29
Tabela 7: Perfil colorimétrico dos grãos íntegros e moídos.....	31
Tabela 8: Componentes de rendimento da cultivar BMX Delta do estudo de utilização de enxofre.....	33
Tabela 9: Componentes de rendimento da cultivar Tec IRGA 6070 do estudo de utilização de enxofre.....	34
Tabela 10: Composição centesimal da cultivar BMX Delta do estudo de utilização de enxofre.....	35
Tabela 11: Composição centesimal da cultivar Tec IRGA 6070 do estudo de utilização de enxofre.....	36
Tabela 12: Perfil colorimétrico dos grãos íntegros e moídos da cultivar BMX Delta provenientes do estudo com enxofre.....	38
Tabela 13: Perfil colorimétrico dos grãos íntegros e moídos da cultivar Tec IRGA 6070 provenientes do estudo com enxofre.....	38
Tabela 14: Aminoácidos solúveis totais na cultivar BMX Delta.....	38
Tabela 15: Aminoácidos solúveis totais na cultivar Tec IRGA 6070.....	40

## Lista de figuras

Figura 1. Semeadura dos experimentos no Centro agropecuário da Palma.....	21
Figura 2. Aplicação com pulverizador costal dos produtos fitossanitários.....	22
Figura 3. Colheita (manual) dos experimentos.....	22
Figura 4. Grãos moídos dos genótipos de soja.....	32
Figura 5. Grãos íntegros dos genótipos de soja.....	32
Figura 6. Grãos moídos provenientes do experimento com enxofre.....	37
Figura 7. Grãos íntegros provenientes do experimento com enxofre.....	37

## Sumário

<b>1.Introdução</b> .....	13
<b>2.Hipóteses</b> .....	14
<b>3.Objetivos</b> .....	14
3.1 Objetivo geral.....	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
<b>4. Revisão bibliográfica</b> .....	15
4.1 Origem e importância da cultura.....	15
4.2 Estrutura e composição do grão de soja.....	16
4.3 Época e uso de fertilizantes.....	17
<b>5. Material e métodos</b> .....	20
5.1 Material.....	20
5.1.1. Genótipos.....	20
5.1.2 Experimento de campo.....	20
5.2 Métodos.....	23
5.2.1 Delineamento experimental.....	23
5.2.2 Componentes de rendimento.....	24
5.2.3 Composição centesimal.....	24
5.2.4 Carotenóides.....	24
5.2.4 Perfil colorimétrico.....	24
5.2.5 Aminoácidos totais solúveis.....	25
5.2.6 Análise estatística.....	25
<b>6. Resultados e discussões</b> .....	25
6.1 Estudo 1: Comportamento dos genótipos de soja cultivados em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul .....	25

6.1.1 Componentes de rendimento.....	25
6.1.2 Estatura, ciclo e hábito de crescimento dos genótipos.....	27
6.1.3 Composição centesimal.....	28
6.1.4 Carotenoides.....	29
6.1.5 Perfil colorimétrico.....	31
6.2 Estudo 2: Efeitos da época de adubação com enxofre sobre parâmetros de avaliação de rendimento e de qualidade de grãos de soja.....	32
6.2.1 Componentes de rendimento.....	32
6.2.2 Composição centesimal.....	34
6.2.3 Perfil colorimétrico.....	36
6.2.4 Aminoácidos totais solúveis.....	38
<b>7. Considerações finais e conclusões.....</b>	<b>41</b>
<b>8. Referências bibliográficas .....</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) é uma leguminosa da família Fabaceae, rica em proteínas, lipídios, vitaminas do complexo B e minerais. Apresenta elevado valor econômico e agrícola devido à sua adaptação a solos e climas diversos, ampla diversidade de uso (animal ou humano), efeitos benéficos a saúde e como matéria prima industrial de produtos não-alimentícios. Destaca-se ainda pela elevada quantidade de proteínas em seu grão, se tornando assim, uma excelente fonte de substituição à proteína animal na alimentação humana.

A Embrapa soja vem desenvolvendo genótipos que atendem a esses requisitos, buscando superar a qualidade sensorial e conquistar o consumidor. A cultivar BRS 257 não apresenta as enzimas lipoxigenases e disponibiliza matéria prima de excelente qualidade para o processamento industrial de alimentos à base de soja. Outros exemplos recentes e com apelo de apresentarem alto teor de proteínas são as cultivares BRS 216, BRS 232 e BRS 525. Nenhuma delas, no entanto, testadas em condições edafoclimáticas de terras baixas do sul do Rio Grande do Sul.

Assim como em todas as culturas, nas leguminosas para serem alcançadas maiores produtividades, é necessário o fornecimento adequado de nutrientes. Entre os macronutrientes estudados para a cultura da soja, o enxofre é um dos elementos com menor portfólio científico, sendo tão requisitado quanto os demais, por ser constituinte dos três aminoácidos mais importantes, como cisteína, cistina, metionina e várias coenzimas. Para suprir suas necessidades, podem ser usadas adubações com enxofre na formulação ou a utilização de enxofre elementar, o qual apresenta liberação mais controlada.

Há carências de informações científicas que embasem efeitos da época de aplicação do enxofre sobre componentes do rendimento da soja e principalmente sobre a qualidade dos grãos. Também há carências de informações sobre os comportamentos em cultivos em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul de genótipos de soja desenvolvidas para o norte do Rio Grande do Sul e para o Paraná. Esses fatos determinaram a escolha dos temas que estruturaram a pesquisa.

## **2. HIPÓTESES**

- 2.1.** A resposta à adubação com enxofre elementar é variável entre genótipos.
- 2.2.** A aplicação de enxofre com 30 dias de antecedência à semeadura propicia maior rendimento de soja por hectare do que a aplicação no momento da semeadura.
- 2.3.** As cultivares BRS 216, BRS 232, BRS 257 e BRS 525 apresentam pleno desenvolvimento em cultivos na região sul do Rio Grande do Sul, mesmo que não tenham indicação para ela.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo geral**

Comparar parâmetros agrônômicos de desempenho de produção e a qualidade de grãos de soja das cultivares BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 525, e testar efeitos da época de aplicação de enxofre elementar sobre essas variáveis de produção e qualidade de soja nas cultivares BMX Delta IPRO e Tec IRGA 6070.

### **3.2. Objetivos específicos**

**3.2.1.** Avaliar o comportamento agrônômico das cultivares BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 525 e BMX Delta IPRO em cultivos em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul.

**3.2.2.** Avaliar efeitos da adubação com enxofre sobre componentes de rendimento, composição centesimal, perfil colorimétrico e carotenoides das cultivares BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 525 e BMX Delta IPRO.

**3.2.3.** Comparar efeitos da época de aplicação do enxofre sobre componentes de rendimentos, composição centesimal e teor de aminoácidos solúveis dos grãos nas cultivares Tec IRGA 6070 e BMX Delta IPRO.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Origem e importância da cultura**

Amplamente produzida no Brasil e no mundo, na safra 2019/20 a produção mundial de soja atingiu cerca de 336,1 milhões de toneladas (USDA, 2020). Desta produção, o Brasil foi responsável por 135.911,7 mil toneladas (CONAB, 2021).

Esta cultura apresenta um elevado valor agrícola devido à sua adaptação a solos e climas diversos, ampla diversidade de uso (animal ou humano), efeitos benéficos a saúde e como matéria prima industrial de produtos não-alimentícios (SANTOS et al., 2010). Ainda se destaca pela elevada quantidade de proteínas em seu grão, se tornando assim, uma excelente fonte de substituição à proteína animal na alimentação humana (LOPES; PELÚZIO; MARTINS, 2016). Alguns estudos têm demonstrado que diversos fatores, entre genéticos e ligados ao manejo, interferem na qualidade final do produto (LINDEMANN, 2021).

As diferentes utilizações que não a de usos tradicionais da soja “commodity” demandam de cultivares especiais, principalmente quando destinadas para a alimentação humana. Estas cultivares devem apresentar como fatores diferenciais elevados teores de proteínas, menores teores de fatores antinutricionais e ausência de enzimas lipoxigenases, que são responsáveis por sabor desagradável na soja (CARRÃO-PANNIZZI et al., 2016).

A cultivar BRS 257, lançada pela EMBRAPA, por exemplo, não apresenta as enzimas lipoxigenases e disponibiliza matéria prima de excelente qualidade para o processamento industrial de alimentos à base de soja (MERCEDES; CARRÃO-PANIZZI; PÍPOLO, 2007). Outros exemplos de cultivares recentes e com apelo de apresentarem alto teor de proteínas são as cultivares BRS 216, BRS 232 e BRS 525.

Com a finalidade de suprir os déficits de enxofre encontrados nos solos de cultivo, podem ser usados adubos que o contenham em sua formulação, usar gesso agrícola, aumentar o teor de matéria orgânica e também realizar aplicação via foliar (PRATES et al., 2006).

No século XVII, o comércio dos grãos de soja ainda era muito restrito aos países orientais, com destaque para China e Japão. No Brasil os estudos

demonstram que as primeiras avaliações iniciaram na Escola de Agronomia no estado da Bahia (1882). A partir disso, diversos estudos foram expandidos para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, entre outros (CÂMARA, 2000).

Nos dias atuais, é considerada a cultura principal do agronegócio brasileiro, sendo uma das atividades econômicas que mais cresce no país (BURKITBAYEV et al., 2021). No ranking de produções, o Brasil lidera como primeiro maior produtor mundial e produz 28% do total produzido no mundo. O Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor do Brasil, ficando atrás apenas dos Estados de Mato Grosso e Paraná (ATLAS, 2018).

Segundo a Embrapa (2016), a soja está presente em 80% dos municípios do Rio Grande do Sul, sendo a principal cultura de grãos de interesse econômico. A expansão para áreas não tradicionais, como a metade Sul, em áreas de cultivo de arroz e pastagens demonstram os avanços da cultura.

No âmbito do território nacional, o cultivo da soja se dá desde as altas latitudes gaúchas até baixas latitudes equatoriais tropicais, apresentando produtividades médias superiores à média obtida pela produção estadunidense. Este fator só é possível devido ao uso de cultivares adaptadas, a construção da fertilidade do solo, adubação equilibrada, evolução do sistema de plantio direto e adoção de práticas de manejo visando altas produtividades.

Segundo Liu et al. (2008), cerca de 60% dos produtos industrializados possuem algum constituinte de soja, principalmente em carne, macarrão, sopas, entre outros, porém esse percentual pode ser até maior dependendo da localização pelo mundo. E por último, mas não menos importante, o apelo nutritivo encontrado na cultura. A soja é um produto vegetal que apresenta bom balanceamento de aminoácidos essenciais, além da proteína, óleo, minerais e carboidratos. Apresenta alguns fatores antinutricionais que podem ser facilmente controlados, possibilitando seu uso na forma de grãos ou de outros produtos alimentícios resultantes do seu processamento industrial.

#### **4.2 Estrutura e composição do grão de soja**

A soja (*Glycine max.* (L) Merrill) é uma dicotiledônea, autógama da família Fabaceae. O grão em sua forma integral é constituído por embrião, composto por dois cotilédones e um eixo embrionário formado por epicótilo, hipocótilo e radícula (Figura 1). A fonte de reserva dos grãos está concentrada no seu

embrião e o revestimento protege o embrião de infecções fúngicas e bacterianas. O tegumento é composto por um hilo, que varia de forma linear a oval (LIU, 1997).

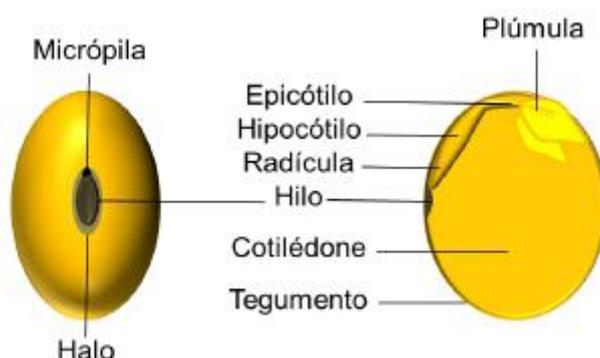


Figura 1: Estrutura de um grão de soja.  
Fonte: adaptado de Liu, 1997.

Devido a sua constituição, principalmente pela qualidade da proteína e dos lipídeos, a soja pode ser utilizada de diversas formas e aplicações para elaboração de alimentos. Seus constituintes majoritários são as proteínas (35 a 45%), os lipídeos (15 a 25%), os carboidratos (33%) e os minerais (5%), segundo estudos de Hou et al. (2009).

Apresenta ainda compostos bioativos como carotenoides, tocoferóis e compostos fenólicos (ZIEGLER et al., 2016). A quantidade desses compostos varia de acordo com a coloração do tegumento (KUMAR et al., 2010), com a cultivar, com o local de produção e as condições climáticas e de stress em que a planta for submetida (OOMAH; CORBÉ; BALASUBRAMANIAN, 2010).

As proteínas são representadas por aproximadamente 90% de globulinas. As principais globulinas são a  $\beta$ -conglícinina e a glicínina, 7S e 11S, respectivamente (HOU; CHANG, 2004). O óleo vegetal biodegradável que lidera o mercado mundial de alimentos e biocombustíveis é de soja. A sua composição química, que a tornam indicado para o consumo humano, é rica em ácidos graxos insaturados, carotenoides, tocoferóis e auxiliam na redução do colesterol (PETER e HAKAN, 1998).

### 4.3 Época e uso de fertilizantes

O manejo da fertilização na cultura da soja é capaz de interferir diretamente nas reações que ocorrem entre o fertilizante e o solo, e a disponibilidade para as plantas. Os nutrientes apresentam diferenças quanto a mobilidade e comportamento no solo que podem ser influenciados pela época de aplicação, dose e fontes de nutrientes (MARTINS et al., 2014; SILVA et al., 2014).

O surgimento dos fertilizantes minerais permitiu práticas de fertilizações capazes de gerar ganhos expressivos nas produtividades das culturas. Atualmente no mercado é possível o encontro de fertilizantes em suas formas simples ou misturas, sendo comercializados na forma de fertilizantes mistos e formulações comerciais (RESENDE et al., 2011).

Recentemente, a escassez de enxofre nos solos de muitas regiões do mundo tornou-se uma restrição significativa na produção de alimentos básicos. Nesse sentido, o papel do enxofre é aumentado como o quarto elemento, além do nitrogênio, fósforo e potássio (MING XIAN; MESSICK, 2007). A principal causa dessa escassez se dá em função do menor teor de gás de enxofre atmosférico, do aumento do uso de fertilizantes sem enxofre altamente concentrados, dos maiores rendimentos das colheitas e do aumento da remoção de enxofre (GOLOV, 2012).

O enxofre (S), encontrado no solo predominantemente na forma orgânica, é um macronutriente menos empregado nas adubações e com poucos estudos na literatura. Sua importância se dá pela presença essencial nos aminoácidos sulfurados que compõem as proteínas vegetais (STIPP & CASARIN, 2010). Sua absorção pelas plantas ocorre quando é oxidado a  $S-SO_4^{-2}$  por enzimas, demandando por um maior tempo (HOROWITZ & MEURER, 2006).

A produção dos alimentos no mundo moderno foi inovada através do uso de fertilizantes, proporcionando altas produtividades. O mercado apresenta diversas formas químicas, nutrientes, granulometria e eficiência (HANSEL et al., 2014).

Em estudos, Kaiser e Kim (2013) relataram um aumento de 2,1% nos teores de proteína em 2 de 3 experimentos devido à fertilização com S sem especificar o tipo de proteína incrementada.

Apesar das evidências da relação entre a nutrição com Enxofre (S) e a composição dos grãos de soja, pouco se sabe sobre a interação com as condições ambientais e como traduzir o manejo de S em melhor qualidade nutricional (REIS et al., 2021).

Estudo de Naeve e Shibles (2005) constatou que o S mobilizado é essencial para o acúmulo de aminoácidos nos grãos e que quando o mesmo é adquirido pela planta durante seu desenvolvimento é mobilizado de forma mais eficiente. A concentração de proteínas 11S é relativamente insensível à disponibilidade de S durante o período vegetativo, mas é reduzida pela deficiência de S durante os estágios reprodutivos (SEXTON et al., 1998). Essas observações sugerem que uma estratégia de manejo de S para melhorar a qualidade da semente deve garantir S suficiente até o período reprodutivo da planta (DIVITO et al., 2016). No entanto, nenhuma pesquisa foi feita em nível de campo para validar o efeito da fertilização de cobertura com S durante os estágios vegetativos ou reprodutivos tardios na qualidade da semente.

Por outro lado, a relação entre o rendimento e a fertilização com S antes ou na semeadura é mais comumente relatada em experimentos de campo. No entanto, os resultados são erráticos e a deficiência de S impactando negativamente o rendimento não é frequentemente documentada (GUTIERREZ BOEM et al., 2007; HITSUDA et al., 2015). Kaiser e Kim (2013) relataram respostas de produtividade de soja em apenas um dos três locais, ligando a falta de resposta de produtividade ao S devido ao alto nível de matéria orgânica do solo.

Divito et al. (2015) documentaram uma resposta positiva do rendimento da soja ao S em nove de 15 locais, atribuindo a resposta aos baixos níveis de S do solo devido a uma rotação intensiva de culturas.

Na Argentina, em 11 de 20 testes foram constatados diferentes potenciais de rendimento relacionados às respostas do S na soja (SALVAGIOTTI et al., 2012). Em solos com baixos teores de matéria orgânica, Casteel et al. (2019) demonstraram respostas de produtividade à aplicação de S.

Os dados encontrados nas literaturas evidenciam divergências acerca do enxofre e que as informações atuais são insuficientes para inferir sobre as interações entre o estado de nutrientes do solo, clima e tempo de aplicação de fertilizantes em diferentes condições edafoclimáticas.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Material**

#### **5.1.1. Genótipos**

Foram utilizados os genótipos BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 525, lançados pela EMBRAPA SOJA, de Londrina, BMX Delta IPRO, lançada pela BASF, e Tec IRGA 6070, lançada pelo IRGA em parceria com a Bayer.

A BRS 216, ciclo semiprecoce (129 dias) de hábito determinado, é a primeira cultivar brasileira de soja que apresenta característica adequada para produção de brotos, pois suas sementes são pequenas e apresentam peso de 100 sementes igual a 10,4 g. Os grãos da BRS 216 apresentam tegumentos e hilo amarelos, que são aspectos importantes no processamento de alimentos para melhor coloração no produto. Esta cultivar também apresenta altos teores de isoflavonas ( $260 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), teor de óleo ao redor de 17% e de proteína próximo a 43% (CARRÃO-PANIZZI et al., 2002).

A BRS 232, ciclo precoce (124 dias) de hábito determinado, apresenta excelente potencial produtivo, principalmente nas regiões acima de 700 metros de altitude. Com tipo de crescimento determinado, apresenta alto teor de proteína e elevado peso de sementes.

A BRS 257, ciclo precoce (129 dias) de hábito determinado, possui característica especial para alimentação humana, não apresenta as três enzimas lipoxigenases, permitindo a obtenção de produtos com melhor qualidade e sabor.

A BRS 525, ciclo superprecoce (117 dias) de hábito indeterminado, lançada em 2020, é uma cultivar de soja convencional, superprecoce, que tem expressado alto potencial produtivo nas regiões frias, com altitudes superiores a 700 metros.

A BMX Delta IPRO, ciclo médio (130 dias) de hábito indeterminado, tem alto potencial produtivo nas regiões mais quentes, com boa adaptação a solos e alto potencial de ramificação, assim como a Tec IRGA 6070, ciclo médio (134 dias) de hábito indeterminado, que é uma cultivar de soja adaptada para cultivo em terras baixas, com excelente tolerância ao excesso hídrico e indicada para rotação em áreas de arroz irrigado.

### 5.1.2. Experimento de campo

O experimento de campo foi conduzido no Centro Agropecuário da Palma, localizada no Capão do Leão, às margens da BR 116, coordenada 31°48'14"S 52°29'48"W. Foram utilizadas as seguintes cultivares: BRS 216, BRS 232, BRS 257, BRS 525, Tec IRGA 6070 e BMX Delta. O experimento foi dividido em 2 estudos: Estudo 1 – comportamento de cinco genótipos de soja em cultivo em terras baixas na região sul do Rio Grande do Sul e Estudo 2 – Efeitos da época de adubação com enxofre elementar sobre parâmetros de avaliação de rendimento e de qualidade de grãos de soja. A semeadura dos experimentos ocorreu no dia 21 de novembro de 2020 (Figura 1). O experimento foi constituído de blocos casualizados, em parcelas de 12m<sup>2</sup>, com 4 linhas e espaçamento de 0,45 m. Na adubação de cobertura foram utilizados Fosfato Monoamônico (MAP) que apresenta de 10 a 12% de Nitrogênio (N) e 50 a 54% de Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e Cloreto de Potássio (KCl) com 58% de Fósforo, na dose de 110g por parcela, aplicados a lanço manualmente na linha de cultivo. Para a utilização do enxofre elementar, foi aplicado 100g por parcela do produto denominado Enxofre Pastilhado (S) Bentonita – Fertitex Agro.



Figura 1: semeadura dos experimentos no Centro Agropecuário da Palma.

As aplicações dos produtos fitossanitários foram realizadas com auxílio de um pulverizador costal (Figura 2), com intervalos de 15 dias, totalizando 4

aplicações. Foi aplicado um protocolo baseado nas recomendações para a cultura, utilizando os seguintes produtos: 1ª aplicação - Cletodim, K-Othrine e Basagran; 2ª aplicação - Fox X Pro e Lufenuron; 3ª aplicação - Fox X Pro, Cletodim e Glyfosato; 4ª aplicação – Fox e Lufenurom. As doses utilizadas seguiram as recomendações técnicas dos produtos.



Figura 2: Aplicação via pulverizador costal dos produtos fitossanitários.

A colheita foi realizada manualmente (Figura 3), com o auxílio de uma foice de mão, quando o teor de umidade estava em torno de 18,0%. Foram colhidas 2 linhas por parcela, com 2m cada, descartando sempre as bordaduras, e as plantas foram trilhadas em uma trilhadora. Em seguida, os grãos foram transportados para o Laboratório de Grãos da UFPel, onde foram limpos e secos em secador estacionário até atingir a umidade desejada de 11%.



Figura 3: Colheita (manual) dos experimentos.

## 5.2. Métodos

### 5.2.1. Delineamento experimental

Os delineamentos experimentais utilizados nos estudos estão representados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. No Estudo 1, foi utilizada a cultivar BMX Delta como comparativa as demais por ser tratar de um genótipo desenvolvido para esta região. No Estudo 2 foram avaliadas duas épocas distintas de aplicação, sendo a primeira 30 dias antes do dia da semeadura e a segunda no dia da semeadura, em duas cultivares, BMX Delta e Tec IRGA 6070.

Tabela 1: Delineamento experimental do Estudo 1:

Variáveis independentes		Variáveis dependentes
Trat.	Genótipos	
1	BMX Delta	Componentes de rendimento
2	BRS 216	Composição centesimal
3	BRS 232	Perfil colorimétrico
4	BRS 257	Carotenoides
5	BRS 525	

Tabela 2: Delineamento experimental do Estudo 2:

Variáveis independentes			Variáveis dependentes
Trat.	Genótipos	Momento de aplicação	
1			
2			Componentes de rendimento
3	BMX Delta	Sem aplicação	Perfil colorimétrico
...	Tec IRGA 6070	30 dias antes da sem.	Composição centesimal
...		Dia da sementeira	Teor de aminoácidos
6			

### 5.2.2. Componentes de rendimento

O número de vagens por planta foi obtido pela contagem da totalidade dos legumes presentes em uma planta em dez plantas da área útil da parcela. O número de grãos por vagem foi calculado dividindo o número de grãos por planta pelo número de legumes obtidos. O peso de mil grãos (PMG) foi aferido pela contagem manual de oito repetições de 100 sementes, expandindo-se para a massa de mil sementes em gramas, determinada de acordo com a metodologia descrita por Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Durante o período vegetativo, também foram avaliadas a estatura da planta, determinada a partir do nível do solo até o topo, estendendo-se a mesma.

### 5.2.3. Composição centesimal

Os teores de cinzas, proteína bruta e lipídeos foram determinados de acordo com metodologia descrita pela AOAC (2006).

### 5.2.4. Carotenoides

Os teores de carotenoides em grãos moídos foram determinados de acordo com o método descrito em AOAC - Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists (2005). Pesou-se 0,6 g de grãos moídos em tubos Falcon de 15 mL, adicionou-se a solução extratora, hidróxido de potássio

10% em metanol e levou-se a banho-maria por 20 minutos a 56°C. Foi acrescentado éter de petróleo e completado o volume com sulfato de sódio 10% em água. Repouso de uma hora e leitura das absorvâncias em 450 nm. Os resultados foram expressos em µg/g de β-Caroteno e Zeaxantina.

#### **5.2.5. Perfil colorimétrico**

O perfil colorimétrico foi avaliado em um colorímetro (Minolta, modelo CR-310, Osaka, Japão), que realiza a leitura de cores em um sistema tridimensional, avaliando a cor em três eixos, onde o eixo L \* representa o valor para a luminosidade e avalia a amostra de branco (+) até o preto (-), o eixo a \* representa o valor que avalia a amostra do vermelho (+) até o verde (-) e o eixo b \* representa o valor que avalia a amostra de amarelo (+) até o azul (-).

#### **5.2.6. Aminoácidos totais solúveis**

Para a extração de aminoácidos solúveis totais foram utilizados aproximadamente 250 mg de grãos moídos. Após a pesagem, o material foi macerado em 8 ml de solução extratora M:C:W (metanol: clorofórmio: água destilada na proporção de 12:5:3) e acondicionado em frascos âmbar por 24 horas no escuro. Após esse período foram adicionados 2 ml de solução M:C:W e o extrato centrifugado a 600g por 30 minutos. Após a centrifugação, 8 ml do sobrenadante foram transferidos para tubos tipo Falcon, e adicionou-se 2 ml de clorofórmio e 3 ml de água destilada. Os falcons foram centrifugados novamente por 30 min a 600 rpm para separação de fases. A fase superior foi coletada e concentrada por evaporação até aproximadamente 50% do volume, em banho-maria a 30°C por 24 horas com a finalidade de eliminar o excesso de metanol e resíduos de clorofórmio presentes. O extrato obtido ao final foi utilizado para quantificar aminoácidos solúveis totais via espectrofotometria segundo YEMM; COCKING, 1955.

#### **5.2.7. Análise estatística**

A análise estatística foi realizada através dos testes de Tukey (95%) para as análises de laboratório enquanto as análises de campo foram submetidas ao teste de Tukey (95%) considerando todos em DIC.

## 6. Resultados e discussão

### 6.1. Estudo 1: Comportamento dos genótipos de soja cultivados em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul

#### 6.1.1. Componentes de rendimento

Os resultados obtidos para os componentes de rendimento estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Componentes de rendimento dos diferentes genótipos de soja.

Genótipos	Nº legumes/planta	Nº grãos/legume	Peso de mil grãos (g)	Produtividade
Delta	41,57 ± 4,91*	2,45 ± 0,13*	152,23 ± 6,89 c	66,64 ± 13,02 b
BRS 216	47,07 ± 10,53*	2,52 ± 0,33*	108,60 ± 16,85 d	60,61 ± 11,75 b
BRS 232	39,15 ± 6,45*	2,07 ± 0,12*	185,13 ± 10,6 a	75,59 ± 19,29 ab
BRS 257	46,60 ± 14,80*	2,45 ± 0,17*	166,33 ± 6,6 bc	100,78 ± 29,18 a
BRS 525	31,82 ± 7,66*	2,40 ± 0,21*	174,33 ± 1,92 ab	56,26 ± 18,14 b
Média geral	41,24*	2,38*	157,32 g	71,98

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas de \* não diferem entre si.

O número de legumes é determinado pelo balanço entre a produção de flores por planta e a proporção destas que se desenvolvem até legumes. O número de grãos por legume é influenciado pelo fato de que maioria das cultivares modernas são selecionadas para formar 3 ou 4 óvulos por legume (JUNIOR, COSTA, 2002). Estatisticamente, os diferentes números de legumes por planta e número de grãos por legume não diferem entre si segundo Teste Duncan a 95% de probabilidade.

Para o peso de mil grãos (PMG), o maior valor encontrado foi para a cultivar BRS 232, de 185,13 g, seguido da cultivar BRS 525, com 174,33 g. Segundo catálogo de cultivares da Embrapa (2019), as médias esperadas são de 185g e 195g, respectivamente, valores dentro dos encontrados pelo trabalho. O menor valor ficou com a cultivar BRS 216, dentro do esperado para tal, tendo

em vista que a mesma apresenta grãos menores, característicos da cultivar, que justificam o menor peso.

A produtividade dos genótipos foi apresentada com umidade corrigida para 14%. Obtivemos o maior valor na cultivar BRS 257, apresentando 100,78 kg.ha<sup>-1</sup>. As demais não apresentaram diferença significativa.

### 6.1.2. Estatura, ciclo e hábito de crescimento dos genótipos

A Tabela 4 apresenta os dados característicos das cultivares referentes ao ciclo, estatura média e hábito de crescimento que se encontravam no momento das avaliações.

Tabela 4: Avaliação das estaturas aos 30 e 60 dias de ciclo.

Cultivares	Porte nos estágios em cm		Porte Médio	Ciclo	Hab. Crescimento
	V6	R4			
Delta	34,50 ± 3,39 b	87,00 ± 4,17 a	90 cm	132 dias	Indeterminado
BRS 216	35,31 ± 3,80 b	74,43 ± 2,78 b	60 cm	118-120 dias	Determinado
BRS 232	52,31 ± 5,76 a	80,43 ± 4,6 ab	67 a 93 cm	116-124 dias	Determinado
BRS 257	41,06 ± 6,16 b	78,18 ± 5,62 b	60 cm	129 dias	Determinado
BRS 525	34,00 ± 3,16 b	78,00 ± 7,05 b	97 cm	117-124 dias	Indeterminado

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

O conhecimento dos estágios fenológicos é de fundamental importância para uma comunicação unificada na descrição dos estádios de desenvolvimento. A metodologia foi proposta por Fehr e Caviness (1977) e é a mais utilizada no mundo. Essa classificação divide os estádios da soja em estádios vegetativos e reprodutivos, seguidos de índices numéricos que identificam estádios específicos em ambas às fases.

As avaliações foram realizadas inicialmente no estágio vegetativo V6 – (sexto nó com a quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida e posteriormente) e no R4 (vagem completamente desenvolvida com 2cm de comprimento). O intervalo entre as avaliações foi de 30 dias e as plantas encontravam-se com 60 e 90 dias de ciclo, respectivamente.

Na primeira avaliação (V6), o maior valor foi para a cultivar BRS 232, apresentando 52,31 cm de estatura média. As demais não diferiram entre si, ficando entre uma média de 34,00 e 41,06 cm. Na segunda avaliação (R4), a

cultivar BMX Delta IPRO apresentou estatura de plantas de 87,00 cm, seguida da BRS 232 com 80,43 cm. Ambas as estaturas estão dentro do porte médio descrito pelos obtentores das cultivares.

O crescimento das plantas pode ser influenciado por diversos fatores como competição por luz, espaço, nutrientes, etc. Esse crescimento pode ocorrer em termos de superfície, área foliar, altura de planta, número de células ou até mesmo alongamento delas (CID e TEIXEIRA, 2017).

Diversos estudos demonstram que a combinação da densidade de semeadura com o espaçamento pode influenciar de forma positiva no rendimento da cultura e nas características agrônômicas, podendo modificar a produção de grãos (SOLANO, YAMASHITA 2012).

### 6.1.3. Composição centesimal

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da composição centesimal dos cinco genótipos. A observação dos dados (Tabela 5) permite verificar que entre as cultivares analisadas, o maior teor de lipídeos foi para as cultivares BMX Delta IPRO e BRS 525, respectivamente, diferindo significativamente das demais. No teor de cinzas, o maior valor foi encontrado na cultivar BRS 525. As cultivares BRS 216, BRS 232, BRS 257 e BRS 525 apresentaram os maiores valores para teores de proteínas, com médias que variaram entre 40,2 e 41,4%, não diferindo estatisticamente entre si.

Tabela 5: Composição centesimal dos diferentes genótipos

Genótipos	Proteína	Lipídeos	Cinzas	Umidade
Delta	36,34 ± 1,11 b	23,05 ± 0,38 a	4,32 ± 0,09 d	12,4 ± 0,28*
BRS 216	41,42 ± 0,79 a	19,53 ± 0,40 d	4,31 ± 0,10 d	12,6 ± 0,21*
BRS 232	40,29 ± 1,03 a	20,1 ± 0,31 c	5,38 ± 0,04 c	12,7 ± 0,04*
BRS 257	40,59 ± 0,58 a	21,53 ± 0,23 b	6,35 ± 0,17 b	12,5 ± 0,24*
BRS 525	41,05 ± 0,79 a	22,60 ± 0,24 a	6,69 ± 0,13 a	12,4 ± 0,03*

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 95%.

Médias seguidas de \* não diferiram entre si.

De uma forma geral, os valores de lipídios nos grãos de soja variam entre 13 e 25%. As cultivares que apresentaram maiores valores, Delta e BRS 525,

diferiram estatisticamente das demais, que apresentaram valores iguais ou inferiores a 21%. Trabalho de Alves et al. 2012 encontraram valores que corroboram para os teores de lipídios encontrados nas cultivares BRS 216, BRS 232 e BRS 525, 19,19%, 20,72% e 21,17% respectivamente.

Os valores de cinzas ressaltam teores mais altos encontrados em BRS 525 e BRS 257, superiores a 6%, e os teores mais baixos sem diferença significativa com as cultivares Delta e BRS 216. Valores semelhantes ao encontrado na BRS 257 foram encontrados por Santos et al. 2010 em seu trabalho de desenvolvimento de biscoitos a partir de farinhas de soja, tendo encontrado 6,8, dados que corroboram com os teores acima.

Alves et al. 2012 encontraram em seu trabalho avaliando a composição centesimal das cultivares BRS 216, BRS 232 e BRS 257 os respectivos valores para teores de proteínas: 41,08, 40,99, 41,66. Valores próximos que coincidem ao encontrados no presente estudo. O estudo visou apenas comparar os valores entre os diferentes genótipos, sem aplicação de nenhum tratamento específico que pudesse contribuir com incrementos em qualquer fração da composição centesimal.

#### 6.1.4. Carotenoides

Na Tabela 6 estão apresentados os valores de betacaroteno e zeaxantina de cinco cultivares produzidos em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul.

Tabela 6: Conteúdos de Betacaroteno e Zeaxantina ( $\mu\text{g/g}$ )

Cultivares	Betacaroteno	Zeaxantina
Delta	8,06 $\pm$ 3,87*	8,90 $\pm$ 5,88*
BRS 216	2,54 $\pm$ 0,20*	2,80 $\pm$ 0,22*
BRS 232	3,31 $\pm$ 0,10*	3,65 $\pm$ 0,11*
BRS 257	7,52 $\pm$ 3,08*	8,31 $\pm$ 3,39*
BRS 525	3,38 $\pm$ 0,15*	3,73 $\pm$ 0,17*

Médias seguidas de \* não diferem entre si na mesma coluna.

A observação dos dados da Tabela 6 permite verificar que não há diferenças significativas entre os conteúdos de betacaroteno e zeaxantina entre os genótipos. Os carotenoides, de forma geral, são compostos naturais,

encontrados em frutas e vegetais, de folhas verdes, que apresentam benefícios para a saúde como a diminuição da incidência de doenças cardíacas, alguns tipos de câncer, dentre outros benefícios. Podem ser utilizados como suplementos, fortificação de alimentos, corantes em bebidas e aplicações farmacêuticas (EGGERSDORFER & WYSS, 2018).

O betacaroteno é um dos suplementos de vitamina A mais comum na dieta humana, estável e onipresente na natureza (LEERMAKERS et al., 2016). Desempenha papel essencial na prevenção de doenças crônicas e na proteção das células contra oxidantes e declínio de função relacionado à idade. Sua liberação é limitada nos tecidos vegetais e sua solubilidade é baixa e pode se degradar durante a digestão. Estudos demonstraram que sua absorção pelas células epiteliais intestinais depende da presença de lipídios específicos, como óleo de soja e de girassol, aumentando assim sua bioacessibilidade (YUAN et al., 2019).

A zeaxantina junto da luteína é considerada importante para a saúde ocular, uma vez que se acumulam na mácula humana, mais especificamente numa área da retina chamada de fóvea. A doença causada pelo declínio na concentração de zeaxantina e luteína está associada a degeneração macular relacionada a idade (DMRI) e é a principal causa de cegueira em idosos nos países desenvolvidos (CARPENTIER et al., 2009).

Diante do exposto, apesar de não obter diferenças significativas para os valores encontrados e de poucos estudos que demonstrem valores de carotenoides em grãos moídos de soja, os dados obtidos para a cultivar BMX Delta IPRO e BRS 257 corroboram com valores encontrados para milho doce amarelo biofortificado com zeaxantina, em torno de médias próximos a 7,51/8,0 ( $\mu\text{g/g}$ ) em estudos conduzidos por Brenes, Fanning e O'Hare, 2019.

Ziegler (2014) encontrou teores de 23  $\mu\text{g/g}$  de carotenoides totais em óleo em seus estudos ao longo do período de um ano em cultivares de soja armazenadas em diferentes condições de temperaturas e umidades. Ainda concluiu que os carotenoides apresentam instabilidade térmica e que a temperatura tem maior influência do que a umidade.

Glória et al. (1993) e Nonier et al. (2004) ao estudarem os efeitos da temperatura e da luz na degradação de carotenoides, concluíram que a velocidade de degradação é mais lenta em ausência de luz e temperatura

ambiente, mas que na medida que aumenta a temperatura, ocorre um aumento da velocidade de degradação, reduzindo o teor total de carotenoides totais.

### 6.1.5. Perfil colorimétrico

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados do perfil colorimétrico dos cinco genótipos.

O eixo a\* representa as cores de verde ao vermelho, sendo que quanto mais o valor for negativo (-a\*), mais próximo de verde e quanto mais positivo (+a\*) for o valor, mais próximo do vermelho. Já os valores expressos no eixo b\* representam as cores que variam de azul ao amarelo, sendo que quanto mais negativo o valor (-b\*), mais próximo de azul e quanto mais positivo (+b\*) for o valor, mais próximo do amarelo (FRANCO et al., 2018). As amostras não apresentaram diferença significativa tanto para grãos íntegros, como para os grãos moídos. As imagens estão apresentadas nas Figuras 4 e 5.

Ao contrário dos resultados obtidos nesse estudo, Alencar et al. (2009) obtiveram variação na coloração quando avaliaram seus experimentos que relacionava diferentes temperaturas e umidades no armazenamento de soja. A variação na coloração aumentava, conforme ocorria o aumento de umidade e temperatura, sendo a pior condição, com maior variabilidade de coloração, no armazenamento com 14,8% de umidade a 40°C.

Tabela 7: Perfil colorimétrico dos grãos íntegros e moídos.

		Delta	BRS 216	BRS 232	BRS 257	BRS 525
Grãos Íntegros	L	60,59 ± 3,04*	64,83 ± 3,05*	58,90 ± 2,94*	60,18 ± 2,52*	58,36 ± 4,15*
	a	2,75 ± 0,11*	2,89 ± 0,11*	3,45 ± 0,40*	2,89 ± 0,37*	3,65 ± 0,40*
	b	28,98 ± 0,93*	26,80 ± 0,95*	26,71 ± 1,13*	27,62 ± 0,59*	29,80 ± 1,78*
Grãos Moídos	L	77,65 ± 8,18*	78,99 ± 3,87*	83,15 ± 3,58*	80,93 ± 5,81*	82,29 ± 5,37*
	a	-0,98 ± 0,11*	-0,73 ± 0,21*	-0,91 ± 0,10*	-1,44 ± 0,11*	-1,18 ± 0,15*
	b	9,5 ± 1,60*	9,92 ± 1,29*	9,44 ± 0,31*	10,42 ± 0,72*	10,17 ± 0,89*

Médias seguidas de \* não diferem entre si na mesma linha.

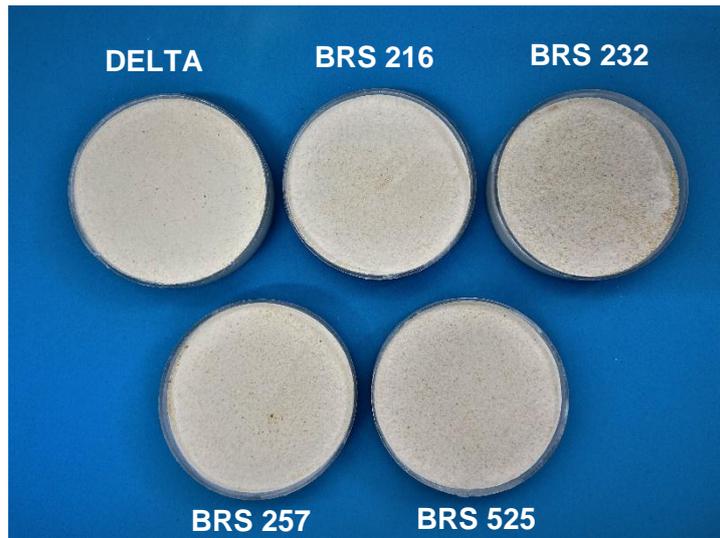


Figura 4: Grãos moídos dos genótipos de soja.

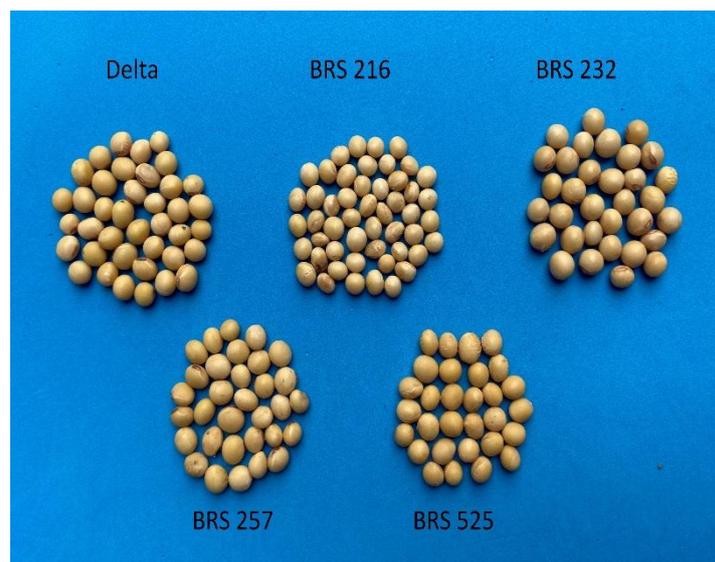


Figura 5: Grãos íntegros dos genótipos de soja.

**6.2. Estudo 2: Efeitos da época de adubação com enxofre elementar sobre parâmetros de avaliação de rendimento e de qualidade de grãos de soja**

### 6.2.1. Componentes de rendimento

Os resultados obtidos para os componentes de rendimento dos dois genótipos estão apresentados nas tabelas 8 e 9 respectivamente.

Tabela 8: Componentes de rendimentos da cultivar BMX Delta do estudo de utilização de enxofre.

Cultivar	Trat.	Nº legumes/planta	Nº grãos/legume	Peso de mil grãos (g)	Produtividade
BMX Delta	Controle	58,3 ± 0,3 c	2,4 ± 0,1*	166,5 ± 3,0*	91,6 ± 1,0 c
	30 dias	70,1 ± 0,1 a	2,4 ± 0,0*	167,7 ± 1,6*	113,4 ± 1,0 a
	Semeadura	68,3 ± 0,4 b	2,4 ± 0,1*	169,4 ± 6,4*	108,9 ± 0,3 b
Média geral		65,5	2,4	167,8	104,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 95%.

Médias seguidas de \* não diferem entre si na mesma coluna.

Dentre as variáveis avaliadas na Tabela 8 para a cultivar BMX Delta, foi possível constatar algumas diferenças significativas. O número de legumes/planta foi maior, quando a aplicação do enxofre ocorreu com 30 dias de antecedência, com valor médio de 70,1, seguido da aplicação no momento da semeadura, de 68,3. O menor valor ficou com o tratamento controle, onde não ocorreu a aplicação do mesmo. Para o número de grãos por legumes e peso de mil grãos, não houve diferença entre os tratamentos, tendo seus valores médios de 2,4 e 167,8 respectivamente. A produtividade maior foi no tratamento de aplicação com 30 dias de antecedência, de 113,4 kg.

Segundo Kappes et al. (2013), que avaliaram a influência de fontes de enxofre sobre a produtividade de soja e milho aplicadas no sulco e a lanço, não obtiveram incrementos em altura final de plantas e produtividade. Para o peso de mil grãos, a aplicação em gesso superficial proporcionou um incremento, que não diferiu estatisticamente da aplicação de SSP no sulco de semeadura, que pode estar associado a solubilidade desta fonte, visto que no estudo, foram utilizadas SSP (superfosfato simples), SST (superfosfato triplo), gesso e enxofre elementar.

Tabela 9: Componentes de rendimentos da cultivar Tec IRGA 6070 do estudo de utilização de enxofre.

Cultivar	Trat.	Nº legumes/ planta	Nº grãos/ legume	Peso de mil grãos (g)	Produtividade
Tec IRGA 6070	Controle	55,8 ± 9,5*	2,3 ± 0,1*	161,7 ± 5,7*	81,9 ± 19,1*
	30 dias	56,3 ± 2,5*	2,3 ± 0,1*	176,2 ± 9,8*	89,1 ± 3,5*
	Semeadura	59,8 ± 3,2*	2,3 ± 0,1*	176,0 ± 5,5*	94,9 ± 5,5*
Média geral		57,3	2,3	171,3	88,6

Médias seguidas de \* não diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Tukey a 95%.

Os resultados obtidos não diferiram entre si para nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 9) na cultivar Tec IRGA 6070. Esperava-se um aumento significativo entre os tratamentos com a utilização de enxofre. Segundo BURKITBAYEV et al. 2021, que avaliaram diferentes fontes de aplicação de enxofre, obtiveram valores de peso de mil grãos de 190,87g, para tratamento com solução de enxofre, e de 199,24 g, para tratamento com enxofre em pó. O enxofre elementar utilizado em nosso estudo apresenta forma lenticular, o que pode dificultar sua solubilidade e absorção no solo, visto que no estudo citado, a forma pastosa utilizada apresentou resultados bem abaixo, 136,00g, quando comparados com os tratamentos utilizados em solução e pó. A análise estrutural deixou evidenciada ainda que a forma pastosa do estimulante de crescimento contendo enxofre, devido a uma translocação reduzida, não permitindo a penetração nas sementes e interferindo negativamente desde o processo de germinação, leva a uma diminuição no rendimento.

O SSP apresenta uma rápida solubilidade e fornece 12% de S-SO<sub>4</sub> as plantas, permitindo uma rápida absorção. O enxofre elementar apresenta 90% de S em sua forma elementar, que precisa sofrer reações de oxidação no solo para tornar-se disponível as plantas (KAPPES et al., 2013). Segundo Horowitz & Meurer (2006), as plantas somente conseguem absorver o enxofre elementar

aplicado no solo depois de sua oxidação a sulfato, oxidação esta catalisada por enzimas produzidas principalmente por microrganismos no solo.

Em outro estudo, realizado por Broch et al (2006), que avaliaram a aplicação de diferentes fontes de enxofre na cultura da soja, concluíram que a maioria das fontes testadas foi eficiente, exceto para enxofre elementar.

Diferindo dos nossos resultados, a utilização de Enxofre e Gesso na cultura do arroz, aumentou significativamente a produtividade em 24,6% e simultaneamente, diminuiu em 60,7%, as concentrações de Cádmio (metal pesado), reduzindo a transferência das raízes para a parte aérea, conseqüentemente, reduzindo as concentrações nos grãos. A aplicação de enxofre em solos de arroz na forma e concentração adequadas pode ser uma abordagem eficaz para garantir uma produção de arroz segura e sustentável (ZHANG et al., 2019).

### 6.2.2. Composição centesimal

Os resultados para a composição centesimal dos dois cultivares, em função do momento da adubação estão apresentados nas Tabelas 9 e 10 respectivamente.

Tabela 10: Composição centesimal da cultivar BMX Delta do estudo de utilização de enxofre.

Cultivar	Tratamentos	Proteínas	Lipídios	Cinzas	Umidade
BMX	Controle	36,55 ± 0,08*	23,17 ± 0,16*	5,25 ± 0,18 a	12,31 ± 0,02 a
	30 dias	38,21 ± 0,36*	22,79 ± 0,85*	4,32 ± 0,04 b	11,94 ± 0,03 c
Delta	Semeadura	38,54 ± 0,11*	22,44 ± 0,32*	5,53 ± 0,09 a	12,06 ± 0,0 b

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 11: Composição centesimal da cultivar Tec IRGA 6070 do estudo de utilização de enxofre.

Cultivar	Tratamentos	Proteínas	Lipídios	Cinzas	Umidade
Tec IRGA 6070	Controle	37,38 ± 2,47*	22,70 ± 0,06*	5,34 ± 0,0 a	11,82 ± 0,0 b
	30 dias	36,31 ± 0,30*	23,07 ± 0,19*	4,49 ± 0,01 c	12,51 ± 0,10 a
	Semeadura	38,32 ± 0,15*	22,89 ± 0,04*	4,71 ± 0,01 b	12,41 ± 0,02 a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Diante dos resultados, podemos verificar que os teores de proteínas não tiveram diferenças entre si em ambas cultivares. Segundo BURKITBAYEV et al. (2021), que avaliaram diferentes fontes de aplicação de enxofre, mostraram que o teor de proteína bruta aumenta em variantes com agroquímicos contendo enxofre em comparação com o controle.

A síntese de proteínas pode ser reduzida através da falta de enxofre, assim como a ausência de nitrogênio, ambas apresentando os mesmos sinais de deficiência, o que pode dificultar a identificação de qual nutriente a planta está necessitando (BURKITBAYEV et al., 2021). A dose que foi utilizada no estudo, 100g por parcela (padrão recomendado de 70 Kg/ha), pode ter sido baixa, justificando as diferenças não encontradas no estudo.

O enxofre na sua fórmula de sulfato  $SO_4$  é passível de lixiviação do solo, sendo que o pH, o teor de matéria orgânica e a presença de outros ânions exercem grande influência na adsorção de sulfato (SOUZA, 2007). Como no estudo utilizamos o enxofre na forma elementar, que necessita ser oxidado a  $SO_4$  para que sua absorção ocorra, acredito que podemos descartar a hipótese de que o fertilizante tenha sido lixiviado do solo, visto que a forma empregada apresenta maior dificuldade de lixiviação.

Relatos da Associação dos Produtores de Soja (APROSOJA, 2018) acerca do uso de enxofre elementar, observou-se uma maior disponibilidade de enxofre as plantas quando o mesmo foi utilizado já na forma com predominância ou totalidade de S-sulfato. Para conclusões mais satisfatórias, é indispensável o conhecimento das condições do solo e o histórico de uso da área, visto que em áreas arenosas e pobres em matéria orgânica é necessário o uso de doses maiores de enxofre elementar para fornecer as mesmas condições de desenvolvimento das plantas que outras fontes parciais ou totais na forma de

sulfato. Nesse sentido, pode ter sido mais um ponto que tenha influenciado nos resultados obtidos, a menor disponibilidade do enxofre elementar aliado a uma dose baixa, baseado na recomendação de fontes já em sua forma de S-sulfato. A área utilizada para o estudo estava em pousio anteriormente a implementação do experimento.

Para o trigo, o enxofre é um fator limitante não somente para o crescimento e a produção de sementes, mas também para a baixa qualidade do produto e baixo teor de proteína (SINGH, 2003).

Para o conteúdo de lipídios, nota-se que nenhuma diferença foi encontrada entre os diferentes tratamentos em ambas cultivares e verificou-se valores dentro dos esperados para a cultura da soja de 18 a 23% (BURKITBAYEV et al., 2021).

Para o conteúdo de cinzas, que apresentou diferenças entre os tratamentos, não foram encontrados dados na literatura que possam inferir sobre essa possível variação. Na cultivar BMX Delta, não houve diferença entre o tratamento controle e a aplicação no momento da semeadura. Na cultivar Tec IRGA 6070, o maior valor foi para o tratamento controle, de 5,34%, que não recebeu dose de enxofre.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos até então estão restritos a um ano agrícola, em duas cultivares e uma única condição de solo, havendo necessidade de extensão do trabalho para conclusões mais concisas e assertivas.

### **6.2.3. Perfil Colorimétrico**

Na Tabela 12 e 13 estão apresentados os valores médios encontrados para L, a e b em grãos íntegros e moídos das cultivares BMX Delta e Tec IRGA 6070.

Tabela 12: Perfil colorimétrico dos grãos íntegros e moídos da cultivar BMX Delta provenientes do estudo com enxofre.

		BMX Delta		
	Trat	Controle	30 Dias	Semeadura
Grãos Íntegros	L	61,75 ± 2,08*	58,58 ± 0,24*	63,40 ± 2,62*
	a	3,05 ± 0,08*	3,49 ± 0,32*	3,20 ± 0,30*
	b	28,05 ± 0,41*	26,92 ± 0,06*	28,23 ± 2,89*
Grãos Moídos	L	82,11 ± 2,28*	86,72 ± 1,25*	78,86 ± 7,69*
	a	-1,10 ± 0,13*	-1,14 ± 0,04*	-0,97 ± 0,04*
	b	10,20 ± 0,62*	10,34 ± 0,05*	10,45 ± 0,88*

Médias seguidas de \* não apresentaram diferenças significativas na mesma linha.

Tabela 13: Perfil colorimétrico dos grãos íntegros e moídos da cultivar Tec IRGA 6070 provenientes do estudo com enxofre.

		Tec IRGA 6070		
	Trat.	Controle	30 Dias	Semeadura
Grãos Íntegros	L	59,27 ± 1,46*	60,50 ± 2,45*	62,40 ± 0,21*
	a	2,75 ± 0,32*	2,94 ± 0,35*	2,80 ± 0,60*
	b	26,44 ± 0,53*	26,38 ± 0,85*	27,76 ± 0,01*
Grãos Moídos	L	79,35 ± 7,93*	76,20 ± 2,42*	82,11 ± 0,38*
	a	-0,91 ± 0,01*	-1,09 ± 0,01*	-1,10 ± 0,03*
	b	8,42 ± 0,86*	8,45 ± 0,46*	10,52 ± 1,15*

Médias seguidas de \* não apresentaram diferenças significativas na mesma linha.

Conforme no estudo anterior, o perfil colorimétrico não apresentou diferenças estatísticas entre si (Figuras 6 e 7). A variação na coloração dos grãos íntegros ou moídos, de uma maneira geral, ocorre quando há degradação de compostos que conferem cor, como carotenoides, por exemplo. Quando ocorre situações de armazenamento em condições mais extremas de temperatura e umidade, permitindo a reprodução de fungos e/ou outros microrganismos, é possível verificar um escurecimento entre as matrizes, que permite interferir nessa análise, o que não foi o caso do presente estudo (ZIEGLER et al., 2018).

Hou e Chang (2004) verificaram variação na coloração dos grãos, através do escurecimento, no armazenamento em condições elevadas de umidade relativa do ar e temperatura.

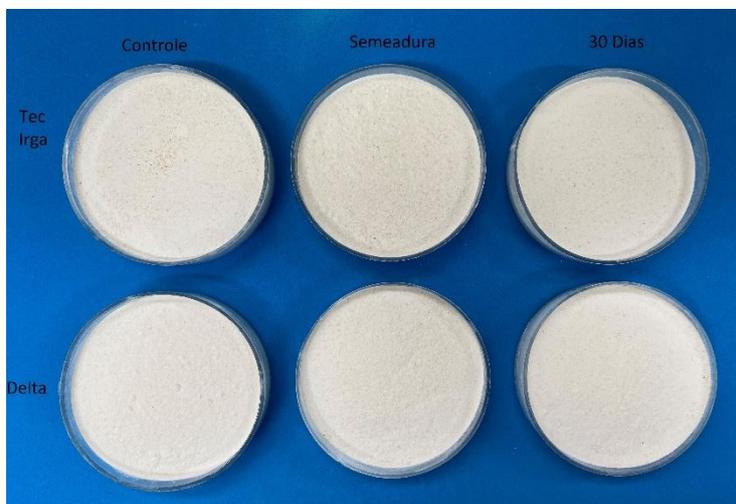


Figura 6: Grãos moídos provenientes do experimento com enxofre.



Figura 7: Grãos íntegros provenientes do experimento com enxofre.

#### **6.2.4. Aminoácidos solúveis totais em farinha**

Os resultados encontrados para o conteúdo de aminoácidos estão apresentados nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14: Aminoácidos totais solúveis na cultivar BMX Delta

Cultivar	Tratamentos	AAS Solúveis Totais $\mu\text{mol/g}$
BMX Delta	Controle	32,51 $\pm$ 1,29 a
	30 Dias	30,89 $\pm$ 0,29 a
	Semeadura	27,92 $\pm$ 2,03 a

\*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 95%.

Tabela 15: Aminoácidos totais solúveis na cultivar Tec IRGA 6070

Cultivar	Tratamentos	AAS Solúveis Totais $\mu\text{mol/g}$
Tec IRGA 6070	Controle	35,83 $\pm$ 1,07 a
	30 Dias	30,85 $\pm$ 0,18 b
	Semeadura	31,89 $\pm$ 0,31 b

\*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 95%.

Os dados expressos na Tabela 14 demonstram nenhuma diferença significativa encontrada para a cultivar BMX Delta entre os tratamentos. Para a cultivar Tec IRGA 6070 é possível notar um comportamento diferente (Tabela 15) onde o maior valor encontrado é no tratamento controle, com 35,83  $\mu\text{mol/g}$ . No tratamento de aplicação de enxofre 30 dias antes do momento da semeadura e aplicação na semeadura, não diferiram entre si.

A metodologia escolhida para a avaliação dos aminoácidos solúveis totais em farinha é a mesma utilizada para a quantificação em folhas e raízes. O mais utilizado e recomendado para quantificação de aminoácidos é o método por HPLC (High performance liquid chromatography) que quantifica as frações individuais presentes na amostra. Por hora, utilizamos o método empregado buscando de inferir sobre os conteúdos totais e se os tratamentos teriam alguma influência sobre variações nos níveis de concentrações de aminoácidos já foram relatadas em alguns estudos e podem ser influenciadas por fatores ambientais, fontes de nitrogênio e disponibilidade de formas reduzidas de enxofre (KRISHNAN, JEZ, 2018).

Do ponto de vista da produção animal, o conteúdo de aminoácidos contendo enxofre (metionina e cisteína) são importantes e limitantes nutricionais, visto que mamíferos não produzem esses aminoácidos, necessitando de sua suplementação. Maioria das rações animais contém farelo de soja, devido seu alto teor de proteína, pronta disponibilidade, custo relativamente baixo e perfil de aminoácidos (KRISHNAN, JEZ, 2018). As concentrações se alteram em consequência das condições de armazenamento (FERREIRA et al., 2019)

No âmbito da alimentação humana, estudos demonstraram que os aminoácidos oriundos do enxofre podem desempenhar um papel importante na prevenção do câncer, no regulamento adequado do sistema imunológico e na prevenção do desenvolvimento de doenças cardiovasculares (JEZ, FUKAGAWA 2008).

Em uma dieta humana, a necessidade de aminoácidos sulfurados varia entre 6 e 13 mg por kg de peso corporal e a sua deficiência pode retardar o desenvolvimento mental e físico em crianças (KRISHNAN & JEZ, 2018). Nesse sentido fica clara a importância desses aminoácidos para a nutrição humana e animal.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES**

No Estudo 1, apesar de as cultivares BRS 216, BRS 232, BRS 257 e BRS 525 não apresentarem recomendações para o cultivo na metade sul do Rio Grande do Sul, todas alcançaram bom desempenho, demonstrando potencial para cultivo na região, sendo os parâmetros da composição centesimal condizentes com os dados encontrados nas literaturas.

No Estudo 2, os tratamentos não apresentaram os resultados esperados, sendo que a aplicação com trinta dias de antecedência não diferiu em desempenho com o tratamento controle.

Para a quantificação dos carotenoides, provavelmente a análise feita no óleo ao invés dos grãos moídos possibilite a obtenção de dados mais consistentes, assim como para a avaliação de aminoácidos provavelmente análises nas folhas e/ou nas raízes possibilitem a obtenção de resultados mais consistentes ou a utilização da análise por HPLC, ficando como sugestão para próximos trabalhos.

Os resultados da aplicação de enxofre indicam boas perspectivas segundo diversos estudos encontrados na literatura, havendo necessidade de estudos em mais safras, com testes incluindo doses e época de aplicação, enquanto os perfis colorimétricos não demonstraram ser afetados pelos manejos de produção testados.

Em função das restrições operacionais resultantes das medidas sanitárias decorrentes da Pandemia pela Covid-19 não foi possível concluir as análises de aminoácidos e a avaliação de carotenoides, obrigando alterações na metodologia analítica.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F.P.; OLIVEIRA, M.A.; MANDARINO, J.M.G.; LEITE, R.S.; SEIBEL, N.F. **Composição centesimal, teor de isoflavonas e inibidor de tripsina em cultivares de soja especiais para alimentação humana.** VI Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá - MT, 2012.

ALENCAR, E.R.; FONI, L.R.D.; FILHO, A.F.L.; PETERNELLI, L.A.; COSTA, A.R. **Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, p.606-613, 2009.

APROSOJA. **Enxofre elementar.** Relatório técnico da Fundação de Apoio à pesquisa agropecuária de Mato Grosso. 2018. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/RF-Enxofre-elementar.pdf>. Acesso em 09 de ago. 2021.

**ATLAS Socioeconômico Rio Grande do Sul.** Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/soja>. Acesso em: 05 de agosto 2021.

BURKITBAYEV, M. BACHILOVA, N. KURMANBAYEVA, M. TOLENOVA, K. YEREZHEPOVA, N. ZHUMAGUL, M. MAMUROVA, A. TURYSBEK, B. DEMEU, G. **Effect of sulfur-containing agrochemicals on growth, yield, and protein content of soybeans (*Glycine max (L.) Merr*).** Saudi Journal of Biological Sciences Volume 28, Ed. 1, janeiro (2021), pag. 891-900.

BRENES, P.C. FANNING, K. O'HARE, T. Does kernel position on the cob affect zeaxanthin, lutein and total carotenoid contents or quality parameters, in zeaxanthin-biofortified sweet-corn. Food Chemistry, v.277, pág. 490-495, 2019.

BROCH, D.L.; PAVINATO, P.S.; POSSENTTI, J.C. et al. **Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre.** Revista Ciência Agronômica, 42:791-796, 2011.

CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção.** Piracicaba: O Autor, 1998. 293 p. Soja: tecnologia da produção II. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2000. 450 p.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; BERTAGNOLLI, P.F.; MOREIRA, J.U.V.; DA COSTA, L.C.; CARAFFA, M.; COSTAMILAN, L.M.; STRIEDER, M.L. **Melhoramento de soja para alimentação humana na Embrapa Trigo - safra agrícola 2015/2016.** In: COSTAMILAN, L.M.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. (Ed.). Soja: resultados de pesquisa 2015/2016. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. p. 25-30. (Documentos 161). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147718/1/ID43759-2016DO161p25.pdf>>. Acesso em: 30 de jun. 2020.

CARPENTIER, M. KNAUS, M. **Associações entre luteína, zeaxantina e degeneração macular relacionada à idade: uma visão geral.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 49 (4) (2009) , pp. 313 – 326.

CID, L.P.B.; TEIXEIRA, J.B. **Fisiologia vegetal – definições e conceitos.** Embrapa recursos genéticos e biotecnologia. Brasília, 2017.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, v. 4, Safra 2020/21, n. 10. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 01 de agosto de 2021.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Cultivares de soja: Centro-sul do Brasil: macrorregiões 1, 2, 3 e REC 401.** Catálogo 04/19. outubro 2019. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126750>. Acesso em 10 de ago. 2021.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Complexo Soja – Caracterização e Desafios tecnológicos.** Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 09 de agosto de 2021.

EGGERSDORFER, M.; WYSS, A. **Carotenóides na nutrição e saúde humana.** Archives of Biochemistry and Biophysics, 652 (2018) , pp. 18 de - 26 de , junho de 2018.

FERREIRA, C.D.; ZIEGLER, V.; GOEBEL, J.T.S.; HOFFMANN, J.F.; CARVALHO, I.R.; CHAVES, F.C.; OLIVEIRA, M. **Changes in phenolic acids**

**and isoflavone contents during soybean drying and storage.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 1, p. 1, 2019.

GOLOV, V.I. **Antagonismo do enxofre e molibdênio em plantas de soja e a possibilidade de seu uso combinado como fertilizantes.** Oilseeds , 2 ( 151-152 ) ( 2012 ) , pp. 132 – 137.

GLORIA, M.B.A.; GRULKE, E.A.; GRAY, J.I. **Effect of type of oxidation on b-carotene loss and volatile products formation in model systems.** Food Chemistry. v.46, n.4, p.401-406, 1993.

HOU, H.J.; CHANG, K.C. **Storage affects color and chemical composition and tofu making quality.** Journal of Food Processing and Preservation. v.28, p.473-88, 2004.

HOROWITZ, N. & MEURER, E.J. **Oxidação do enxofre elementar em solos tropicais.** Ciência Rural, 36:822-828, 2006.

JUNIOR, H.M.N. COSTA, J.A. **Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, mar 2002.

JEZ, J.M. FUKAGAWA, N.K. **Compostos de enxofre de plantas e saúde humana.** JM Jez (Ed.), Enxofre: A Missing Link Entre Solos, Culturas e Nutrição ASA-CSSA-SSSA Publishing , Madison ( 2008 ) , pp. 281 – 292.

KAPPES, C. ZANCANARO, L. JESUS, F.V. FRANCISCO, E.A.B. **Fornecimento de Enxofre no Sistema de Cultivo Soja-Milho.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis, 2013.

KAISER, D.E. KIM, K. **Resposta da soja ao fertilizante de enxofre aplicado como uma transmissão ou starter usando testes de tira replicados.** Agron. J.,105 (2013), pp. 1189 – 1198.

KRISHNAN, H.B.; JEZ, J.M. **Review: The promise and limits for enhancing sulfur-containing amino acid content of soybean seed.** Plant Science Volume 272, July 2018, Pages 14-21.

KUMAR, V.; RANI, A.; DIXIT, A. K.; PRATAP, D.; BHATNAGAR, D. **A comparative assessment of total phenolic content, ferric reducing-antioxidative power, free radical-scavenging activity, vitamin C and isoflavones content in soybean with varying seed coat colour.** Food Research International. n.43, p.323-328, 2010.

LEERMAKERS, E.T. DARWEESH, S.K. BAENA, C.P., MOREIRA, E.M. TIELEMANS, M.J. **Os efeitos da luteína na saúde cardiometabólica ao longo da vida: uma revisão sistemática e meta-análise.** American Journal of Clinical Nutrition , 103 (2) (2016) , pp. 481 – 494.

LINDEMANN, I.S. **Qualidade de diferentes genótipos de soja em função da dessecação com glufosinato de amônio em pré-colheita e do armazenamento.** Tese de doutorado. 2021. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas. 99 f. Pelotas, 2021.

LOPES, J.A.M.; PELÚZIO, J.M.; MARTINS, G.S. **Teor de proteína e óleo em grãos de soja, em diferentes épocas de plantio para fins industriais.** Tecnologia. & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 10, n. 3, p. 49-53, maio. 2016.

LIU, C.; WANG, X.; MA, H.; ZHANG, Z.; GAO, W.; XIAO, L. **Functional properties of protein isolates from soybeans stored under various conditions.** Food chemistry. v.111, p.29-37, 2008.

LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization.** New York, Chapman 7. Hall, 1997.

MERCEDES, C.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; PÍPOLO, A.E.; **Cultivares de sojas especiais para a alimentação humana.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52 (2004), pp. 3792 – 3800 Londrina, PR: Embrapa Soja, 2007.

NONIER, M.; GAULEJAC, N.V.; VIVAS, N.; VITRY, C.; **Comptes Rendus Chimie**, v.7, p.697, 2004.

OOMAH, B.D.; CORBÉ, A.; BALASUBRAMANIAN, P. **Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls.** Journal of Agriculture and Food Chemistry. v.58, p.8225-8230, 2010.

PETER, M.; HAKAN, W. **Adduct formation, mutagenesis and nucleotide excision repair of DNA damage produced by reactive oxygen species and lipid peroxidation product.** Mutation Research, v. 410, p. 271-290, 1998.

PRATES, H. S.; LAVRES JÚNIOR, J.; MORAES, M. F. **O enxofre como nutriente e agente contra pragas e doenças.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 115, p. 8-9, 2006.

REIS, A. F. B. ROSSO, L. H. M. DAVIDSON, D. KOVÁCS, P. PURCELL, L. C. ABAIXO, F. E. CASTEEL, S. N. KNOTT, C. KANDEL, H. NAEVE, S. L. CARCIOCHI, W. ROSS, W.J. FAVORETTO, V. R. ARCHONTOULIS, S. CIAMPITTI, I. A. **Sulfur fertilization in soybean: A meta-analysis on yield and seed composition.** European Journal of Agronomy Volume 127, July 2021.

SANTOS, H.M.C.; OLIVEIRA, M.A.; OLIVEIRA, A.F.; OLIVEIRA, G.B.A.; **Composição centesimal das cultivares de soja BRS 232, BRS 257 e BRS 258 cultivadas em sistema orgânico.** Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos, Campo Mourão (PR), v.1, n.2, p.117-119, jul./dez., 2010.

SANTOS, H.M.C.; OLIVEIRA, M.A.; OLIVEIRA, A.F.; MANDARINO, J.M.G.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; LEITE, R.S.; OLIVEIRA, G.B.A.; MOREIRA, A.A.; SILVA, C.E. **Desenvolvimento e caracterização físico-química de biscoitos com farinha de soja orgânica de cultivares especiais para a alimentação humana.** In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 5., 2010, Londrina. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 79-82.

SINGH, B. R. **Enxofre e Qualidade de Culturas - Estratégias Agronômicas para Melhoramento de Culturas.** Resumos de COST Action 829 Meetings, Braunschweig, Germany, maio de 2003, 35-36.

SOUSA, D. M. G. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2007. 227 p.

**USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE**. Production, supply and distribution online – Foreign Agricultural Service. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>. Acesso em: jun. 2020.

YUAN, X. XIAO, J. LIU, X. MCCLEMENTS, D.J. CAO, Y. XIAO, H. **O comportamento gastrointestinal de emulsificantes usados para formular emulsões de excipientes impactam a bioacessibilidade do beta-caroteno do espinafre**. Food Chemistry, 278 (2019), pp. 811 – 819.

YEMM, E.M.; COCKING, E.C. **Estimation of amino acids by ninhidrin**. Analyst, v. 80, p. 209-213, 1955.

XIAN, M. MESSICK, D.L. **Corrigindo a deficiência de enxofre para maior produtividade e eficiência de fertilizantes**. Encruzilhada IFA, Ásia-Pacífico (2007), pp. 17 – 19.

ZHANG, D. DU, G. CHEN, D. SHI, G. RAO, W. LI, X. JIANG, Y. LIU, S. WANG, D. **Effect of elemental sulfur and gypsum application on the bioavailability and redistribution of cadmium during rice growth**. Science of the Total Environment. Volume 657, 20 de março de 2019, páginas 1460-1467.

ZIEGLER, V.; FERREIRA, C.D.; HOFFMANN, J.F.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. **Effects of moisture and temperature during grain storage on the functional properties and isoflavone profile of soy protein concentrate**. Food Chemistry, v. 242, p. 37-44, 2018.