

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Thiago Della Nina Idalgo

**QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO E PARÂMETROS DE
PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL**

Santa Maria, RS

2019

Thiago Della Nina Idalgo

**QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO E PARÂMETROS DE PRODUÇÃO
DE SOJA EM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, da Universidade Federal de
Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do título de **Doutor em
Agronomia**

Orientador: Prof. Dr. Sandro Luis Petter Medeiros

Santa Maria, RS

2019

Ficha catalográfica

Della Nina Idalgo, Thiago
QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO E PARÂMETROS DE
PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL /
Thiago Della Nina Idalgo.- 2019.
78 p.; 30 cm

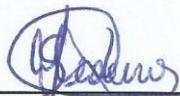
Orientador: Sandro Luis Petter Medeiros
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2019

1. Cultivo Orgânico 2. Soja 3. Qualidade de grãos I.
Petter Medeiros, Sandro Luis II. Título.

**QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO E PARÂMETROS DE
PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Agronomia**.

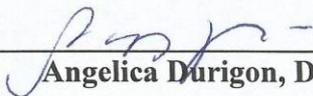
Aprovado em 27 de setembro de 2019:



Sandro Luis Petter Medeiros, Dr.
(Presidente/Orientador)



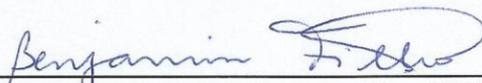
Juçara Terezinha Paranhos, Dra. (UFSM)



Angelica Durigon, Dra. (UFSM)



Andriéli Hedlund Bandeira, Dra. (IFFar)



Benjamin Dias Osório Filho, Dr. (UERGS)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a UFSM e ao PPG Agronomia por toda a estrutura de qualidade e pela oportunidade de desenvolver o trabalho em agricultura orgânica. À Capes pela concessão de bolsa nos primeiros dois anos do curso. Ao professor Sandro Medeiros pela oportunidade e confiança, e por ter fornecido todo o suporte. A todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia, liderados pelo Sr. João Colpo, por auxiliarem no preparo da área experimental e por auxiliarem na colheita nos dois anos. Aos professores Tatiana Emanuele, Renato Zanella e Osmar Preste pelo auxílio nas análises químicas de composição e resíduos nos grãos. Ao professor Alessandro Dal Col pelo auxílio na análise estatística e organização.

Um agradecimento especial à Luciane Ayres Peres por ter me incentivado e encorajado para a seleção, início, execução e finalização de todo o doutoramento. Por ser, além disso, companheira, amiga e esposa, tornando a jornada mais agradável sempre. E ao terceiro membro da família e companheiro Derfel, por existir.

Agradeço ao meu cunhado Cláudio Ayres Peres por ser amigo e bolsista em momento loxoscélico, semeando e retirando amostras de raízes. Da mesma forma ao também cunhado e amigo Leandro Ayres Peres por auxiliar do semear ao carpir. À concunhada Glaucia Cogo por ajudar na semeadura para que tudo fosse feito no prazo. À sobrinha Ísis por ajudar irrigando até que houvesse germinação suficiente, coletando e animando o trabalho de campo. Aos amigos e padrinhos Leandro e Renato por serem parceiros de toda a hora.

Aos meus pais Maria Jusara e Durval por, mesmo de longe, me apoiar e incentivar a seguir estudando. Aos meus segundos pais Sra. Marley e Sr. Alberto, por serem mais do que sogra e sogro e me cuidarem e auxiliarem em tudo.

Ao Instituto Federal Farroupilha por possibilitar a continuidade da pesquisa enquanto trabalhava. Às alunas Glaucia Brisotto, Tamires Conti, Tatiana Sabadi e Jenifer Klusener, da Licenciatura em Ciências Biológicas do IFFar SVS, por auxiliar nas análises de amostras de raízes, grãos e artrópodes.

RESUMO

QUALIDADE NUTRICIONAL DO GRÃO E PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL

AUTOR: Thiago Della Nina Idalgo

ORIENTADOR: Sandro Luis Petter Medeiros

A soja (*Glycine max* L.) é um importante alimento, fonte de proteína e ácidos graxos, tanto na alimentação humana quanto como componente de ração para animais. O interesse crescente por alimentos produzidos de forma sustentável impulsionou o cultivo orgânico de diversos produtos, incluindo a soja para alimentação humana e como alternativa para a produção de proteína animal, tidos como mais saudáveis. Contudo pouco se conhece de fato como o sistema de cultivo melhora a qualidade do produto final, e para o caso da soja, como afeta aspectos relativos à nodulação e fixação biológica de nitrogênio. Para tanto, o presente estudo visou avaliar o efeito do sistema de cultivo orgânico na nodulação e na qualidade de grãos de soja. O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) nos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18. O delineamento experimental foi em fatorial 2 x 2 com parcela subdividida no espaço em blocos ao acaso com quatro repetições. Os dois sistemas de cultivo foram separados por um intervalo de oito metros sem cultivo, em que foi permitido o desenvolvimento de plantas espontâneas. No estádio R4 foram avaliados o número de nódulos por planta, o diâmetro de nódulos, a massa seca de nódulo, a atividade dos nódulos e a condição nutricional das plantas. No momento da colheita foram verificados a produtividade de grãos e amostras dos grãos foram tomadas para análise de resíduos de agrotóxicos, teores de macro e micronutrientes, teor de proteína e óleo e o perfil de ácidos graxos. O número de nódulos não foi afetado pelo sistema de cultivo orgânico ou convencional. O diâmetro dos nódulos e o percentual de nódulos ativos foram menores no sistema orgânico em comparação ao sistema convencional. Há correlação positiva entre o número de nódulos e o teor de nitrogênio nas folhas. A produtividade é similar entre os sistemas de cultivo orgânico e convencional. Não foi verificado efeito do sistema de cultivo no teor de macronutrientes, nem o conteúdo de proteína nos grãos de soja. O teor de óleo nos grãos foi menor no sistema orgânico no primeiro ano de experimento. O perfil de ácidos graxos foi modificado pelo sistema de cultivo empregado na cultura da soja.

Palavras-chaves: *Glycine max*. Fixação Biológica de Nitrogênio. Sistema de Cultivo.

ABSTRACT

NUTRITIONAL QUALITY OF THE GRAIN AND PARAMETERS OF PRODUCTION OF SOYBEAN UNDER ORGANIC AND CONVENTIONAL SYSTEM

AUTHOR: Thiago Della Nina Idalgo

ADVISOR: Sandro Luis Petter Medeiros

Soybean (*Glycine max* L.) is an important source of protein and fatty acids, to human food as well as an animal feed component. Growing interest in sustainably produced food has boosted the organic cultivation of a variety of products, considered healthier, including soybean for human consumption and as to alternative to producing animal protein. However, little is known about how the cultivation system improves the quality of the final product, and in soybean case, how it affects aspects related to nodulation and biological nitrogen fixation. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of organic cultivation system on nodulation and quality of soybean grains. The field experiment was carried out in the experimental area of the Departamento de Fitotecnia of Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) in the agricultural years 2016/17 and 2017/18. The experimental design was in a factorial 2 x 2 with subplot in randomized blocks with four replications. The two systems were separated by an eight-meters interval without cultivation, in which the development of spontaneous plants was allowed. At stage R4 the number of nodules per plant, nodules diameter, nodule dry mass, nodule activity and plant nutritional status were evaluated. At harvest, grain yield was verified and samples were taken for analysis of pesticide residues, macro and micronutrient, protein and oil contents and fatty acid profile. The number of nodules was not affected by the organic or conventional system. Node diameter and percentage of active nodules were smaller in the organic system compared to the conventional one. There is a positive correlation between number of nodules and leaf nitrogen content. Yield is similar between organic and conventional cropping systems. There was no effect of the cropping system on the macronutrient content or protein content in soybeans. Oil content in grains was lower in the organic system in the first year of experiment. The fatty acid profile was modified by the cultivation system employed in soybean.

Palavras-chaves: *Glycine max*. Biological nitrogen fixation. Cultivation system.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS.....	9
1.1.1	Objetivo Geral	9
1.1.2	Objetivos Específicos	9
1.2	JUSTIFICATIVA.....	9
1.3	HIPÓTESES.....	10
1.4	REVISÃO DE LITERATURA	11
1.4.1	Importância da cultura	11
1.4.2	Fixação biológica de nitrogênio	12
1.4.3	Utilização de adubos orgânicos	14
1.4.4	Qualidade de grãos de soja	15
1.4.5	Orgânicos (leis e mercado)	17
1.4.6	Soja orgânica	18
2	ARTIGO 1	19
	NODULAÇÃO EM RAÍZES DE SOJA E PRODUTIVIDADE EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO	19
3	ARTIGO 2	40
	SUPERIOR OU EQUIVALENTE? QUALIDADE NUTRICIONAL DE GRÃOS DE SOJA PRODUZIDOS EM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL	40
4	DISCUSSÃO GERAL	65
5	CONCLUSÕES GERAIS	68
	ANEXO	69
	REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja tem destacada importância na economia brasileira tanto pela área plantada quanto pelo volume produzido (IBGE, 2017). Tem como característica chave a capacidade de formar associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio pertencentes ao grupo *Rhizobium* (NEVES; RUMJANEK, 1992). Essa característica permitiu o cultivo da soja em diversas regiões do mundo reduzindo o custo com adubação nitrogenada (REETZ; SANTOS; CORRÊA, 2008). Contudo, há efeitos nocivos de agrotóxicos, amplamente empregados na agricultura nacional, na nodulação em soja (BÖHM; ROMBALDI, 2010).

Devido ao crescimento da demanda pela soja e seus produtos, existe uma necessidade distinta entre o aumento da produção e a melhora na qualidade do grão, sendo este último quesito o de maior interesse (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016). A qualidade dos grãos é afetada por práticas de manejo como adubação e aplicação de agrotóxicos (BØHN et al., 2014). Também existe diferença entre o teor de proteína e óleo entre genótipos de soja (SANTOS et al., 2014). O sistema de cultivo de soja predominante no Brasil é o convencional do ponto de vista da utilização de insumos como adubos e agrotóxicos químicos artificiais.

Vem ocorrendo um aumento significativo no consumo mundial e brasileiro de produtos orgânicos (WÜRRIEHAUSENA; IHLEB; LAKNERA, 2015). Segundo resultados preliminares do Censo Agropecuário de 2017 dos 5.072.152 estabelecimentos rurais do Brasil 590.739 destes (12%) utilizam adubação orgânica em suas lavouras (IBGE, 2017). No Programa Nacional de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar (PAA), que realiza compra direta de produtos agrícolas dos produtores familiares, aqueles alimentos produzidos em sistemas orgânicos recebem remuneração até 30% maior (CONAB, 2017). O crescimento do mercado de orgânicos é estimado em 25 % ao ano desde 2015, e em 2018 a venda de produtos orgânicos movimentou R\$ 4 bilhões (BOSA, 2018).

Diversos estudos visando o manejo de pragas (ZEHNDER et al., 2006), plantas daninhas (BRIGHENTI; BRIGHENTI, 2009) e de fertilidade (ANGLE; MADARIAGA; HEGER, 1992) foram desenvolvidos com o intuito de buscar formas de reduzir o custo de produção, e, permitir cultivo orgânico para atender a demanda crescente de mercado (McBRIDE; GREENE, 2008).

A produção de orgânicos visa à eliminação do uso de materiais sintéticos, e de organismos geneticamente modificados, de acordo com a legislação (Lei 10.831, 23 de dezembro de 2003), buscando o emprego de preceitos de base agroecológica, no intuito de maximizar o fluxo de nutrientes e reduzir os custos operacionais (SOUZA, 2015). A produção

brasileira de soja orgânica em 2018 foi de aproximadamente 15 mil Mg, com valor até 30% maior em relação à convencional (MARTINS, 2018).

A melhor fonte de nutrientes via adubação orgânica para a produção de soja ainda não é consenso e carece de informações que garantam que todos os benefícios potenciais da cultura estejam presentes na produção orgânica. Várias alternativas como lodo de esgoto. (ALMEIDA, 2010), cama aviária (CARVALHO et al., 2011), e esterco bovino. (PENHA; KHATOUNIAN; FONSECA, 2012) foram testadas e apresentaram resultados satisfatórios quanto a manutenção da produtividade e da capacidade de fixação biológica de nitrogênio quando comparados à adubação química.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do sistema de cultivo orgânico na nodulação e na qualidade de grãos de soja.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar a influência do sistema de cultivo na nodulação e condição nutricional na parte aérea em cultivar convencional e geneticamente modificada (RR) de soja;
- Verificar a presença de resíduos de agrotóxicos em grãos de soja convencional e RR produzidos em sistema convencional;
- Quantificar os teores de proteína, óleos e minerais em grãos de duas cultivares de soja em manejo convencional e orgânico.

1.2 JUSTIFICATIVA

A importância da cultura da soja no mercado brasileiro se dá tanto pelo volume de exportações quanto para produção de óleo e matéria prima proteica para rações. Para a alimentação humana, também é importante fonte de proteínas e as preocupações com qualidade sobrepõem o aspecto quantitativo. Materiais não transgênicos, com quantidades superiores em

proteína e com perfil de ácidos graxos com maior proporção daqueles essenciais, reconhecidamente benéficos no combate a doenças cardiovasculares (Ácido linoleico e Ácido α -linolênico), são preferidos por consumidores.

Também para o arraaçamento de animais em sistemas de produção orgânico (suínos e aves), a soja deve advir de produção igualmente orgânica. Em propriedades rurais, as leguminosas como a soja são importantes na rotação e sucessão de culturas, principalmente pela capacidade associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio. Contudo, a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) deve ser mantida e beneficiada, e há estudos apontado os efeitos nocivos de agrotóxicos amplamente empregados na agricultura nacional na nodulação em soja. Por fim, a perda de qualidade da soja produzida no Brasil, principalmente com menores teores de proteína nos grãos, é aspecto preocupante independente da finalidade da produção.

Existem alternativas para a produção visando o manejo de pragas, plantas daninhas e de fertilidade, desenvolvidos com o intuito de buscar formas de reduzir custos de produção, e, permitir cultivo orgânico para atender a demanda crescente de mercado. A escolha das melhores alternativas é informação que deve estar disponível para a assistência técnica para assim atingir produtores.

O trabalho justifica-se, portanto, pela geração de informação de como o manejo orgânico é capaz de afetar a nodulação da soja, conseqüentemente o estado nutricional das plantas, não só para o nitrogênio, mas para os demais macronutrientes. Estabelecer o impacto do sistema de cultivo na qualidade dos grãos produzidos quanto ao teor de proteínas, óleo e o perfil dos ácidos graxos permitirá desvendar se a soja orgânica é nutricionalmente superior ou se os grãos oriundos de produção convencional apresentam aspectos que depreciam sua qualidade.

1.3 HIPÓTESES

No presente estudo foram testadas as seguintes hipóteses:

- O manejo orgânico não afeta a nodulação por rizóbio em raízes de soja;
- A condição nutricional de plantas de soja em sistema orgânico de produção é similar àquela de plantas sob sistema convencional;
- A soja produzida em sistema orgânico apresenta elevada qualidade nutricional, com níveis superiores de proteína e minerais.

1.4 REVISÃO DE LITERATURA

1.4.1 Importância da cultura

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) pertence à família Fabaceae, e é originária da Ásia (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). As leguminosas são uma excelente fonte de proteínas, ácidos graxos essenciais, carboidratos, vitaminas, minerais e fibras. Os grãos de soja são a fonte de proteína mais utilizada no mundo para alimentação e a segunda maior fonte de óleo vegetal (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016). Introduzida no Rio Grande do Sul em 1914, somente figurou como lavoura anual comercial em 1960, como alternativa na rotação e sucessão de culturas, e mais tarde cresceu em importância e produção pela demanda de mercado por óleos e alimentos proteicos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

No ano de 2018 a produção mundial de soja foi de 346,92 milhões de Mg, sendo o maior produtor os Estados Unidos da América (34,45%), seguido por Brasil (32,29%), Argentina (15,57%), China (4,09%), Índia (2,73%) Paraguai (2,56%), Canadá (2,31%) e outros (6%) (SMITH, 2018).

No Brasil, no ano de 2018, foram produzidos 117.833.492 Mg do grão em 34.880.868 ha, com rendimento médio de 3.378 kg/ha. Na região Sul do país a produção foi de 39.154.723 Mg em 11.937.647 ha e rendimento médio de 3.296 kg/ha, dos quais o Estado do Rio Grande do Sul foi responsável por 17.538.575 Mg, 5.709.034 ha, e 3.104 kg/ha da produção, área plantada e rendimento médio, respectivamente (IBGE, 2017). A cultura da soja é capaz de responder morfológica e produtivamente a mudanças nas condições ambientais através do manejo (THOMAS; PIRES; MENEZES, 2000). O ambiente é um termo geral que inclui uma série de condições sob as quais as plantas crescem, podendo envolver locais, regiões, épocas, anos, práticas culturais ou de manejo e ainda combinação de todos estes fatores (ROMAGOSA; FOX, 1993).

A fenologia da cultura está dividida em estádios de desenvolvimento de soja, em vegetativos e estádios reprodutivos. Os estádios vegetativos são designados pela letra V e os reprodutivos pela letra R, seguidas de índices numéricos que identificam estádios específicos, nessas duas fases de desenvolvimento da planta (FEHR; CAVINESS, 1977).

As práticas de cultivo mais utilizadas para aumentar a produção são baseadas nas alterações das condições de desenvolvimento, através de modificações do espaçamento entre linhas, época de semeadura e o suprimento de nutrientes (LUCA; HUNGRIA, 2014; ZANON

et al., 2015). As modificações devidas ao manejo podem ocorrer no período vegetativo com determinação do número de nós da haste principal, altura da planta e área foliar, e influenciar o período reprodutivo afetando o número de flores e vagens (MARTINS et al., 2011).

Em plantas de soja com hábito de crescimento determinado, o comprimento da fase vegetativa influencia a produtividade pela redução do número de nós, conseqüentemente diminuição do índice de área foliar, menor captação da radiação e da capacidade da planta em suprir o desenvolvimento dos grãos com fotoassimilados (ZANON et al., 2015). Para Meotti et al. (2012), a semeadura ocorrendo dentro do período recomendado (outubro e novembro para a maioria das cultivares no RS) maximiza parâmetros como número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, a estatura das plantas, o número de ramos, a massa de mil grãos e, conseqüentemente, a produtividade de grãos.

Quanto à disponibilização de nutrientes, a soja é uma cultura que apresenta grande demanda. Os teores médios de N, P (P_2O_5) e K (K_2O) extraídos pela cultura são 60, 14, 20 kg por tonelada de grãos, respectivamente (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004). O nitrogênio é o elemento mais exigido, sendo este extraído predominantemente através da fixação biológica por bactérias fixadoras de nitrogênio (BOHRER; HUNGRIA, 1998). Os macro e micro nutrientes são disponibilizados, sobretudo, via adubação química através de adubos potássicos, fosfatados ou formulados com os três macronutrientes (N-P-K), sendo o fornecimento de N mineral não superior à 20 kg/ha (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

1.4.2 Fixação biológica de nitrogênio

As plantas da família Fabaceae têm na Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) uma de suas vantagens como alternativa na rotação e sucessão de culturas, pela disponibilização deste elemento para as culturas posteriores. Em soja a associação simbiótica ocorre com bactérias fixadoras de nitrogênio pertencentes aos gêneros *Bradyrhizobium*, e até 94% do nitrogênio requerido pelas plantas pode ser fornecido por esse processo (HUNGRIA et al., 2006).

A enzima nitrogenase atua no interior dos bacterioides dentro dos nódulos radiculares em um ambiente de baixa concentração de O_2 , obtido graças à presença da leghemoglobina, importante indicador da atividade de fixação (BOHRER; HUNGRIA, 1998). A nitrogenase catalisa a quebra da tripla ligação altamente estável do nitrogênio molecular atmosférico que é convertido à amônia, posteriormente protonada (NH_4^+) e fixada através de enzimas (LUCA; HUNGRIA, 2014).

O uso do adubo nitrogenado no cultivo da soja, utilizando-se nitrato, amônia ou ureia, representa um grande desperdício de recursos, tendo em vista a forte inibição exercida pelo nitrato sobre o processo de formação do nódulo e a sua principal atividade metabólica, a fixação do N₂ (FREIRE, 1992). Em cultivos de soja a aplicação desse elemento via adubação mineral com formulados em que está presente pode aumentar o custo de produção e não apresenta resposta positiva na produtividade (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). De acordo com Schipanski et al. (2010) a disponibilidade de N no solo pouco afeta a nodulação e a FBN, sendo influenciadas mais expressivamente pela textura do solo, que afeta a oxigenação e saturação nas raízes. Porém, Oberson et al. (2007) mencionam que o nitrogênio mineral aplicado no solo afeta a FBN e é fortemente influenciada pela disponibilidade de fósforo no solo. Assim, a forma de adubação empregada pode influenciar todos os processos da simbiose entre rizóbio e a planta de soja, o qual se busca promover.

Existem diversas estirpes de rizóbio disponíveis para a cultura da soja, em duas espécies *Bradyrhizobium elkanii* (estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019), *B. japonicum* (estirpes SEMIA 5079) e *B. diazoefficiens* (SEMIA 5080). A escolha de qualquer destas estirpes será adequada, contanto que o fabricante garanta a quantidade mínima de células viáveis por g/ml do inoculante, esteja devidamente armazenado (temperatura até 25°C) e dentro do prazo de validade (LUCA; HUNGRIA, 2014).

A inoculação com bactérias nas sementes é um aspecto tecnológico imprescindível pela importância da FBN sem que ocorra a necessidade de aplicação de nitrogênio mineral. Do contrário, demandaria quase 60% do custo de produção e a cultura não seria economicamente viável, aplicações no plantio gerariam um custo extra de aproximadamente US\$ 3 bilhões ao ano (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). A relação simbiótica é específica, devido ambos, bactérias e plantas, realizarem uma troca de sinais moleculares que regulam a expressão de genes para a infecção e desenvolvimento dos nódulos (FREIRE, 1992).

O nitrogênio (N) é o nutriente que a soja mais absorve, acumulando-se nos grãos em torno de 5-6%, o que corresponde a 150-180 kg/ha de N, para a produtividade média de 3,0 Mg/ha (LUCA; HUNGRIA, 2014). Para uma produção de soja de 3000 kg/ha, aproximadamente são absorvidos 250 kg de N. Como somente 50% do N aplicado é aproveitado pela planta, seria necessária a aplicação de 500 kg de N/ha (CAMPO; HUNGRIA, 2000). E, a partir da adição de 20 kg/ha de N no plantio começa a haver prejuízos na nodulação e, por conseguinte, na FBN (MENDES et al., 2010).

A associação de rizóbio com as raízes de soja é capaz de converter até 300 kg/ha de N₂ atmosférico (MENDES et al., 2010). Em estudo com adição de até 60 kg/ha de N no plantio de soja houve diminuição na quantidade de N de 6,4 para 6,2% por kg de grão produzido, em um rendimento médio de 2.877 kg/ha, corresponde a uma extração (sem contar o que fica nos tecidos) diminuída de 184 para 178 kg de N/ha (BRANCALÃO et al., 2015). O mesmo ocorre com estirpes de *Bradyrhizobium* empregadas nos Estados Unidos da América (EUA), aonde o teor de N nos grãos chega a 6,2% (GELFAND; ROBERTSON, 2015).

Existem efeitos nocivos de agrotóxicos amplamente empregados na agricultura nacional à nodulação e a capacidade de fixação do nitrogênio (BÖHM; ROMBALDI, 2010). Os herbicidas como o glifosato, aplicados antes da semeadura, podem reduzir significativamente o número de nódulos em raízes de soja, mas não a massa seca dos mesmos (OLIVEIRA et al., 2008). Também o herbicida sulfentrazone reduz o número e a massa seca de nódulos, mesmo quando aplicado na dose recomendada, e ainda reduz a disponibilidade de compostos nitrogenados transportados via xilema na soja (ARRUDA; LOPES; BACARIN, 2001).

Fungicidas aplicados às sementes são importantes no estabelecimento da cultura (SALVADORI et al., 2016). Alguns fungicidas, como tiabendazol e tolilfluanida, podem causar diminuição no número e atividade de nódulos de soja quando aplicados em tratamento de sementes (CAMPO; HUNGRIA, 2000).

Assim, todo o manejo desde pragas e plantas daninhas, até a forma de adubação empregada podem influenciar todos os processos da simbiose entre rizóbio e a planta de soja, o qual se busca promover.

1.4.3 Utilização de adubos orgânicos

A adubação orgânica com dejetos animais, como esterco suíno, apresenta vantagens e melhorias no aproveitamento de macronutrientes, elevação do teor de matéria orgânica no solo, aumentando a produtividade e matéria seca acumulada em culturas anuais (CIANCIO, 2010). O autor refere ainda um limite de eficiência e elevação do risco de contaminação, principalmente para aqueles empregados na via líquida.

Para as plantas de soja em sistemas orgânicos de produção, o uso de resíduos de animais se mostrou promissor, associados ou não a adubação química, destacando-se que estes apresentam, normalmente, elevado teor de N (CARVALHO et al., 2011). Segundo Padovan et al. (2002) a utilização de termofosfato magnésiano com cinza de madeira na proporção de 1:1

como fonte de nutrientes elevou a produtividade de cultivares de soja em até 70% em relação à média nacional daquele ano, 2.398 kg/ha.

A utilização de lodo de esgoto, com dose de 40 Mg/ha, também apresenta boa resposta quanto à produtividade em soja, alcançando 3.800 kg/ha, maior acúmulo de biomassa verde e diâmetro da haste principal (PIRDASHTI; MOTAGHIAN; BAHMANYAR, 2010). Apesar de ser esse uma fonte de adubação com elevado teor de nitrogênio, sua aplicação não afeta o número de nódulos por planta nem mesmo a massa dos mesmos (ANGLE; MADARIAGA; HEGER, 1992). Entretanto, Vieira et al. (2005) relatam que lodo de esgoto é uma fonte importante de P e N para a cultura da soja, com produtividades de superiores a 3.100 kg/ha, não prejudicando a fixação biológica, embora ocorra diminuição na massa de nódulos.

Utilizando cama de aviário em adubação orgânica de soja, Ragagnin et al. (2013) demonstraram ser possível substituir fontes minerais de fertilizantes N, P e K sem que o desenvolvimento da cultura ou a nodulação fossem afetados. O número de nódulos nas raízes não foi afetado, porém, a massa seca de nódulos foi superior em dez vezes quando ocorreu a aplicação de quatro toneladas de cama de aviário por ha. O mesmo foi verificado por Carvalho et al. (2011) os quais observaram uma relação direta entre o aumento da dose de fertilizante orgânico cama de aviário e a elevação no rendimento da cultura, na massa de 100 grãos e na altura de inserção da primeira vagem. A produção de soja utilizando cama de aviário como fonte de nutrientes é em torno de 12 % superior à obtida com fertilização mineral, havendo um incremento de 279,5 kg de grãos por hectare a cada tonelada do adubo orgânico adicionado.

1.4.4 Qualidade de grãos de soja

Devido ao crescimento da demanda pela soja e seus produtos, existe uma necessidade distinta entre o aumento da produção e a melhora na qualidade do grão, sendo este último o quesito de maior interesse (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016). A qualidade dos grãos é afetada por práticas de manejo como adubação e aplicação de agrotóxicos (BØHN et al., 2014). Embora os teores de nutrientes nos grãos tenha um componente genético, pela capacidade da planta mãe em suprir com fotoassimilados o desenvolvimento dos mesmos, esta pode receber melhores condições de desenvolvimento e crescimento para propiciar uma melhor qualidade (SANTOS et al., 2010).

Um estudo elaborado pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – Soja, no Paraná, revelou a diminuição do teor de proteína na soja comercializada no Brasil

(PÍPOLO et al., 2015). Os autores atribuem a diminuição dos teores de proteína às empresas de melhoramento genético terem focado as novas cultivares em aumento na produtividade, que tem relação inversa ao fator qualitativo.

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja, a necessidade de nutrientes pela planta aumenta a partir do florescimento, e a forma de adubação pode afetar a nodulação, podendo alterar a qualidade do grão produzido (ZIMMER et al., 2016). A radiação interceptada pelas folhas e o número de folhas são determinantes no conteúdo de proteína e óleo em grãos de soja. Uma menor interceptação da radiação solar leva a redução na massa dos grãos e um menor teor de proteína nos mesmos (BIANCULLI et al., 2016). Também a posição das vagens na planta leva a uma diferença nos teores de óleo e proteína, assim grãos oriundos de vagens do terço superior da planta possuem maior teor de proteína e menor teor de óleo do que aqueles oriundos dos terços medianos e inferior (SALES et al., 2016). A disponibilidade hídrica afeta o desenvolvimento inicial, afetando a nodulação e absorção de nitrogênio, o que diminui o teor final do nutriente no grão, por conseguinte o teor de proteína (PÍPOLO et al., 2015).

A composição nutricional de soja geneticamente modificada (*Roundup Ready* - RR) e de cultivares convencionais não apresentam diferenças, porém a presença de resíduos de agrotóxicos pode tornar a qualidade dos grãos distinta (BØHN et al., 2014). Os resíduos são importantes, pois, claramente são parte da composição das plantas, e podem adicionar propriedades tóxicas ao produto final ou alterações metabólicas na planta, que afetam o produto final (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016). Balisteiro, Rombaldi e Genovese (2013) analisando amostras de grãos de soja orgânica comercial demonstraram que estes apresentam um conteúdo maior de proteína (41,8%) quando comparado àqueles oriundos de sistema convencional (36,8%). A composição de grãos oriundos de produção orgânica pode apresentar maior teor de proteínas totais e carboidratos, mas apresentam menor quantidade de fibras e óleos, quando comparados aqueles de sistema convencional (BØHN et al., 2014).

O teor de proteína nos grãos pode ser aumentado em até 9% pela adição de compostos orgânicos ao solo, atuando como condicionantes, elevando a disponibilidade de nutrientes como o nitrogênio (BOWDEN et al., 2013). Segundo Brancalião et al. (2015) o suprimento de nitrogênio influencia o teor de proteína nos grãos, sendo que a ausência do elemento diminui o teor de 40% para 38%. A correção do solo influencia a disponibilidade de nutrientes para a cultura, porém, a aplicação de calcário ou gesso agrícola não é capaz de alterar significativamente os teores de proteína, óleo e minerais nos grãos de soja (CAIRES et al., 2006).

1.4.5 Orgânicos (leis e mercado)

A agricultura convencional e suas práticas visam, sobretudo, o aumento da produtividade, não havendo a preocupação direta com qualidade nutricional, com que se preocupa primeiramente a agricultura orgânica (MACHADO; CORAZZA, 2004). Com o aumento do interesse e consumo de produtos produzidos sem aplicação de agrotóxicos e fertilizantes químicos artificiais houve a necessidade de regulamentação desse sistema de produção (McBRIDE; GREENE, 2008).

No Brasil a Lei dos Orgânicos, Lei 10.831/2003, regulamentou e estipulou a normatização para a produção e comercialização de produtos orgânicos. Além dela, o Decreto 6.323/2007 e as Instruções Normativas 016/2011 e 17/2014 estabeleceram a necessidade de certificação aos produtos e estabeleceram as alternativas lícitas de manejo de fertilidade e controle de pragas e doenças na produção. São permitidos, pela legislação brasileira, para controle de pragas e doenças 41 substâncias e práticas listadas no anexo VII da IN 17/2014, tais como, a utilização de agentes de controle biológico de pragas e doenças, armadilhas de insetos, repelentes, semioquímicos e caldas.

Essa regulamentação e normatização mantém a confiabilidade do consumidor na integridade ao cumprimento dos preceitos da agricultura orgânica pelo produtor (SINGERMAN et al., 2014). A produção, e do outro lado o consumo, de produtos orgânicos leva a particularidades como a fidelidade de consumidores independentemente do preço, que por sua vez é muito mais sensível a variações de disponibilidade, época e eventos desfavoráveis à produção (WÜRRIEHAUSENA; IHLEB; LAKNERA, 2015).

Ainda que preços superiores sejam praticados, podendo ocorrer valores duas vezes superiores ao produzido de forma convencional, a fidelização dos consumidores encoraja produtores a aderir à produção orgânica (WÜRRIEHAUSENA; IHLEB; LAKNERA, 2015). O preço é superior, sobretudo, pelo maior custo de mão de obra que se observa nesse sistema de produção (McBRIDE; GREENE, 2008).

Consumidores exigentes quanto à qualidade estão crescendo em número em vários países da Europa e América independentemente do valor praticado (WÜRRIEHAUSENA; IHLEB; LAKNERA, 2015). A busca por produtos considerados mais saudáveis, sem a aplicação de agrotóxicos e menor impacto ao ambiente, gera o crescimento da produção e comercialização de orgânicos e estabelece uma dinâmica de mercado particular não correlacionado ao que ocorre no convencional (SINGERMAN et al., 2014).

1.4.5 Soja orgânica

No Canadá e nos EUA a produção de soja orgânica já é estabelecida e tem mercado consolidado (McBRIDE; GREENE, 2008). A produção de soja orgânica no Brasil teve grande incentivo por parte da Embrapa soja, em Londrina, Paraná, e o número de produtores cresceu até 2003, quando a entrada das cultivares transgênicas arrefeceu o interesse dos produtores pelo sistema de produção orgânico (ANDRIOLI, 2016). Ainda assim, muitos produtores no PR e no RS permaneceram produzindo com cultivares convencionais. A soja é um dos produtos com maior área e volume de produção orgânica no Brasil, tendo apresentado aumentos da área plantada em mais de 10% ao ano entre os anos 2000 e 2003, quando alcançou 12.516 ha (CORREA-FERREIRA, 2003).

O RS é o quarto maior produtor de sementes para cultivos temporários orgânicos do país, entre eles arroz, milho e a soja (SEPOG, 2019). Segundo dados no MAPA disponíveis no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos em 2019 dos 21.465 produtores cadastrados somente 235 são cadastrados como produtores de soja orgânica no Brasil e 75 no RS. (MAPA, 2019). Porém, não existem informações sobre o volume total e produção e rendimento da produção de soja orgânica no Brasil. Em reportagem televisiva de 2013, é relatado que em Três de Maio no RS há 30 produtores cultivando 130 ha de soja orgânica (PETRY, 2013).

2 ARTIGO 1

NODULAÇÃO EM RAÍZES DE SOJA E PRODUTIVIDADE EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) é um importante produto do agronegócio brasileiro. O interesse crescente por alimentos produzidos de forma sustentável impulsionou o cultivo orgânico de diversos produtos, incluindo a soja. Contudo pouco se conhece de fato como o sistema de cultivo afeta aspectos relativos à nodulação e fixação biológica de nitrogênio na soja. Para tanto, o presente estudo visou avaliar o efeito do sistema de cultivo orgânico na nodulação, na condição nutricional e produtividade de soja. O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) nos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18. O delineamento experimental foi um fatorial com parcela subdividida no espaço em blocos ao acaso com quatro repetições. Os dois sistemas de cultivo foram separados por um intervalo de oito metros sem cultivo. No estádio R4 foram avaliados o número de nódulos por planta, o diâmetro de nódulos, a massa seca de nódulo, a atividade dos nódulos e a condição nutricional das plantas. No momento da colheita foi verificada a produtividade de grãos. O número de nódulos não foi afetado pelo sistema de cultivo orgânico ou convencional. O diâmetro dos nódulos e o percentual de nódulos ativos foram menores no sistema orgânico em comparação ao sistema convencional. Há correlação positiva entre o número de nódulos e o teor de nitrogênio nas folhas. A produtividade é similar entre os sistemas de cultivo orgânico e convencional.

Palavras-chave: *Glycine max*, Sistema de Cultivo, Fixação Biológica de Nitrogênio.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) is an important product of Brazilian agribusiness. Growing interest in sustainably produced food has boosted the organic cultivation of several products, including soybean. However, little is known about how the cultivation system affects aspects related to nodulation and biological nitrogen fixation in soybean. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of organic cultivation system on nodulation, nutritional condition and soybean yield. The experiment was carried out in the experimental area of the Departamento de Fitotecnia of the Faculdade de Agronomia of the Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) in two years, 2016/17 and 2017/18. The experimental design was a factorial with a subdivided plot in randomized block space with four replications. The two cultivation systems were separated by an interval of eight meters without cultivation. At stage R4 the number of nodules per plant, nodules diameter, nodules dry mass, nodules activity and plant nutritional status were evaluated. At harvest grain yield was verified. The number of nodules was not affected by the organic or conventional system. Node diameter and percentage of active nodules were smaller in the organic system compared to the conventional one. There is a positive correlation between number of nodules and leaf nitrogen content. Yield is similar between organic and conventional cropping systems.

Keywords: *Glycine max*, Cultivation System, Biological Nitrogen Fixation.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja tem destacada importância na economia brasileira tanto pela área plantada quanto o volume de grãos produzidos (IBGE, 2017). Como característica chave há a capacidade de formar associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio pertencentes ao grupo dos rizóbios (NEVES e RUMJANEK, 1992). A associação de rizóbio com as raízes de soja é capaz de converter até 300 kg/ha de N₂ atmosférico (MENDES et al., 2010).

Entre os macronutrientes o nitrogênio (N) é o nutriente que a planta de soja mais requer, representa 5-6% da massa seca dos grãos (LUCA e HUNGRIA, 2014). Em fornecimento via adubação química somente 50% do N aplicado é aproveitado pela planta, o que levaria a uma necessidade de suprimento de 500 kg de N.ha⁻¹ (CAMPO e HUNGRIA, 2000). Nesse caso, demandaria quase 60% do custo de produção e a cultura não seria economicamente viável (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000).

Os teores dos demais macronutriente P (P_2O_5) e K (K_2O) extraídos pela cultura são de 14 e 20 kg por tonelada de grãos, respectivamente (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 2016), disponibilizados, sobretudo, via adubação química através de adubos potássicos, fosfatados ou formulados com os três macronutrientes, N-P-K (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Para as plantas de soja em sistemas orgânicos de cultivo, o uso de resíduos de animais se mostrou promissor, associado ou não a adubação química, destacando-se que estes apresentam, normalmente, elevado teor de N (CARVALHO et al., 2011). Utilizando cama de aviário em adubação orgânica de soja, Ragagnin et al. (2013) demonstraram ser possível substituir fontes minerais de fertilizantes N, P e K sem que o desenvolvimento da cultura ou a nodulação fossem afetados.

Existem efeitos nocivos de agrotóxicos amplamente empregados na agricultura nacional à nodulação e a capacidade de fixação do nitrogênio (BÖHM e ROMBALDI, 2010). Os herbicidas como o glifosato, aplicados antes da semeadura, podem reduzir significativamente o número de nódulos em raízes de soja, mas não a massa seca dos mesmos (OLIVEIRA et al., 2008). O herbicida sulfentrazone reduz o número e a massa seca de nódulos, mesmo quando aplicado na dose recomendada, e ainda reduz a disponibilidade de compostos nitrogenados transportados via xilema na soja (ARRUDA et al., 2001). Alguns fungicidas, como tiabendazol e tolilfluanida, podem causar diminuição no número e atividade de nódulos de soja, quando aplicados em tratamento de sementes (CAMPO e HUNGRIA, 2000).

Assim, todo o manejo desde doenças e plantas daninhas até a forma de adubação empregada podem influenciar todos os processos da simbiose entre rizóbio e a planta de soja, o qual se busca promover. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi comparar

o efeito do sistema de cultivo orgânico em relação ao convencional nos aspectos da nodulação, condição nutricional das plantas e produtividade de soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) nos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18. O solo pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro, sendo classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006). A análise química do solo foi realizada no Laboratório de Solos da UFSM e o resultado antes do plantio foram: pH (1:1-H₂O): 4,5; P (Mehlich I): 31,3 mg dm⁻³; K: 144 mg dm⁻³; Ca²⁺: 2,6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 1,6 cmol_c dm⁻³; Al³⁺: 1,4 cmol_c dm⁻³; H+Al: 17,3 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva: 5,9 cmol_c dm⁻³; Saturação de Bases: 20,8%; Saturação Al: 23,7%; M.O.: 2,0 %; Argila: 28,0 %; S: 18,4 mg dm⁻³; Cu: 1,162 mg dm⁻³; Zn: 5,438 mg dm⁻³; B: 0,4 mg dm⁻³.

O delineamento experimental foi em fatorial 2 x 2 com parcela subdividida no espaço em blocos ao acaso com quatro repetições. A parcela principal foi o fator sistema de cultivo (orgânico e convencional); e a subparcela no espaço foi cultivar (BRS 257 e BMX Potência RR). Os dois sistemas de cultivo foram separados por um intervalo de oito metros sem cultivo, em que foi permitido o desenvolvimento de plantas espontâneas.

As sementeiras ocorreram em 11 de novembro de 2016 para o ano agrícola de 2016/2017 e 12 de novembro de 2017 para 2017/2018. Como critério de aplicação do manejo de pragas, doenças e plantas daninhas em ambos os sistemas, foi preconizado o Manejo Integrado de Pragas (MIP) aplicando-se o controle sempre que atingido o nível de controle para pragas e a condição ambiental favorável para o desenvolvimento de doenças (SALVADORI et al., 2016).

As cultivares utilizadas foram a BRS 257, convencional, de hábito de crescimento determinado e grupo de maturidade relativa (GMR) 6.7 e BMX Potência RR, de hábito de crescimento indeterminado e GMR 6.7. A cultivar convencional foi escolhida por sua característica de não apresentar as enzimas lipoxigenases, sendo indicada para alimentação humana e alternativa para o cultivo orgânico (OLIVEIRA e ROSA, 2014). A cultivar geneticamente modificada foi escolhida pelo GMR semelhante àquela convencional, e, ser RR como medida de contraponto em avaliações de qualidade de grãos.

Cada unidade experimental foi composta de seis fileiras espaçadas 0,45 m, com 7 m de comprimento (18,9 m²). As sementes foram inoculadas com inoculante líquido comercial, contendo bactérias *Bradyrhizobium japonicum* com a concentração mínima de 5×10^9 Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por mL, conforme recomendação do fabricante (100 ml / 50kg de sementes, Bionutri[®]) e de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. A densidade de semeadura visou obter 14 plantas por metro linear, de acordo com o percentual de germinação e massa das sementes.

A adubação em ambos os sistemas visou atender as exigências da cultura de acordo com as recomendações para a espécie, indicados pela Comissão de Fertilidade do Solo para os Estados do RS e SC (2016). A correção da acidez do solo foi realizada pela distribuição a lanço de calcário (PRNT 76,16%; PN 84,63%), em quantidade equivalente a 4 Mg ha⁻¹, com posterior incorporação através de gradagem 40 dias antes da semeadura do primeiro ano de experimento. Aplicou-se o equivalente a 475 kg ha⁻¹ do formulado 5-20-20 (NPK) para o cultivo convencional e o equivalente a 5 Mg de cama aviária por ha para o cultivo orgânico, dez dias antes da semeadura em ambos os anos. Considerou-se para a cama aviária o constante em Bissani et al. (2004), quanto concentração média de

nutrientes e matéria seca de materiais orgânicos quais sejam: Cama aviária (3-4 lotes) - 3,2 % de N; 3,5% de P_2O_5 ; 2,5 % de K_2O ; 4,0 % de Ca; e 0,8% de Mg.

No estágio R4 (FEHR e CAVINESS, 1977), foi avaliada a nodulação nas raízes de cinco plantas de cada unidade experimental, seguindo protocolo para avaliação da fixação biológica em leguminosas da IN 13/2011. O período entre o florescimento (R1) ao enchimento completo dos grãos (R6) é considerado “crítico” da cultura quanto à absorção de N (SFREDO, 2008). As plantas foram retiradas, com o auxílio de uma pá com um volume de 20 x 20 x 20 cm, do solo para que as raízes estivessem o mais intactas possível. As raízes foram lavadas cuidadosamente para não danificar ou destacar os nódulos.

Os nódulos das raízes em cada planta foram contados e secos em estufa a 65 °C até peso constante, para obter massa seca de nódulos (g). Foram coletados vinte nódulos para a determinação do diâmetro (mm), com auxílio de um paquímetro digital, e após os mesmos foram seccionados, para a verificação de atividade biológica, pela coloração vermelha do interior do nódulo indicando a atividade da proteína condutora de oxigênio leghemoglobina (HUNGRIA et al., 2001).

Em R2 amostras de folhas (folhas com pecíolos) de 30 plantas foram retiradas de cada unidade experimental para análise da condição nutricional de acordo as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo para os Estados do RS e SC (2016). As folhas foram secas em estufa à 65 °C por 72h, posteriormente moídas em moinho de discos, e enviadas ao Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para análise dos teores dos macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) e micronutrientes Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Boro (B). A determinação do teor de N foi feita

pelo método de Kjeldahl e posterior titulação e expressa em percentual. Os elementos P, K, Ca, e S foram obtidos por digestão úmida nítrico-perclórica e determinação em ICP-OES (Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente), e os valores expressos em percentual. Os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn foram obtidos por digestão úmida nítrico-perclórica e determinação em ICP-OES, e os valores expressos em mg.kg^{-1} . Por fim o micronutriente B foi obtido por digestão seca (cinzas de calcinação) e determinado em ICP-OES, e os valores expressos em mg.kg^{-1} .

Ao final de cada ciclo as plantas da área útil (excluindo-se 0,5 m no final das fileiras e as fileiras das bordas) da unidade experimental – EU - foram colhidas e tomadas dez plantas para estimar a produtividade, expressa em kg.ha^{-1} .

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro. As médias das variáveis entre os anos, sistemas de cultivo e as cultivares foram comparados por teste de comparação de médias Scott-Knott. Os resultados expressos em percentagem foram previamente transformados em arco-seno da raiz quadrada para a análise estatística. Todas as análises foram feitas com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de nódulos no ano de 2017 foi de 217,24 e no ano 2018 foi 159,38, e não houve influência do pelo sistema de cultivo ou da cultivar (Tabela 2). A cultivar BRS 257 teve maior número de nódulos que a cultivar geneticamente modificada no ano de 2017 (245,90 contra 188,56) (Tabela 1). No ano de 2018 a cultivar BMX Potência RR (184,45 nódulos) apresentou maior número de nódulos que a cultivar BRS 257 (134,30

nódulos). O número de nódulos encontrados no presente estudo no estádio R4 supera o encontrado por outros autores como Souza et al. (2009) e Reis et al. (2014) com 106 e 98 nódulos por planta, respectivamente, obtidos no estádio R2. Valores superiores foram também encontrados por Zenzen et al. (2007), onde em solo mal drenado sem inundação foram contados 432,7 nódulos por planta.

O diâmetro dos nódulos foi maior no sistema convencional (3,97 mm) e não foi afetado pelo ano e a cultivar utilizada (Tabela 2). Houve interação entre ano e sistema de cultivo, onde, no sistema convencional o diâmetro dos nódulos foi maior no ano de 2017 (4,23 mm) comparado ao ano de 2018 (3,71 mm). Entre as cultivares, nos dois anos, não houve diferença no diâmetro dos nódulos.

A massa seca de nódulos (MSN) por planta não foi afetada pela cultivar utilizada (Tabela 2). Já o sistema de cultivo convencional apresentou maior MSN no ano de 2017, 1,14 g frente a 0,89 g no sistema orgânico (Tabela 2). A massa seca de nódulos obtida no presente estudo (Tabela 2) foi superior ao encontrado por Brandeleiro et al. (2009), em que o autor avaliou a nodulação em relação a produtividade no estádio R2 com em média 0,19 g de nódulos por planta. A MSN encontrada por Zenzen et al. (2007) foi em média 1,057 g de nódulos por planta, corroborando o encontrado no presente estudo.

O percentual de nódulos ativos não apresentou diferença entre cultivares, porém, o sistema convencional apresentou mais nódulos ativos no ano de 2017 em comparação ao sistema orgânico (85% frente a 78%) (Tabela 2). O montante de chuva acumulado nos meses de realização do experimento no ano de 2017 pode ter ocasionado, sobretudo até fevereiro (Figura 1), a menor na atividade dos nódulos em relação ao ano de 2018.

Para ambas as cultivares e sistemas de cultivo o ano de 2017 parece ter beneficiado o surgimento e o crescimento dos nódulos apresentado maior número, diâmetro e massa

seca de nódulos frente ao ano de 2018. Isso pode ter ocorrido por ter sido o primeiro ano de cultivo de soja na área experimental, não havendo população de bactérias fixadoras de nitrogênio específicas para a cultura da soja presente no solo, permitindo maior colonização por *B. japonicum* através da inoculação. Segundo Luca e Hungria (2014) apesar da soja não ser originária do Brasil, após algum período de cultivo em uma mesma área pode haver naturalização de bradyrhizobios utilizados nas inoculações naquele solo. O manejo utilizado pode afetar o estabelecimento de populações de rizóbios, podendo aumentar a quantidade de bactérias presentes no solo de um ano para o outro, aumentando a competição por sítio de nodulação (GROSSMAN et al., 2011).

Segundo Oliveira et al. (2008) os herbicidas como o glifosato, aplicados antes da semeadura, podem reduzir significativamente o número de nódulos em raízes de soja, mas não a massa seca dos mesmos. Nesse estudo não foi utilizado tratamento de sementes, exceto a inoculação, como medida de manejo por não ter sido encontrado equivalente para o tratamento orgânico. Todo o manejo desde doenças e plantas daninhas, até a forma de adubação empregada poderiam influenciar todos os processos da simbiose entre rizóbio e a planta de soja, o qual se busca promover.

Utilizando também cama de aviário em adubação orgânica de soja, em Goiás, Ragagnin et al. (2013) demonstraram ser possível substituir fontes minerais de fertilizantes sem que o desenvolvimento da cultura ou a nodulação fossem afetados, com incremento de dez vezes na massa seca de nódulos. Da mesma forma, em cultivo de soja na Índia, Mandal et al. (2009) não encontraram efeito da adição de adubo orgânico de origem animal no número e na biomassa de nódulos.

Não houve diferença entre as cultivares e entre os sistemas de cultivo sobre a produtividade (Tabela 1). Porém, Doze et al. (2014) encontraram diferenças entre os

sistemas de cultivo orgânico e convencional de soja, mas não entre sucessivos anos agrícolas. A oscilação visível na produtividade entre anos (Tabela 1) pode estar relacionada com a variação de fatores como precipitação e temperatura do ar entre anos (Figura 1) e assim, ter causado interferência na duração da fase vegetativa, fato que de acordo com Zanon et al. (2015), afeta parâmetros do rendimento da cultura da soja.

Quanto ao teor de nutrientes nas folhas não houve efeito da cultivar nos teores de N, P e K (Tabela 3). O nutriente nitrogênio nas folhas não foi influenciado pelo sistema de cultivo. O sistema de cultivo orgânico apresentou maior teor de K frente ao cultivo convencional no ano de 2018 (Tabela 3). Os teores de Ca foram maiores no sistema de cultivo convencional para a cultivar BRS 257 (Figura 2). Os teores de Mg foram maiores no sistema de cultivo convencional no ano de 2018. Na cultivar BRS 257 o teor de enxofre nas folhas foi superior (Figura 2).

Os micronutrientes B e Mn foram maiores no sistema orgânico (Figura 3). O elemento Cu apresentou aumento no teor nas folhas no ano de 2018 em relação à 2017 somente no sistema orgânico de produção (Tabela 4). Este fato pode estar relacionado ao emprego de sulfato de cobre nesse sistema para o controle de doenças nas plantas de soja. A cultivar BRS 257 apresentou teor de Zn nas folhas superior à cultivar GM, em ambos os sistemas de cultivo (Figura 3). A adubação orgânica além de fonte de nutrientes pode atuar como um condicionante dos solos, o maior teor de nutrientes nas folhas como K, Mn e B no sistema orgânico pode ser resposta da adubação utilizada (BISSANI et al., 2004).

A correlação de Spearman entre o número de nódulos e a absorção de nutrientes foi significativa e positiva para o elemento nitrogênio e negativa para os nutrientes Ca e Mg, e para os micronutrientes foi significativa e positiva para os elementos Zn e B (Tabela

5). Corroborando ao encontrado por Parente et al. (2015), que demonstraram com aplicação de 40kg de N.ha⁻¹ houve, diminuição significativa no número e na massa seca de nódulos, mas o teor desse elemento em folhas de soja, também com a cultivar BMX Potência RR não foi alterado, ficando em torno de 4,0%. A correlação de Spearman entre o diâmetro dos nódulos e o teor dos micronutrientes Cu e Fe foi positiva e significativa, não havendo correlação para os demais micronutriente e nenhum macronutriente (Tabela 5). Não houve correlação de Spearman significativa entre a massa seca de nódulos e os teores de macro e micronutrientes nas folhas (Tabela 5).

O nitrogênio é o nutriente que a soja mais absorve (LUCA e HUNGRIA, 2014). A absorção de N é dada por uma característica genética das plantas de soja e tem maior relação com o crescimento e a produtividade (SANTOS, 2009). Em cultivos de soja a aplicação desse elemento via adubação mineral com formulados em que está presente pode aumentar o custo de produção e não apresenta resposta positiva na produtividade (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

Ainda que de acordo com Schipanski et al. (2010) a disponibilidade de N no solo pouco afeta a nodulação e a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), durante o preparo das áreas para o experimento dose de N aplicada procurou não exceder o limite recomendado de 20 kg de N por hectare na semeadura. Tanto a planta quanto os rizóbios são capazes de se desenvolver de forma livre, porém, só são capazes de associação via uma complexa sinalização em ambientes com baixo nitrogênio disponível, o que permitirá a expressão de genes nodulinos em plantas hospedeiras e genes de nodulação (nod) dos rizóbios (TAIZ et al., 2017).

A necessidade de absorção de nitrogênio é definida pela quantidade do elemento que será utilizado na formação dos grãos, e a planta buscará atender essa necessidade pelo

fornecimento mineral do solo ou da associação simbiótica. Em trabalho realizado na Argentina, Santachiara et al. (2017) demonstraram que para rendimentos de maiores de 6000 kg.ha⁻¹, 77% absorção de N pelas plantas de soja foi atendida pela FBN, evidenciando a importância de não incorrer em prejuízos na associação simbiótica objetivando-se altas produtividades.

No presente estudo, todas as ferramentas de manejo foram empregadas simultaneamente nas áreas orgânica e convencional. A equivalência de manejo e controle parece eficaz na busca por utilizar menos insumos químicos, uma vez que o manejo não afetou negativamente a nodulação e a produtividade da soja. Ainda que no primeiro ano de experimento o sistema orgânico tenha tido nódulos menores, de menor massa e menor atividade, o sistema de cultivo orgânico não prejudicou a absorção de nutrientes e a produtividade da cultura. Contudo, foi perceptível que oscilações no regime hídrico em anos sucessivos, como o que ocorreu entre os anos de 2016/17 e 2017/18, tem maior influência nos parâmetros estudados e por conseguinte na produtividade. O cultivo orgânico vai além de diretrizes legais e substituição de insumos, podendo agregar renda sem resultar em necessária perda de produtividade ou benefícios que a cultura da soja em manejo convencional traz para os sistemas de produção, sendo importante alternativa para sucessão e rotação de culturas em propriedades rurais.

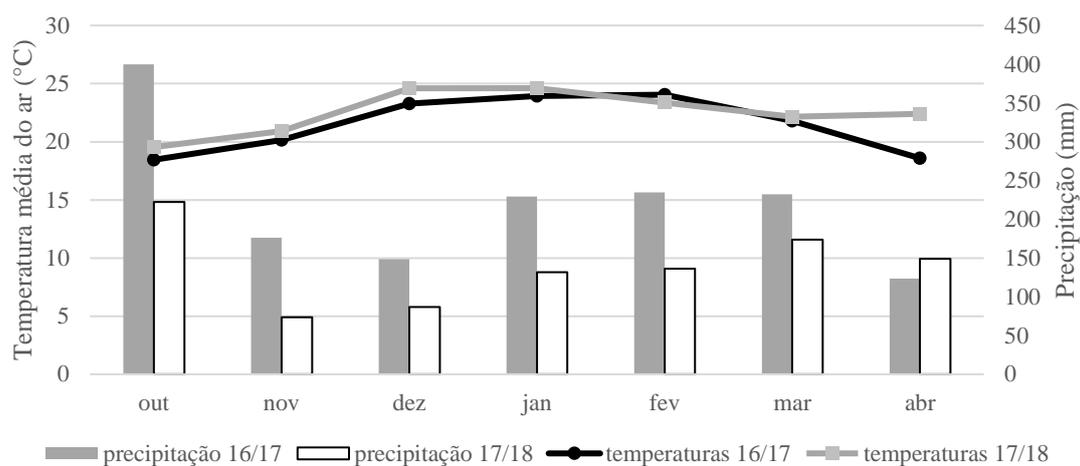


Figura 1. Média de Temperatura do ar (T°C) e Precipitação (mm) nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, em área experimental com plantio de soja na Universidade Federal de Santa Maria.

Tabela 1. Produtividade de soja (kg ha⁻¹) das cultivares BMX Potência RR e BRS 257 nos cultivos orgânico e convencional nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

Sistema Cultivo	Cultivar	Ano	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Orgânico	BMX Pot. RR	2017	2370,6
Orgânico	BMX Pot. RR	2018	4571,6
Orgânico	BRS 257	2017	3531,8
Orgânico	BRS 257	2018	4006,7
Convencional	BMX Pot. RR	2017	2832,5
Convencional	BMX Pot. RR	2018	3946,3
Convencional	BRS 257	2017	3076,5
Convencional	BRS 257	2018	3947,7

Tabela 2. Valores médios de número de nódulos por planta (NN), diâmetro (mm) médio de nódulos (DN), da massa seca (g) de nódulos (MSN) por planta e percentual de nódulos ativos nos fatores sistema de cultivo e cultivares. Santa Maria/RS.

SISTEMA	CULTIVAR	Número nódulos/planta			Diâmetro dos nódulos (mm)			Massa seca de nódulos (g)			Nódulos ativos (%)		
		2017	2018	média	2017	2018	média	2017	2018	média	2017	2018	média
Orgânico	BRS 257	261,50a	163,20a	198,00a	3,43b	3,56a	3,55b	1,06a	0,79a	0,89a	80b	96a	86a
	BMX Pot. RR	171,90b	195,40a		3,54b	3,67a		0,74b	0,96a		76b	90a	
Convencional	BRS 257	230,30a	105,40b	178,63b	4,31a	3,85a	3,97a	1,06a	0,73a	0,96a	89a	90a	88a
	BMX Pot. RR	205,30b	173,50a		4,14a	3,56a		1,21a	0,82a		81a	91a	

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Efeito das fontes de variação e interação para os micronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) encontrados nas folhas de soja das cultivares BRS 257 e BMX Potência RR sob sistema de cultivo orgânico e convencional nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

FV	N	P	K	Ca	Mg	S
Sistema	ns	ns	<0,01	<0,05	<0,01	ns
Cultivar	ns	ns	ns	<0,05	ns	<0,05
S x C	ns	<0,05	ns	<0,05	ns	ns

ns – não significativo; $p < 0,01$ e $p < 0,05$ pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 4. Efeito das fontes de variação e interação para os micronutrientes, cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e boro (B) encontrados nas folhas de soja das cultivares BRS 257 e BMX Potência RR sob sistema de cultivo orgânico e convencional nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

FV	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Sistema	ns	ns	ns	<0,05	<0,05
Cultivar	ns	<0,05	ns	ns	ns
S x C	ns	ns	ns	ns	ns

ns – não significativo; $p < 0,01$ e $p < 0,05$ pelo teste de Scott-Knott.

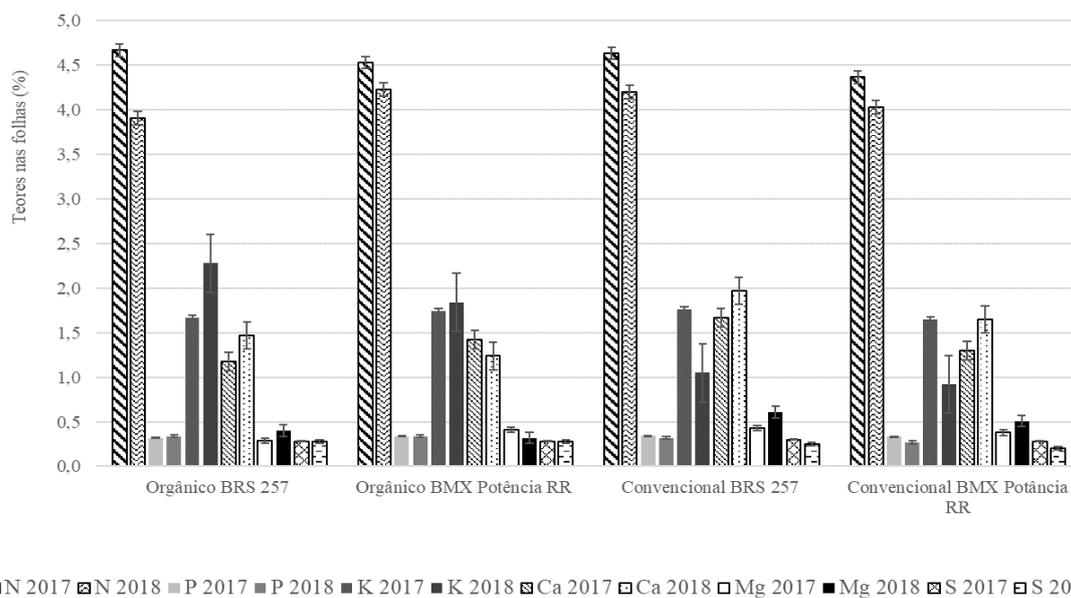


Figura 2. Teor de macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) encontrados nas folhas de soja das cultivares BRS 257 e BMX Potência RR sob sistema de cultivo orgânico e convencional nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

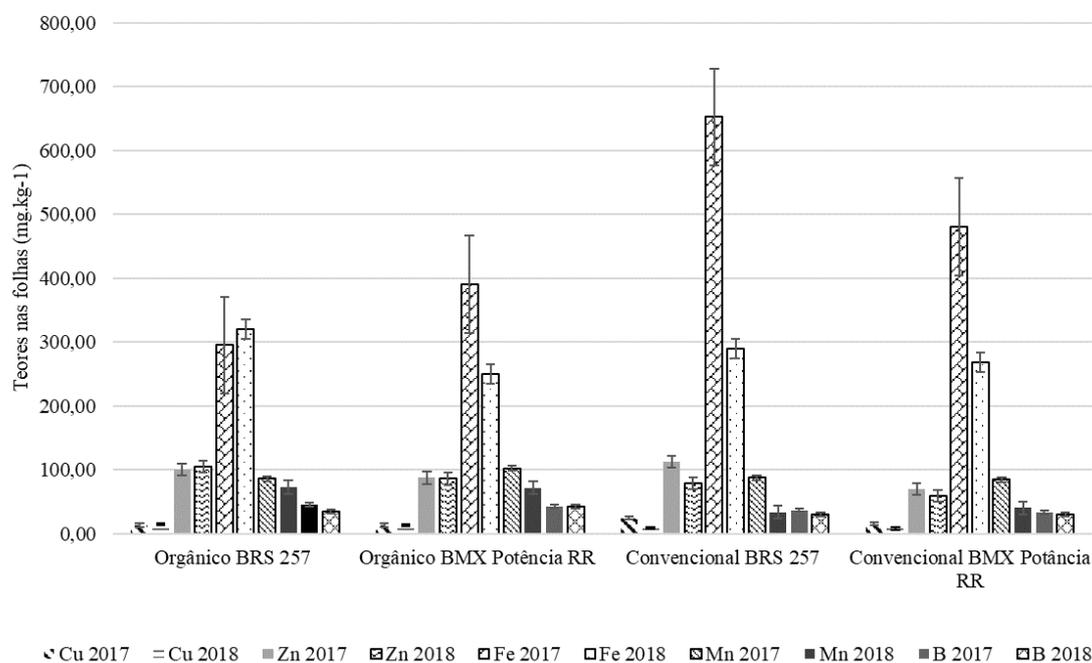


Figura 3. Teor de micronutrientes, cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e boro (B) encontrados nas folhas de soja das cultivares BRS 257 e BMX Potência RR sob sistema de cultivo orgânico e convencional nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018, em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Spearman (ρ) e *P*-valores entre número de nódulos por planta (NN), diâmetro dos nódulos (DN) e massa seca de nódulos (MSN) e os teores de macronutrientes (%) e micronutrientes (mg kg⁻¹) nas folhas, em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

Macronutriente	NN		DN		MSN	
	ρ Spearman	<i>P</i> -valores	ρ Spearman	<i>P</i> -valores	ρ Spearman	<i>P</i> -valores
N	0,4357	0,0333	0,0999	0,6423	0,2507	0,2374
P	0,0853	0,6918	0,1754	0,4123	0,0066	0,9757
K	0,2801	0,1850	0,1026	0,6321	-0,0122	0,9562
Ca	-0,4891	0,0153	0,1851	0,3866	-0,3606	0,08349
Mg	-0,5492	0,0054	0,1430	0,5049	-0,3738	0,0720
S	0,3678	0,0770	0,1969	0,3564	0,3058	0,1461
Micronutrientes						
Cu	0,3170	0,1312	0,4666	0,0215	0,2276	0,2847
Zn	0,4433	0,0300	0,0505	0,8149	-0,0100	0,9629
Fe	0,1214	0,5722	0,4727	0,0197	0,1087	0,6131
Mn	0,3442	0,0995	0,3280	0,1176	0,2406	0,2574
B	0,5716	0,0035	-0,0915	0,6707	0,2074	0,3308

4 CONCLUSÕES

- O número de nódulos por plantas de soja é maior no sistema orgânico de cultivo;
- No sistema de cultivo orgânico o diâmetro de nódulos é menor;
- O sistema de cultivo orgânico apresenta maior teor de K, Mn e B, enquanto o sistema convencional apresenta maiores teores de Ca e Mg, nas folhas;
- Existe correlação positiva entre o número de nódulos por planta e o teor de nitrogênio nas folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, J.S.; LOPES, N.F.; BACARIN, M.A. Nodulação e fixação do dinitrogênio em soja tratada com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.2, p. 325-330. 2001.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.D.O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. **Genesis**, 2004. 328p.

BÖHM, G. B.; ROMBALDI, C. V. Efeito da transformação genética e da aplicação do glifosato na microbiota do solo, fixação biológica de nitrogênio, qualidade e segurança de grãos de soja geneticamente modificada. **Ciência Rural**, v.40, n.1, p.213-221, 2010.

BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009.

BREDEMEIER, C. e MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CAMPO, J.R. e HUNGRIA, M. **Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 32 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 26).

CARVALHO, E.R.; RESENDE, P.M de; ANDRADE, M.J.B de; PASSOS, A.M.A dos; OLIVEIRA, J.A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.930-939, 2011.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 376p. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FEHR, W. R. and CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Iowa: Ames, State University of Science and Technology, 11 p. 1977 (Special report, 80).

GROSSMAN, J.M.; SCHIPANSKI, M.E; SOOKSANGUAN, T.; SEEHAVER, S.; DRINKWATER L.E. Diversity of rhizobia in soybean [*Glycine max* (Vinton)] nodules varies under organic and conventional management. **Applied Soil Ecology**, v. 50, n.1, p. 14-20, 2011.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação Biológica de Nitrogênio na Cultura da Soja**. Circular Técnica n.35, Embrapa Soja, Londrina, 2001. 48p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Censo Agro 2017, Resultados Preliminares**. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html. Acesso em: 21 dez. 2018.

INSTRUÇÃO NORMATIVA 13 de 24 de março de 2011 (IN 13/2011). **Protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas**,

inoculantes e tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/registro-de-produtos-e-estabelecimentos/arquivos-rpe/IN132011inoculprotocoloprocfixbiologicadoNemleguminosalterado3512.pdf>. Acesso em 12 abr. 2016.

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 17, de 18 de junho de 2014, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-17-de-18-de-junho-de-2014.pdf/view>>. Acesso em 21 dez 2018.

LEI No 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Presidência da República, Casa Civil. Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm>. Acesso em 21 dez 2018.

LUCA, M.J de and HUNGRIA, M. Plant densities and modulation os symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v.71, n.3, p.181-187, 2014.

MANDAL, K.G.; HATI, K.M.; MISRA, A.K. Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer-NPK and organic manure. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, p. 1670–1679, 2009.

MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; CUNHA, M.H. **20 Perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio.** Embrapa, Planaltina, 2010. 19 p.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja Fatores que afetam crescimento e rendimento de grãos.** Porto Alegre. Envagraf. 2005. 31 p.

NEVES, M.C.P. and RUMJANEK, N.G. Bioquímica e fisiologia da fixação de nitrogênio. In: CARDOSO, E. J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo.** Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1992. p. 141-155.

OLIVEIRA, JR.R.S.; DVORANEN, E.C.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; FRANCHINI, L.H.M.; RIOS, F.A.; BLAINSKI, E. Influência do glyphosate sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.831-843, 2008.

OLIVEIRA, A.C.B. de e ROSA, A.P.S.A. da. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016.** Documentos 382, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2014. 124p.

PARENTE, T.L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R.S.; DE SOUZA, L. G.M.; BOSSOLANI, J.W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à

inoculação em semeadura direta no Cerrado. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.10, n.2, p.249-255, 2015.

RAGAGNIN, V.A.; SENA JÚNIOR, D.J. de; DIAS, D.S.; BRAGA, W.F.; NOGUEIRA, P.D.M. Growth and nodulation of soybean plants fertilized with poultry litter. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, n.1, p.17-24, 2013.

REIS, M. R.; REIS, R. M.; ALMEIDA, W. L.; CARVALHO, A. M. X.; RONCHI, C. P.; DIAS, R. C. Micorrização, nodulação e produção da soja Roundup Ready após a aplicação de diferentes formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 563-569, 2014.

SALVADORI, J.R.; BACALTCHUK, B.; DEUNER, C.C.; LAMAS JÚNIOR, G.L.C.; RIZZARDI, M.A.; LANGARO, N.C.; ESCOSTEGUY, P.A. V.; BOLLER, W. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2016. 127 p.

SANTACHIARA, G.; BORRÁS, L.; SALVAGIOTTI, F.; GERDE, J.A.; ROTUNDO, J.L. Relative importance of biological nitrogen fixation and mineral uptake in high yielding soybean cultivars. **Plant Soil**, v.418, p.191–203, 2017.

SANTOS, M. A. **Mapeamento de QTLs para caracteres relacionados com a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em soja**. 2009. 101 fl. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SCHIPANSKI, M.E.; DRINKWATER, L.E.; RUSSELLE, M.P. Understanding the variability in soybean nitrogen fixation across agroecosystems. **Plant and Soil**, v.329, p.379–397, 2010.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Documentos Embrapa Soja, n. 305, Londrina, 2008, 148p.

SOUZA, C.A.; DOS REIS JUNIOR, F.B.; MENDES, I.E.; LEMAINSKI, J.; DA SILVA, J.E. Lodo de esgoto em atributos biológicos do solo e na nodulação e produção de soja. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.44, n.10, p.1319-1327, 2009.

TAIZ, L; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

ZANON, A. Jr.; WINCK, J.E.M.; STRECK, N.A.; ROCHA, T.S.M. da; CERA, J.C.; RICHTER, G.L.; LAGO, I.; SANTOS, P.M. dos; MACIEL, L. da R.; GUEDES, J.V.C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e baixas. **Bragantia**, v.74, n.4, p.400-411, 2015.

ZENZEN, I.L.; AMARANTE, L.; COLARES, D.S.; OLIVEIRA, M.L.; BERNARDI, E.; COSTA, E.L.G.; NASCIMENTO, J.S. Nodulação em Soja Inoculada com Diferentes Estirpes de Bradyrhizobium Sob Alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 606-608, 2007.

3 ARTIGO 2

SUPERIOR OU EQUIVALENTE? QUALIDADE NUTRICIONAL DE GRÃOS DE SOJA PRODUZIDOS EM SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) é um importante alimento, fonte de proteína e ácidos graxos, tanto na alimentação humana quanto como componente de ração para animais. O interesse crescente por alimentos produzidos de forma sustentável impulsionou o cultivo orgânico de diversos produtos, tidos como mais saudáveis. Contudo, pouco se conhece de fato como o sistema de cultivo melhora a qualidade dos produtos. Para tanto, o presente estudo visou avaliar o efeito do sistema de cultivo orgânico na qualidade de grãos de soja. Foram utilizados grãos de soja oriundos de experimento realizado na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) nos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18. Amostras dos grãos foram obtidas para as seguintes análises: presença de resíduos de agrotóxicos; teores de macro e micronutrientes; teor de proteína e óleo; e perfil de ácidos graxos. Não foram encontrados resíduos de fungicidas nos grãos em todas as amostras. Foi verificado efeito do sistema de cultivo no teor de macronutrientes em grãos de soja, e o teor de nitrogênio foi reduzido sob sistema orgânico. O sistema de cultivo não alterou os conteúdos de proteína grãos de soja. Enquanto o cultivo orgânico apresentou maiores teores do ácido palmítico (C16:0) e do ácido linoleico (C18:2n6c), o cultivo convencional apresentou maiores quantidades dos ácidos esteárico (C18:0), oléico (C18:1n9c), vacênico (C18:1n7) e gadoléico (C20:1n9).

Palavras-chave: Minerais, Proteína, Óleo, Ácidos Graxos, *Glycine max*.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) is an important food, source of protein and fatty acids, both to human food and as an animal feed component. Growing interest in sustainably produced food has increased the organic cultivation of many products, allegedly healthier. However, little is really known how the cultivation system improves the quality of the products. Therefore, the present study aimed to evaluate the effect of organic cultivation system on soybean grain quality. Soybeans from an experiment carried out in the experimental area of the Department of Phytotechny at Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) from the 2016/17 and 2017/18 agricultural years were used. Grain samples were taken for the following analyzes: presence of pesticide residues; macro and micronutrient contents; protein and oil content; and fatty acid profile. No fungicide residues were found in the grains in all samples. There was no effect of the cropping system on the macronutrient content or protein content in soybeans. Oil content in grains was lower in the organic system in the first year of experiment. The fatty acid profile was modified by the cultivation system employed in soybean. While organic cultivation presented higher levels of palmitic (C16:0) and linoleic acid (C18:2n6c), conventional cultivation presented higher amounts of stearic (C18:0), oleic (C18:1n9c), vaccenic (C18:1n7) and gadoleic acids (C20:1n9).

Keywords: Mineral, Protein, Oil, Fatty Acids, *Glycine max*.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) pertence à família Fabaceae, e é originária da Ásia (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). As leguminosas são uma excelente fonte de proteínas, ácidos graxos essenciais, carboidratos, vitaminas, minerais e fibras. Os grãos de soja são a mais utilizada fonte de proteína no mundo para alimentação e a segunda maior fonte de óleo vegetal (JOHN et al., 2016). O teor de proteína nas cultivares de soja utilizadas no Brasil varia entre 34 e 45% e o teor de óleo entre 17 e 22% (RODRIGUES et al., 2015). Além disso, o óleo de soja tem elevado valor nutricional por ser uma fonte rica em ácidos graxos insaturados, tais como ácidos oleico ($\Omega 9$), linoleico ($\Omega 6$) e

linolênico ($\Omega 3$), importantes para a saúde humana na prevenção de doenças cardiovasculares e supressão de processos inflamatórios (MEDIC et al., 2014). Elevados teores de proteína e óleo melhoram a qualidade do produto para a indústria, agregando valor à soja no mercado (SANTOS et al., 2014).

Aliado ao crescimento da demanda pela soja e seus produtos, existe uma necessidade distinta entre o aumento da produção e a melhora na qualidade do grão, sendo este último quesito o de maior interesse (JOHN et al., 2016). A qualidade dos grãos é afetada por práticas de manejo como adubação e aplicação de agrotóxicos (BØHN et al., 2014). Embora a composição de grãos tenha um componente genético, pela capacidade da planta mãe em suprir o desenvolvimento e crescimento com fotoassimilados, alterações nas condições durante estas fases pode propiciar melhor qualidade de grãos (SANTOS et al., 2010; RODRIGUES et al. 2015). Assim, grãos de milho produzidos de forma orgânica apresentam maiores teores de K, P, Mg e Fe quando comparados aos produzidos de forma convencional (YU et al., 2018).

Alguns fatores de manejo, como a época de semeadura, podem afetar tanto a qualidade dos grãos quanto a sua composição (NOGUEIRA et al., 1983). Também pode-se destacar o suprimento de água que pode beneficiar além da produção a qualidade dos grãos para indústria (ALBRECHT et al., 2008; SANTOS et al., 2014). A água é determinante na absorção de nutrientes pela planta, que pode afetar o valor nutricional e composição de grãos de soja (WIJEWARDANA et al., 2019).

O teor de proteína nos grãos de soja comercializada no Brasil apresentou uma diminuição nos últimos anos, afetando o seu valor como matéria prima, fato atribuído às empresas de melhoramento genético terem focado as novas cultivares para aumento na produtividade, que tem relação inversa ao fator qualitativo (PÍPOLO et al., 2015). Essa

tendência de diminuição no teor de proteína nos grãos já havia sido demonstrada em cultivares de soja lançadas nos anos 1990 (BONATO et al., 2000). A agricultura e suas práticas visam, sobretudo, ao aumento da produtividade, não havendo a preocupação direta com qualidade nutricional, com que se preocupa primeiramente a agricultura orgânica (MACHADO e CORAZZA, 2004).

Consumidores exigentes quanto à qualidade estão crescendo em número em vários países da Europa e América, independentemente de haver maior custo (WÜRRIEHAUSENA et al., 2015). A busca por produtos considerados mais saudáveis e de menor impacto ao ambiente, gera o crescimento da produção e comercialização de orgânicos e estabelece uma dinâmica de mercado particular não correlacionado ao que ocorre no convencional (SINGERMAN et al., 2014). Em muitos mercados o preço pode se tornar proibitivo devido ao alto custo da certificação, controlado por empresas referendadas pelo Estado (YU et al., 2018).

A presença de resíduos de agrotóxicos é outro aspecto que pode tornar a qualidade dos grãos de soja distinta entre a produção convencional e orgânica (BØHN et al., 2014). Esses resíduos são importantes, pois, podem adicionar propriedades tóxicas ou alterações metabólicas na planta, que afetam o produto final (JOHN et al., 2016). Além disso, a contaminação do ambiente com produtos persistentes como organoclorados empregados na agricultura no passado podem ser encontrados em grãos e frutas de plantas cultivadas em locais contaminados (HAN et al., 2017). Por isso, estudos sobre produção orgânica devem abranger diferentes ambientes considerando cada particularidade no intuito de afirmar ou contestar diferenças e benefícios desse sistema na qualidade dos produtos (GOMIERO, 2018).

Diante do exposto os objetivos do presente estudo foram quantificar os teores de proteína, óleo, o perfil de ácidos graxos e o teor de minerais, além de verificar a presença de resíduos de agrotóxicos, em grãos de duas cultivares de soja em manejo convencional e orgânico no Sul do Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Experimento a campo

Os grãos utilizados no presente estudo foram oriundos de experimentos realizados na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) nos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18. As cultivares utilizadas foram a BRS 257, convencional, de hábito de crescimento determinado e grupo de maturidade relativa (GMR) 6.7 e BMX Potência RR (*Roundup Ready*), de hábito de crescimento indeterminado e GMR 6.7.

No sistema de cultivo convencional foram utilizados os seguintes princípios ativos: metconazol + piraclostrobina; difeconazol; azoxistrobina; clorimurom-efílico; glifosato; lambda-cialotrina + tiametoxam; deltametrina; fluazifope-P-butílico; e abamectina. No sistema de cultivo orgânico: *Bacillus thuringiensis*; silicato de potássio; sulfato de cobre; e óleo de neem.

As sementes foram inoculadas com inoculante líquido comercial, contendo bactérias *Bradyrhizobium japonicum* conforme recomendação do fabricante (100 ml / 50kg de sementes, Bionutri[®]). A densidade de semeadura visou obter 14 plantas por metro linear.

A adubação em ambos os sistemas visou atender as exigências da cultura de acordo com as recomendações indicadas pela Comissão de Fertilidade do Solo para os Estados do RS e SC (2016). A correção da acidez do solo foi realizada pela distribuição

a lanço de calcário (PRNT 76,16%; PN 84,63%), em quantidade equivalente a 4 Mg ha⁻¹, com posterior incorporação através de gradagem 40 dias antes da semeadura do primeiro ano de experimento. Aplicou-se o equivalente a 475 kg ha⁻¹ do formulado 5-20-20 (NPK) para o cultivo convencional e o equivalente a 5 Mg de cama aviária por ha para o cultivo orgânico, dez dias antes da semeadura em ambos os anos. Considerou-se para a cama aviária o constante em Bissani et al. (2004), quanto concentração média de nutrientes e matéria seca de materiais orgânicos quais sejam: Cama aviária (3-4 lotes).

Os dados meteorológicos de temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) foram obtidos em Estação Meteorológica automática, acerca de 200m da área experimental, localizada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Análise de resíduos

Em 28 de abril de 2017 e 23 de abril de 2018, ao final do ciclo da cultura, as plantas da área útil (excluindo-se 0,5 m no final das fileiras e as fileiras das bordas) das unidades experimentais foram colhidas manualmente. As plantas foram colocadas em uma trilhadora estacionária e os grãos acondicionados em sacos de papel abertos e secos ao ar até 13% de umidade. Após duas semanas de secagem foram tomadas amostras de grãos para as análises. Uma amostra de cada unidade experimental foi separada em cada ano, totalizando oito amostras de 1 kg para análise de resíduos. As amostras foram levadas ao Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP) da UFSM.

Composição nutricional da soja

Foram tomadas três amostras de 100 g de grãos de cada unidade experimental, duas cultivares em ambos os sistemas de cultivo em cada ano, totalizando 24 amostras, para análise de macro e micronutrientes, de acordo as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo para os Estados do RS e SC (2004). Os grãos foram secos em estufa à 105 °C por 24h, posteriormente moídos em moinho de discos, e enviadas ao Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para análise dos teores dos macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), e micronutrientes: Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Boro (B). A determinação do teor de N foi feita pelo método de Kjeldahl e posterior titulação e expressa em percentual. Os elementos P, K, Ca, e S foram obtidos por digestão úmida nítrico-perclórica e determinação em ICP-OES (Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente), e os valores expressos em percentual. Os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn foram obtidos por digestão úmida nítrico-perclórica e determinação em ICP-OES, e os valores expressos em mg kg⁻¹. Por fim, o micronutriente B foi obtido por digestão seca (cinzas de calcinação) e determinado em ICP-OES, e os valores expressos em mg kg⁻¹.

Para determinação dos ácidos graxos, foram coletadas três amostras de 15 g de cada cultivar em ambos os sistemas de cultivo em cada ano, totalizando também 24 amostras. Os grãos foram secos em estufa à 105 °C por 24h, posteriormente moídos em moinho de discos, e enviadas ao Laboratório de Análise de Alimentos da UFSM, para obtenção do perfil de ácidos graxos, teor de óleo e proteína. O teor umidade dos grãos de soja foi obtida após secagem da amostra em estufa à 105°C até peso constante (AOAC, 2005). O teor de proteína foi determinado pelo método micro Kjeldahl (N × 6,25) (AOAC,

2005). O conteúdo de óleo foi determinado pelo método gravimétrico de Bligh e Dyer (1959).

O óleo dos grãos de soja foi extraído com clorofórmio-metanol de acordo com Bligh e Dyer (1959) seguido por saponificação em solução de KOH metanólico e esterificação em solução de H₂SO₄ metanólico (HARTMAN e LAGO, 1973). Os ésteres metílicos dos ácidos graxos foram analisados usando um cromatógrafo a gás Agilent Technologies® (HP 6890) equipado com uma coluna capilar DB-23 (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm) e um detector por ionização de chama. A temperatura da porta de injeção foi ajustada a 250°C e o gás de arraste foi nitrogênio (0,6 mL min⁻¹). Após a injeção (1 µL, taxa de divisão 50:1), a temperatura do forno foi mantida a 150°C por um minuto, a qual foi aumentada até 240°C, a 4°C min⁻¹, e mantida a essa temperatura por 12 minutos. Os padrões dos ésteres metílicos dos ácidos graxos (37-component FAME Mix, Sigma, Saint Louis, MO, USA) foram injetados nas mesmas condições e os subsequentes tempos de retenção foram usados para identificar os ácidos graxos. Os teores de ácidos graxos foram expressos em percentual do total de ácidos graxos identificados.

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro. As médias das variáveis entre os anos, sistemas de cultivo e as cultivares foram comparados por teste de comparação de médias Scott-Knott. Os resultados expressos em percentagem foram previamente transformados em arco-seno da raiz quadrada para a análise estatística. Todas as análises foram feitas com o auxílio do programa estatístico Sisvar 5.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resíduos de agrotóxicos

A análise das amostras de grãos para identificar resíduos de pesticidas não evidenciaram nenhuma presença de resíduos dos fungicidas que foram utilizados a campo. Embora tenha havido aplicações no sistema convencional em ambos os anos a observância de cuidados na tecnologia de aplicação não ocasionou deriva significativa ainda que a distância entre as áreas possa ser considerada pequena.

Outro aspecto importante na tecnologia de aplicação é de que foram empregadas quantidade de ingrediente ativo recomendadas pelos fabricantes. Em estudo em IOWA/EUA, Bøhn et al. (2014) verificaram que a composição nutricional de soja geneticamente modificada (RR) e cultivares convencionais não apresentou diferença, porém a presença de resíduos de agrotóxicos foi o que tornou a qualidade dos grãos distinta.

Composição mineral dos grãos de soja

No primeiro ano de experimento não houve diferença entre as cultivares ou entre os sistemas de cultivo no conteúdo de N nos grãos (Tabela 2). O efeito do sistema de cultivo foi observado para a cultivar BRS 257 somente no ano de 2018, em que o manejo convencional suplantou o orgânico.

O nitrogênio é um dos elementos mais requeridos pela planta e também o mais móvel via floema (WANG et al., 2016). Obtido principalmente pela associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, está diretamente relacionado a qualidade nutricional dos grãos para alimentação humana (ZIMMER et al., 2016). Contudo, a relação entre N absorvido e a nodulação não é obrigatória, e a planta pode garantir teores mínimos através do suprimento mineral do solo (SANTOS, 2009). Como as diferenças somente ocorreram no segundo ano é possível que os efeitos do manejo sejam melhor

observados a longo prazo. Estratégias de manejo isoladas como semeadura direta e correção de acidez de acordo com Caires e Fonseca (2000) influenciam na qualidade de grãos após vários anos consecutivos de cultivo. Corroborando dados obtidos no presente estudo, YU et al. (2018) demonstraram que grãos de milho e trigo sob cultivo orgânico apresentaram menores conteúdos de nitrogênio em sua composição.

Os teores de fósforo (P) foram maiores no sistema orgânico no primeiro e no segundo ano de experimentos para a cultivar BRS 257. A análise química do solo evidenciou que o teor de fósforo se situava no nível considerado "muito alto" antes da adubação de semeadura. Além disso, no primeiro ano houve a aplicação de calcário ao solo para correção da acidez, o que pode ter aumentado a disponibilidade e conseguinte absorção de fósforo (BISSANI et al., 2004).

Quanto ao conteúdo de potássio (K), não houve diferença significativa em nenhum dos tratamentos (Tabela 2), uma possível explicação é de que o potássio que é um elemento bastante móvel e sua absorção depende de seu fornecimento ao solo (WANG et al., 2016). O primeiro ano de experimento ter sido mais chuvoso (Figura 1) pode ter influenciado a absorção desse elemento por fluxo de massa.

Nos grãos de soja o teor de cálcio (Ca) no sistema de cultivo convencional apresentou maior conteúdo que o sistema de cultivo orgânico em ambos os anos somente para a cultivar BRS 257. A cultivar BRS 257 teve maior teor de Ca do que a cultivar BMX Potência RR no primeiro ano de experimento. O nível de cálcio no solo situava-se no considerado "médio" e houve adição desse mineral ainda no primeiro ano, através da calagem em ambos os sistemas. Além disso, também ocorreu através da adubação com cama aviária em ambos os anos para o sistema orgânico (Tabela 1). Uma possível explicação seria o primeiro ano ter sido mais chuvoso (Figura 1) e ter havido um menor

desenvolvimento do sistema radicular o que teria prejudicado a absorção, porém Wijewardana et al. (2019) demonstraram que um maior conteúdo de água no solo levou a uma maior absorção desse macronutriente em soja.

Os teores de magnésio (Mg) no cultivo orgânico foram maiores nos dois anos de condução, para ambas as cultivares (Tabela 2). Segundo Munoz-Hernandez e Silveira (1998) adubações com relações Ca:Mg mais altas (4:1; 5:1) aumentam o teor de Ca e diminuem o de Mg na parte aérea de planta de milho. Isso se dá, pois, a absorção de um nutriente é afetada por cátions complementares, como Mg e P, havendo influência de um íon adsorvido para a liberação de outro na solução do solo (BISSANI et al., 2004). A cultivar BMX Potência RR foi aquela com maior teor do mineral nos grãos. O nível de Mg no solo antes do plantio era considerado alto (Tabela 1), somado ao fato de ter havido aporte desse mineral através da adubação orgânica em ambos os anos, pode explicar o maior conteúdo nos grãos do sistema de cultivo orgânico.

Para o conteúdo de Enxofre (S) o sistema orgânico foi aquele que alcançou maiores conteúdos para ambas as cultivares e nos dois anos de experimento (Tabela 2). Por ser planta produtora de grãos com elevado teor de óleo e de proteína, a soja necessita grande quantidade de S. De acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo (2016), o teor no solo deve ser maior que 10 mg dm^{-3} , fato que sempre ocorreu mesmo antes de cada semeadura, com diminuição após a colheita no ano de 2018 (Tabela 1).

A composição mineral é um importante indicador de qualidade de grãos utilizados na alimentação humana, podendo ser afetada pelas condições de cultivo como adubação e disponibilidade hídrica (WIJEWARDANA et al., 2019) A absorção de mineral pode influenciar outros parâmetros qualitativos que podem agregar valor ao produto quando a

soja é matéria prima para produtos como Tofu (um tipo de queijo feito à base de soja) (WANG et al., 2016).

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja, a necessidade de nutrientes pela planta aumenta a partir do florescimento, e a forma de adubação pode afetar a nodulação, podendo alterar a qualidade do grão produzido (ZIMMER et al., 2016). Segundo Vargas (2014), os teores médios normalmente encontrados em soja de N; P; K; Mg; Ca; e S são de 5,78; 0,37; 1,84; 0,19; 0,22; e 0,19 %, respectivamente. A composição de macrominerais dos grãos de soja encontrada no presente estudo foi similar ao reportado anteriormente (VARGAS, 2014; MAGALHÃES et al., 2015).

De acordo com Vargas (2014), os teores médios de micronutrientes Cu; Zn; Fe; Mn; e B que são de 17,0; 36,25; 83,2; 38,95; e 25,7 mg kg⁻¹, respectivamente. Quanto aos micronutrientes (Tabela 2), o elemento cobre (Cu) o sistema orgânico foi o que apresentou maior teor nos grãos independente do ano do experimento e da cultivar. Houve diferença no conteúdo de Cu nos grãos entre cultivares, sendo a cultivar BRS 257 aquela com maior valor em ambos os sistemas de cultivo no ano de 2017 e no sistema orgânico em 2018. A aplicação de sulfato de cobre como fungicida pode ter afetado a disponibilidade e absorção no sistema orgânico. Essa diferença é evidenciada pela maior quantidade do elemento no solo após a colheita no segundo ano (Tabela 1).

Os teores de zinco (Zn) nos grãos foram superiores para a cultivar BRS 257 (Tabela 2) que a cultivar transgênica no ano de 2017 e no sistema orgânico de produção. No sistema orgânico foram obtidas as maiores quantidade de Zn, em ambos os anos para ambas as cultivares (Tabela 4). A disponibilidade de Zn no primeiro ano pode ter sido afetada pela calagem realizada antes da semeadura, o que pode ser constatado nos resultados da análise de solo (Tabela 1). O adubo cama de aviário, empregada no sistema

orgânico, é capaz de fornecer 3 mg kg^{-1} de Zn (BISSANI et al. 2004) explicando o maior teor do elemento nos grãos nesse sistema.

O conteúdo de ferro (Fe) nos grãos não apresentou diferença significativa em nenhum dos tratamentos (Tabela 4). Os valores de manganês (Mn) nos grãos foram superior no segundo ano de experimento no sistema orgânico, para ambas as cultivares (Tabela 2). O sistema orgânico obteve maior teor de manganês (Mn) independente da cultivar analisados. Também houve variação entre as cultivares, sendo a BMX Potência RR aquela com maiores níveis do micromineral nos grãos.

Os teores de Fe, Mn, Zn e Cu elevados são importantes para a qualidade de grão quando estes de destinam ao consumo humano (WANG et al., 2016). Os valores de Cu e Mn encontrados nos grãos no presente estudo (Tabela 2) foram inferiores aos relatados na literatura (MAGALHÃES et al., 2015).

Por fim, o elemento boro (B) foi encontrado em teores equivalentes nos grãos entre sistemas de cultivo (Tabela 2). Na análise do solo foi encontrado em níveis alto antes do primeiro plantio e médio antes do segundo ano de experimento (Tabela 1). Os conteúdos de B encontrados nos grãos foram similares aos relatados na literatura (MAGALHÃES et al, 2015). A maioria dos solos do RS são bem supridos deste elemento (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 2016), e a disponibilidade hídrica pode afetar sua absorção (WIJewardana et al., 2019).

O sistema de cultivo orgânico alterou composição dos minerais N, P, Ca, Mg, S, Cu, Zn e Mn, tendo sido a adubação a principal diferença entre o sistema orgânico e convencional. Segundo Caires et al. (2006), a correção do solo influencia a disponibilidade de nutrientes para a cultura. No presente estudo tanto os grãos produzidos em cultivo convencional quanto orgânico tiveram valores de macronutrientes próximos

da composição de grãos encontrada por outros autores (Tabela 2). Os grãos oriundos do cultivo orgânico obtiveram valores de micronutrientes iguais ou superiores aos do cultivo convencional (Tabela 2)

Composição nutricional em proteína, óleo e o perfil de ácidos graxos dos grãos de soja

Os resultados obtidos para os conteúdos de proteína nos grãos variaram de 34,2 a 43,6 % (Tabela 2). Não houve diferença entre os sistemas de cultivo ou entre cultivares. No manejo convencional no primeiro ano de cultivo (2017), a cultivar BMX Potência RR apresentou maior teor de proteína que a cultivar BRS 257. No segundo ano (2018), sob manejo convencional não houve diferença entre as cultivares. Para o primeiro ano (2017), sob manejo orgânico as cultivares não tiveram diferença significativa para os teores de proteína. Contudo, no segundo ano (2018) a cultivar BMX Potência RR obteve maior conteúdo de proteína.

Houve grande variação no conteúdo de proteína nos grãos entre os anos, com maior teor de proteína no primeiro ano de experimento, no qual ocorreu elevada precipitação (Figura 1), Albrecht et al. (2008) afirmam que um ano com maior precipitação pode resultar em menor conteúdo de proteínas e maior teor de óleo em sementes de soja. Por outro lado, Wijewardana et al. (2019) encontraram maiores teores de proteína nos grãos de soja quanto maiores as quantidades de água disponível no solo. Portanto, a diferença na precipitação entre os anos pode explicar as diferenças nas quantidades de proteína e óleo encontradas entre os anos de cultivo. O correto suprimento de água para a cultura pode refletir em melhor qualidade dos grãos para a indústria e para o consumo humano (SANTOS et al., 2014). Embora tenha havido diminuição no

conteúdo de proteína do primeiro para o segundo ano (Tabela 2) o conteúdo de proteína foi similar aos valores encontrados por WANG et al. (2016).

A variação no conteúdo de proteína em grãos de soja é esperada entre cultivares (BONATO et al., 2000; WANG et al., 2016), ainda que exista uma base genética estreita, ou seja, poucos ancestrais em cultivares utilizadas no Brasil (WYSMIERSKI, 2010). Os conteúdos de proteína têm correlação inversa com a produtividade, principal característica buscada em programas de melhoramento genético (RODRIGUES et al., 2010). Contudo, cultivares em que é empregada a transgenia não tem necessariamente alterações na característica nutricional (BØHN et al., 2014).

De acordo com Balisteiro et al. (2013) analisando amostras de grãos de soja orgânica comercial demonstraram que estes apresentam um conteúdo maior de proteína (41,8%) quando comparado àqueles oriundos de sistema convencional (36,8%). A composição de grãos oriundos de produção orgânica pode apresentar maior teor de proteínas totais e carboidratos, mas apresentam menor quantidade óleos, quando comparados aqueles de sistema convencional, corroborando com os resultados de Bøhn et al. (2014).

Os resultados obtidos para os teores de óleo nos grãos variaram de 16,6 a 25,1% para os anos de 2016/17 e 2017/18 (Tabela 2). O conteúdo de óleo foi menor no sistema orgânico na cultivar BRS 257 no ano de 2017. O sistema de cultivo não afetou o conteúdo de óleo de ambas as cultivares nos dois anos de experimento (Tabela 2). Comparando-se as cultivares, os conteúdos de óleo foram semelhantes entre elas no sistema orgânico e convencional nos dois anos de avaliação.

Os constituintes óleo e proteína em grãos de soja tem um componente genético e exibem uma significativa influencia ambiental (RODRIGUES et al., 2010; LI et al.,

2019). Por exemplo, a radiação interceptada pelas folhas e o número de folhas são determinantes no conteúdo de proteína e óleo em grãos de soja (BIANCULLI et al., 2016). Variação semelhante entre anos foi reportado por Nogueira et al. (1983) em que o fator ano tem maior influência no teor de óleo dos grãos. Os teores encontrados no presente estudo corroboram com os encontrados para a maioria das cultivares utilizadas no Brasil, variando o conteúdo de óleo de 16 a 24,2% e para o conteúdo de proteína de 33,86 a 47,35%, valores similares aos citados por RODRIGUES et al. (2015).

Quanto a composição do óleo dos grãos, ou seja, o perfil dos ácidos graxos, o ano de 2016/17 apresentou maiores quantidades dos ácidos palmítico (C16:0) com 12,44% e vacênico (C18:1n7) com 3%, do que o ano 2017/18 (Tabela 6). Os ácidos esteárico (C18:0) com 4,57%, α -linolênico (C18:3n3) com 7,15% e gadoléico (C20:1n9) com 0,35%, tiveram maior participação no perfil de ácidos graxos nos grãos de soja no ano agrícola de 2018 (Tabela 3). As safras 2016/2017 e 2017/2018 apresentaram diferenças quanto aos valores ocorridos de temperaturas do ar e de precipitação (Figura 1), tais oscilações poderiam explicar o efeito do ano sobre as variações na composição dos grãos de soja entre os anos de cultivo. Avaliando o efeito do estresse hídrico em soja, Wijewardana et al. (2019), demonstraram que o falta de água no solo resultou em aumento nos teores de óleo e dos ácidos oleico, esteárico e linolênico nos grãos, corroborando os resultados apresentados.

Entre os sistemas de cultivo no orgânico, o perfil de ácidos graxos exibiu os ácidos palmítico (C16:0) com 12,46% e linoleico (C18:2n6c) com 56,4% em maior quantidade. Os ácidos esteárico (C18:0) com 4,1%, oléico (C18:1n9c) com 20,89%, vacênico (C18:1n7) com 2,3% e gadoléico (C20:1n9) com 0,33% foram mais abundantes em grãos oriundos do sistema convencional de cultivo (Tabela 3).

Na alimentação humana os ácidos graxos saturados com 14 e 16 átomos de carbono (mirístico e palmítico) são os que mais agem no sentido de elevação do nível de colesterol no sangue, já ácidos graxos poli-insaturados como linolênico e linoleico (C18:3 e C18:2) tem maior efeito sobre a redução do colesterol (SOUZA et al., 1998). Como a disponibilidade de ácidos graxos insaturados, tanto em animais como para humanos, depende do fornecimento alimentar, fontes ricas tais quais grãos de soja devem estar presentes da dieta (MOREIRA et al., 2002).

A presença de ácidos graxos benéficos a saúde humana nos grãos reforça a importância da soja na alimentação não apenas como uma fonte de proteínas (BIANCULLI et al., 2016). Além disso, mesmo que sejam utilizados para alimentação animal, ácidos graxos essenciais como ácido linolênico e linoleico serão componentes da carne (SOUZA et al., 1998), o que também pode ser diferencial entre produtos orgânicos de origem animal (CODEX, 2005).

Com o presente estudo, não foi possível verificar a presença de resíduos de fungicidas nos grãos de soja. Outro aspecto aqui encontrado foi que o ano safra foi o principal responsável na variação de macro e micronutrientes nos grãos. Por fim, observou-se variação no teor de proteínas em função das condições de cultivo entre anos, possivelmente devido as diferenças nas condições meteorológicas ocorridas.

Tais constatações demonstram que o sistema orgânico de cultivo de soja, diminui o teor de óleo, porém promove maior teor do ácido linoléico nesse óleo, podendo ser uma alternativa viável aos produtores. Além disso, no futuro a qualidade dos grãos pode se tornar um componente que agregue prêmios nos preços pagos aos produtores em virtude da exigência de consumidores.

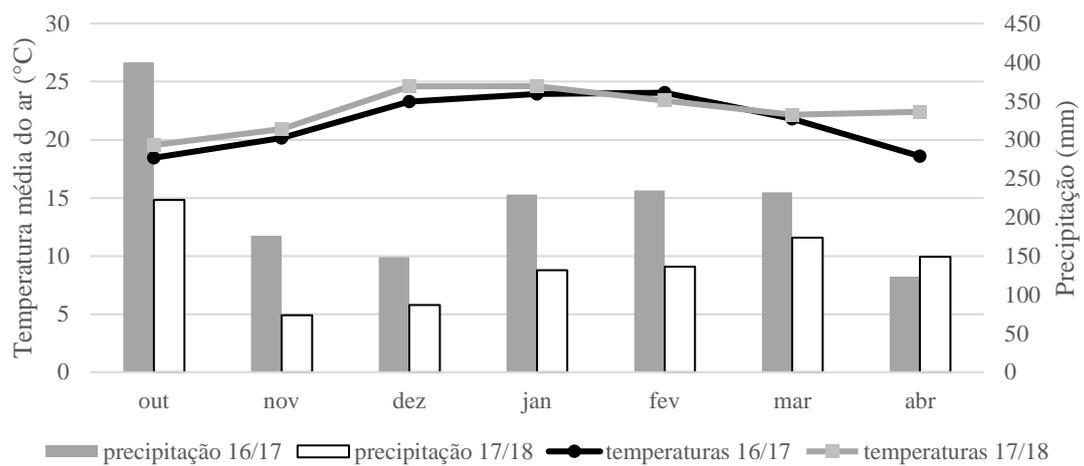


Figura 1. Média de Temperatura (T°C) e Precipitação (mm) nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, em área experimental com plantio de soja na Universidade Federal de Santa Maria.

Tabela 1. Resultados das análises químicas do solo antes da semeadura (2016), e após as colheitas de soja em 2017 e 2018 em área de cultivo experimental na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

		pH H ₂ O (1:1)	P- Mehlich	K	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC efet.	Saturação Bases	Saturação Al	M.O.	Cu	Zn	B
		-----mg/dm ³ -----				-----cmol/dm ³ -----				-----%-----			-----mg/dm ³ ---			
Pré plantio		4,5	31,3	144,0	18,4	2,6	1,6	1,4	17,3	5,9	20,8	23,7	2,0	1,16	5,44	0,4
Pós colheita 2017	Convencional	5,6	27,9	100,0	14,6	6,9	2,7	0,0	4,4	9,8	69,0	0,0	2,4	1,34	28,39	0,2
	Orgânico	5,0	22,1	184,0	14,1	4,5	2,1	0,9	9,7	8,0	42,3	11,2	2,5	1,35	31,11	0,2
Pós colheita 2018	Convencional	5,3	38,4	80,0	9,5	5,6	2,0	0,2	8,7	7,9	47,2	2,5	3,1	1,96	13,13	0,5
	Orgânico	5,1	31,5	128,0	10,6	4,2	1,7	0,8	9,7	7,0	39,2	11,4	2,8	2,49	12,75	0,6

Fonte: Autorial Própria

Tabela 2. Teores de macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em m.m^{-1} (%); e de micronutrientes: cobre, zinco, ferro, manganês e boro em mg.kg^{-1} ; proteína (%) e óleo (%) em grãos de soja das cultivares BRS 257 e BMX Potência RR, nos sistemas de cultivo orgânico e convencional, nos anos 2016/2017 e 2017/2018 em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. Santa Maria/RS

	2017				2018			
	Orgânico		Convencional		Orgânico		Convencional	
	BRS 257	BMX Prot. RR	BRS 257	BMX Prot. RR	BRS 257	BMX Prot. RR	BRS 257	BMX Prot. RR
Macronutrientes								
Nitrogênio (%)	6,20a	6,07b	6,23a	6,10b	5,60b	5,93a	6,33a	5,93a
Fósforo (%)	0,70a	0,64b	0,65b	0,63b	0,63a	0,59b	0,59b	0,61b
Potássio (%)	1,97a	1,87a	1,93a	1,87a	1,90a	1,90a	1,90a	1,87a
Cálcio (%)	0,29	0,23c	0,31a	0,24c	0,29a	0,30a	0,34b	0,29a
Magnésio (%)	0,29a	0,30a	0,28b	0,28b	0,28a	0,29a	0,26b	0,28a
Enxofre (%)	0,38a	0,37a	0,34b	0,34b	0,35a	0,35a	0,30b	0,32b
Micronutrientes								
Cobre (mg.kg^{-1})	18,00a	14,33c	16,00b	13,33d	14,00a	12,67b	11,00b	12,00b
Zinco (mg.kg^{-1})	61,33a	58,33b	55,67c	52,67d	60,33a	56,00b	51,33c	54,33c
Ferro (mg.kg^{-1})	157,00a	148,00a	117,33a	113,00a	133,33a	104,33a	121,67a	99,67a
Manganês (mg.kg^{-1})	28,67a	29,00a	25,00b	27,00b	33,67a	33,00a	23,33c	28,33b
Boro (mg.kg^{-1})	35,00a	24,33b	34,67a	25,33b	28,00a	28,33a	27,33a	23,67b
Proteína (%)	42,92a	42,82a	39,86b	43,60a	34,20b	38,83a	34,53b	34,53b
Óleo (%)	16,56b	16,96b	20,43a	18,93a	24,66a	23,78a	25,13a	24,34a

Letras minúsculas distintas cultivares e entre sistemas de cultivo indicam diferença pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos em grãos de soja para cada cultivar (BRS 257 e BMX Potência RR) e nos sistemas de cultivo orgânico e convencional, em área experimental na Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. a. Santa Maria/RS.

ÁCIDOS GRAXOS	SIMBOLOGIA	Cultivar		Sistema de Cultivo	
		BRS 257	BMX Pot. RR	Orgânico	Convencional
Ácido mirístico	C14:0	0,10	0,10 ns	0,10	0,10 ns
Ácido palmítico	C16:0	11,96	12,31 ns	12,46a	11,81b
Ácido esteárico	C18:0	3,96	3,80 ns	3,66b	4,10a
Ácido oleico	C18:1n9c	19,93	18,70 ns	17,74b	20,89a
Ácido vacênico	C18:1n7	2,21	2,14 ns	2,05b	2,30a
Ácido linoleico	C18:2n6c	54,22	55,41 ns	56,40a	53,23b
Ácido α -linolênico	C18:3n3	6,70	6,61 ns	6,69	6,62 ns
Ácido araquídico	C20:0	0,35	0,32 ns	0,34	0,33 ns
Ácido gadoléico	C20:1n9	0,16	0,30 ns	0,13b	0,33a
Ácido behênico	C22:0	0,39	0,31 ns	0,41	0,29 ns

ns – não significativo. Letras minúsculas distintas cultivares e entre sistemas de cultivo indicam diferença pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4 CONCLUSÕES

- O sistema de cultivo não afeta o teor de macronutrientes nem conteúdo de proteína nos grãos;
- O teor de óleo nos grãos é menor no sistema orgânico de cultivo;
- O sistema de cultivo orgânico melhora o perfil de ácidos graxos pelo aumento no teor de ácido linoléico no óleo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A. de L. e; ÁVILA, M.R.; SUZUKI, L.S.; SCAPIM, C.A.; BARBOSA, M.C. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, v.67, n.4, p.865-873, 2008.

AOAC. 2005. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

BALISTEIRO, D.M.; ROMBALDI, C.V.; GENOVESE, M.I. Protein, isoflavones, trypsin inhibitory and in vitro antioxidant capacities: Comparison among conventionally and organically grown soybeans. **Food Research International**, v.51, p.8-14, 2013.

BIANCULLI, M. L.; AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; IRUJO, G.A.P.; ECHARTE, M.M. Contribution of incident solar radiation on leaves and pods to soybean seed weight and composition. **European Journal of Agronomy**, v.77, p.1-9, 2016.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.D.O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. **Genesis**, 2004. 328p.

BLIGH, E.G. and DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BØHN, T.; CUHRA, M.; TRAAVIK, T.; SANDEN, M.; FAGAN, J.; PRIMICERIO, R. Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. **Food Chemistry**, v.153, p.207-215, 2014.

BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; LANGE, C.E.; RUBIN, S. de A. L. Teor de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2391-2398, 2000.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, v.63, n.4, p.370-379, 2006.

CAIRES, E.F. e FONSECA, D.F. da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex Standards for named vegetable oils**, CODEX Stan 210, 1999. Roma: FAO/WHO, 2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 4. ed. Passo Fundo: SBCN – Núcleo Regional Sul/EMBRAPA – CNPT, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

GOMIERO, T. Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: Findings and issues. **Applied Soil Ecology**, v.123, p.714-728, 2018.

HAN, Y; MO, R.; YUAN, X.; ZHONG, D.; FANG, F.; YE, C.; LIU, Y. Pesticide residues in nut-planted soils of China and their relationship between nut/soil. **Chemosphere**, v.180, p.42-47, 2017.

HARTMAN, L. and LAGO, B.C. **A rapid preparation of fatty methyl esters from lipids**. Lab. Pract. 22, p. 475-477, 1973

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados Meteorológicos de Estações Automática**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 4 jun 2018.

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 17, de 18 de junho de 2014, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-17-de-18-de-junho-de-2014.pdf/view>>. Acesso em 21 dez 2018.

JOHN, K.M.M.; NATARAJAN, S.; LUTHRIA, D.L. Metabolite changes in nine different soybean varieties grown under field and greenhouse conditions **Food Chemistry**, v.211, p.347-355, 2016.

LEI No 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Presidência da República, Casa Civil. Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm> Acesso em 21 dez 2018.

LI, D.; ZHAO, X.; HAN, Y.; LI, W.; XIE, F. Genome-wide association mapping for seed protein and oil contents using a large panel of soybean accessions. **Genomics**, v.111, n.1, p. 90-95, 2019.

MACHADO, F. e CORAZZA, R. Desafios tecnológicos, organizacionais e financeiros da agricultura orgânica no Brasil. **Revista de la Facultad de Economía**, v.9, n.26, p.21-40, 2004.

MAGALHÃES, W. de A.; MEGAIOLI, T.G.; FREDDI, O da S.; SANTOS, M.A. dos. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.13, n.2, p.95-100, 2015.

MEDIC, J.; ATKINSON, C.; HURBURGH Jr, C.R. Current knowledge in soybean composition. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v.91, p.363-384, 2014.

MOREIRA, N.X.; CURI, R.; MANCINI FILHO, J. Fatty acids: a review. **Nutrire: Journal of the Brazilian Society for Food and Nutrition**, v.24, p.105-123, 2002.

MUNDSTOCK, C. M. e THOMAS, A. L. **Soja Fatores que afetam crescimento e rendimento de grãos**. Porto Alegre. Envagraf. 2005. 31 p.

MUNOZ-HERNANDEZ, R.J.; SILVEIRA, R.I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, v.55, n.1, p.79-85, 1998.

NOGUEIRA, S.S.S.; HAAG, H.P.; MIRANDA, M.A.C. Effect of time of planting on oil and protein content of the seeds of two soybean varieties. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.40, n.2, p.667-686, 1983.

OLIVEIRA, A.C.B de; ROSA, A.P.S.A. da. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Documentos 382, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2014. 124p.

PÍPOLO, A.E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J.M.G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina, Comunicado Técnico 86, 2015. 16p.

RODRIGUES, J.I.S.; ARRUDA, K.M.A.; CRUZ, C.D.; PIOVESAN, N.D.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Divergência em QTLs e variância genética para teores de proteína e óleo em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.11, p.1042-1053, 2015.

RODRIGUES, J.I.S.; MIRANDA, F.D.; BORGES, L.L.; SILVA, M.F.; GOOD-GOD, P.I.V.; PIOVESAN, N.D.; BARROS, E.G.; CRUZ, C.D.; MOREIRA, M.A. QTL mapping for protein and oil content in soybeans in a Brazilian germplasm. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45. n.5, p.472-480, 2010.

SALVADORI, J. R.; BACALTCHUK, B.; DEUNER, C. C.; LAMAS JÚNIOR, G. L. C.; RIZZARDI, M. A.; LANGARO, N.C.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; BOLLER, W. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2016. 127 p.

SANTOS, M. A. **Mapeamento de QTLs para caracteres relacionados com a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em soja**. 2009. 101 fl. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SANTOS, E.L.; PÍPOLO, A.E.; FARIA, R.T.; PRETE, C.E. C.I. Influence of genotype on protein oil concentration of soybean seeds. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n.4, p.793-799, 2010.

SANTOS, W.F.S.; SANTOS, D.S.; PELÚZIO, J.M.; REINA, E.; SODRÉ, L.F.; AFFÉRI, F.S.; VÍTOR, L.A.; LIMA, L. Teores de lipídios e proteína de soja visando aplicação industrial. **Tecnologia e ciência Agropecuária**, v.8, n.3, p.61-64, 2014.

SINGERMAN, A; LENCE, S. H.; KIMBLE-EVANS, A. How Related Are the Prices of Organic and Conventional Corn and Soybean? **Agribusiness**, v.30, n.3, p.309-330, 2014.

SOUZA, N.E de; MATSUSHITA, M; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos: estrutura, classificação, nutrição e saúde. **Arquivos da Apadec**, V.2, n.2, p. 102-107, 1998.

VARGAS, R.L. de. **Teores de macronutrientes e micronutrientes em sementes de soja**. 2014. 55 fl. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

WANG, P.; XIAOJUAN DENG; YIAN HUANG; XIAOLONG FANG; JIE ZHANG; HAIBO WAN; CUNYI YANG. Root morphological responses of five soybean [*Glycine max* (L.) Merr] cultivars to cadmium stress at young seedlings. **Environ Sci Pollut Res**, v.23, p.1860–1872, 2016.

WIJewardana, C.; Reddy, K.R.; Bellaloui, N. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. **Food Chemistry**, v.278, p.92-100, 2019.

Würriehausen, N.; Ihleb, C.; Laknera, S. Price relationships between qualitatively differentiated agricultural products: organic and conventional wheat in Germany. **Agricultural Economics**, v.46, p.195–209, 2015.

Wysmierski, P.T. **Contribuição genética dos ancestrais da soja às cultivares brasileiras**. 2010. 99 fl. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.

Yu, X.; Guo, L.; Jiang, G.; Song, Y.; Muminov, M. Advances of organic products over conventional productions with respect to nutritional quality and food security, **Acta Ecologica Sinica**, v.38, p. 53-60, 2018

Zimmer, S.; Messmer, M.; Haase, T.; Piepho, H.P.; Mindermann, A.; Schulz, H.; Habekuß, A.; Ordon, F.; Wilbois, K.-P.; Heß, J. Effects of soybean variety and *Bradyrhizobium* strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany. **European Journal of Agronomy**, v.72, p.38-46, 2016.

4 DISCUSSÃO GERAL

Trabalhos anteriores demonstraram a viabilidade de se utilizar compostos orgânicos de forma eficiente como fonte de adubação para a cultura da soja sem afetar a nodulação das raízes (ANGLE; MADARIAGA; HEGER, 1992; RAGAGNIN et al., 2013). Assim como o efeito de agrotóxicos empregados nos sistemas de cultivo comerciais na nodulação haviam sido demonstrados (BÖHM; ROMBALDI, 2010). Porém, a visão do sistema de cultivo de forma integrada é menos facilmente mensurável e a determinação de qual ferramenta de manejo foi responsável pela diferença entre sistemas pode ser impossível. Comparando-se sistemas de cultivo distintos no presente estudo é possível dizer que o sistema orgânico não prejudica a capacidade da soja em efetivar sua associação simbiótica com *Bradyrhizobium*, confirmando a primeira hipótese. Ao contrário, espera-se que a não utilização de agrotóxicos permita o melhor desenvolvimento dos nódulos (HAN et al., 2017). A opção por não se empregar tratamento de sementes pode explicar não serem encontradas diferenças entre os tratamentos, visto que é uma ferramenta de manejo empregada no cultivo convencional e afetar a nodulação (ZAEFARIAN; REZVANI, 2016).

Por sua vez, a absorção de nutrientes variou de forma similar à nodulação. A correlação entre o número de nódulos e o teor de nutrientes nas folhas ocorrida é esperada para o N, conforme Luca e Hungria (2014), e também foi observada para o cálcio, o magnésio, o manganês e o boro. A mesma correlação entre nodulação e absorção de nutrientes, sobretudo o N, existe para a produtividade da cultura (BRACINI et al., 2016). A correlação entre o teor de nutrientes foliar em R4 e o teor dos elementos nos grãos é esperada e corresponde à aproximadamente 50% para o N, seguindo a uma ordem de exigência por elemento a ser extraído: N>K>Ca>Mg>P>S (MAEHLER et al., 2003). Ainda que alternativas de manejo sejam importantes, fatores ambientais afetam os processos ligados a nodulação, absorção de nutrientes e por conseguinte a produtividade (TAIZ et al., 2017).

A composição dos grãos quanto a nutrientes tende a variar conforme a cultivar utilizada e pode ser afetada por ferramentas de manejo como no caso da presença de resíduos (BØHN et al., 2014). Também a condição ambiental pode explicar as variações observadas entre os macro e microminerais encontrados nos grãos, sendo a variação existente entre anos consecutivos (FREIRE, 1992). A diferença observada entre os sistemas de cultivo para o conteúdo de N nos grãos para a cultivar não transgênica pode estar relacionada ao maior diâmetro dos nódulos e maior percentual de nódulos ativos no sistema convencional. A nodulação poderá implicar em

maior conteúdo de N nos grãos, mas sempre há uma exigência mínima da planta (WANG et al., 2016) e essa correlação não é obrigatória segundo Santos (2009). Além disso, a qualidade de grãos é inversamente proporcional à produtividade, quando se trata de diferentes cultivares (RODRIGUES et al., 2010).

Ainda quanto a qualidade nutricional dos grãos de soja, esta é afetada por condições ambientais como temperatura e precipitação, o que pode explicar a variação entre os anos (WIJewardana; REDDY; BELLALOU, 2019). Nutrientes móveis como o N e o K são requeridos pelas plantas durante as fases vegetativa e reprodutiva, e estas devem ter adequado suprimento e, principalmente, condição ideal para o desenvolvimento de nódulos (WANG et al., 2016). Em estudo com adição de até 60 kg/ha de N no plantio de soja houve diminuição na quantidade absorvida referente à FBN de 6,4 para 6,2% por kg de grão produzido, em um rendimento médio de 2877 kg/ha, corresponde a um fornecimento (sem contar o que fica nos tecidos) diminuído de 184 para 178 kg de N.ha⁻¹ (BRANCALÃO et al., 2015). Em dois anos consecutivos de cultivo de soja no Mato Grosso do Sul (MS), sem adição de N mineral no plantio, a cultura absorveu 234.2 kg.ha⁻¹ do elemento para um rendimento de 3553 kg.ha⁻¹ e 200.8 kg.ha⁻¹ para rendimento de 2935 kg.ha⁻¹ no primeiro e no segundo ano, respectivamente (ALVEZ et al., 2006).

Os teores de proteína e óleo em grãos de soja podem variar de acordo com a cultivar utilizada, e também pela condição ambiental que a planta se desenvolve (PÍPOLO et al., 2015). Contudo essa variação pode significar diferentes finalidades para a soja como matéria prima, em que teores de proteína inferiores a 36% delegam ao produto a produção de ração animal e valores superiores para a elaboração de produtos para a alimentação humana, portanto, com valor de mercado diferenciado (ZIMMER et al., 2016). O perfil de ácidos graxos é afetado pelo sistema de cultivo, aumentando os teores de componentes como o ácido palmítico (C16:0) e o ácido linoleico (C18:2n6c) no sistema orgânico, o que representa um aumento de qualidade por serem estes importantes componentes da dieta para animais e humanos (WIJewardana; REDDY; BELLALOU, 2019). Visto que a condição de manejo e o ambiente em que a soja se desenvolve afetam a qualidade pela alteração da composição dos grãos, é certo que a recomendação de inserção de ferramentas do sistema de cultivo orgânico pode significar ganhos pela ampliação das possibilidades de comercialização do produto (SANTOS et al., 2014). Porém, também recomendações quanto à busca por condição ambiental mais favorável ao desenvolvimento da planta, para se obter sinergia entre técnicas de manejo, como recomendações de época de semeadura ideais para cada região sojícola atualizadas (ZANON

et al., 2015). Aliado a isso que o melhoramento busque plantas com arcabouço genético que possibilite ganhos em qualidade a despeito da produtividade, visando também produtores familiares (LI et al., 2019).

5 CONCLUSÕES GERAIS

- O número de nódulos por plantas de soja é maior no sistema orgânico de cultivo;
- No sistema de cultivo orgânico o diâmetro de nódulos é menor;
- O sistema de cultivo orgânico apresenta maior teor de K, Mn e B, enquanto o sistema convencional apresenta maiores teores de Ca e Mg, nas folhas;
- Existe correlação positiva entre o número de nódulos por planta e o teor de nitrogênio nas folhas;
- O sistema de cultivo não afeta o teor de macronutrientes nem conteúdo de proteína nos grãos;
- O teor de óleo nos grãos é menor no sistema orgânico de cultivo;
- O sistema de cultivo orgânico melhora o perfil de ácidos graxos pelo aumento no teor de ácido linoléico no óleo.

ANEXOS

NORMAS DA REVISTA BRAGANTIA

Os artigos e as revisões devem ter até 25 páginas (folha tamanho A4 com margens de 3 cm, fonte em Times New Roman tamanho 12, páginas e linhas numeradas sequencialmente), incluindo tabelas e figuras. As Notas Científicas devem apresentar até 12 páginas, incluindo tabelas e figuras. Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico. As revisões são publicadas a convite da Revista.

O texto deve ser digitado em programa compatível com o Word (Microsoft), em espaçamento duplo. As principais divisões do texto (Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão e Conclusões) devem ser numeradas, em maiúsculo e negrito, e centralizadas na página. Notas científicas não apresentam divisões, conforme mencionado anteriormente.

O título do manuscrito deve refletir o conteúdo do trabalho e não deve ter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos. O nome científico deve ser indicado no título apenas se a espécie for desconhecida.

Os nomes do autor e co-autores devem ser inseridos no sistema submission na mesma ordem em que aparecerão no trabalho final. Não indicar a autoria do trabalho no texto do manuscrito que será encaminhado aos assessores ad-hoc.

O resumo e abstract devem apresentar o objetivo da pesquisa de forma clara e concisa, os métodos de forma resumida, os resultados mais relevantes e as conclusões. O texto deve apresentar até 250 palavras, frases curtas, completas e com conexão entre si. Não deve apresentar citações bibliográficas. O título do trabalho em inglês, abstract e key words devem ser fiéis versões do título em português, resumo e palavras-chave.

As palavras-chave e key words não devem repetir palavras do título, devendo-se incluir o nome científico das espécies estudadas. As palavras devem ser separadas por vírgula e iniciadas com letra minúscula, inclusive o primeiro termo. Os autores devem apresentar de 3 a 6 termos, considerando que um termo pode ser composto de duas ou mais palavras.

A Introdução deve ter de uma a duas páginas, conter a justificativa para a realização do trabalho, situando a importância do problema científico a ser solucionado. A informação contida na Introdução deve ser suficiente para o estabelecimento da hipótese da pesquisa. Os

autores devem citar trabalhos recentes publicados em periódicos científicos, porém a citação de trabalhos clássicos é aceita. Deve-se evitar a citação de resumos e abstracts. No último parágrafo da Introdução, os autores devem apresentar a hipótese científica e o objetivo do estudo, da mesma forma que no Resumo.

O Material e Métodos deve apresentar a descrição da condição experimental e dos métodos utilizados de tal forma que haja informação suficiente e detalhada para que o trabalho seja repetido. Fórmulas, expressões ou equações matemáticas devem ser iniciadas à margem esquerda da página. Incluir referências à análise estatística utilizada e informar a respeito das transformações dos dados. A indicação de significância estatística deve ser da seguinte forma: $p < 0,01$ ou $p > 0,05$ (letra “p” em minúsculo).

No item Resultados e Discussão, os autores devem apresentar os resultados da pesquisa e discuti-los no sentido de relacionar as variáveis analisadas à luz dos objetivos do estudo. A mera comparação dos resultados com os dados apresentados por outros autores não caracteriza a discussão dos mesmos. Deve-se evitar especulação excessiva e os dados não devem ser apresentados simultaneamente em tabelas e em figuras.

A Conclusão deve ser elaborada de tal forma que responda a questão abordada na pesquisa, confirmando ou não a hipótese do trabalho e estando de acordo com o objetivo. Os autores devem ficar atentos para que a Conclusão não seja um resumo dos principais resultados. A redação da Conclusão deve ser com o verbo no presente do indicativo.

Apenas as referências estritamente necessárias para a compreensão do artigo devem ser citadas, sendo recomendado ao redor de 25 referências para artigos e notas científicas. A listagem das referências deve iniciar em uma nova página.

As citações de autores no texto devem ser em caixa alta reduzida ou versalete, seguidas do ano de publicação. Para dois autores, usar “e” ou “and” se o texto for em inglês. Havendo mais de dois autores, citar o sobrenome do primeiro, seguido de et al. Ex.: STEEL e TORRIE (1980) ou (STEEL e TORRIE, 1980). HAAG et al. (1992) ou (HAAG et al., 1992). Mais de um artigo dos mesmos autores, no mesmo ano, devem ser discriminados com letras minúsculas: HAAG et al. (1992a,b). Comunicações pessoais, trabalhos ou relatórios não publicados devem ser citados no rodapé, não devendo aparecer em Referências. A citação de trabalhos publicados em anais de eventos científicos deve ser evitada.

As referências são normatizadas segundo os modelos abaixo e devem estar em ordem alfabética de autores e, dentro desta, em ordem cronológica de trabalhos; havendo dois ou mais

autores, separá-los por ponto e vírgula; os títulos dos periódicos devem ser escritos por extenso; incluir apenas os trabalhos citados no texto, em tabelas e/ou em figuras, na seguinte forma:

a) Periódicos

CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; BARROS, B.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Comportamento agrônômico de linhagens de trigo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.60, p.35-44, 2001.

b) Livros e capítulos de livros

STEEL, R.G.D. and TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631p.

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E. (Ed.). **Chemistry of the soil**. 2. ed. New York: Reinhold, 1964. p.71-141.

c) Dissertações e Teses

OLIVEIRA, H. DE. **Estudo da matéria orgânica e do zinco em solos sob plantas cítricas sadias e apresentando sintomas de declínio**. 1991. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Quando absolutamente necessárias ao entendimento do trabalho, tabelas e figuras devem acompanhar o texto. O conjunto tabela ou figura e a sua respectiva legenda deve ser auto-explicativo, sem necessidade de recorrer ao texto para sua compreensão. Os títulos das tabelas e figuras devem ser claros e completos e incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes. As figuras devem vir no final do texto. São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto. Os autores devem evitar cores nas figuras, exceto para fotografias. No caso de figuras compostas, cada gráfico deve ser assinalado com a inscrição “(a)”, em letra minúscula.

As tabelas não devem apresentar linhas verticais e assim como as figuras devem ser posicionadas, nessa ordem, após a listagem das referências. Os números nas tabelas devem ser alinhados pela vírgula na coluna. As figuras e tabelas devem ser acompanhadas pela respectiva legenda, com as unidades das variáveis analisadas seguindo o Sistema Internacional de Medidas e posicionadas no topo das colunas nas tabelas, fora do cabeçalho da mesma. As grandezas no caso de unidades compostas devem ser separadas por espaço e a indicação dos denominadores deve ser com notação em sobrescrito. Exemplos: ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), [mg (g MS)^{-1}].

RECOMENDAÇÕES IMPORTANTES:

- No caso de trabalho que envolva plantio direto, o histórico da área deve ser informado.

- não mencionar o laboratório, departamento, centro ou universidade onde a pesquisa foi conduzida.

- Trabalhos relacionados ao controle químico de pragas e doenças (com produtos naturais e sintéticos) e estudos que envolvam micropropagação e cultura de tecidos não serão considerados para a publicação em *Bragantia*. No caso de reguladores vegetais, bioestimulantes e demais produtos químicos, os trabalhos devem necessariamente estabelecer uma hipótese bem fundamentada, sendo o agente químico utilizado para testar a hipótese e responder à questão abordada no artigo.

- Os autores devem consultar fascículo recente de *Bragantia* para ciência do layout das tabelas e figuras.

- Na submissão online dos trabalhos, os nomes do autor e co-autores devem ser inseridos no sistema na mesma ordem em que aparecerão no trabalho final. Não indicar a autoria do trabalho no texto do manuscrito que será encaminhado aos assessores ad-hoc.

- O não atendimento às normas implicará na devolução do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. D. de. **Atividade das enzimas nitrogenase e nitrato redutase em plantas de feijoeiro oriundas de sementes com diferentes teores de molibdênio.** 2010. 65p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) — Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2010.
- ALVEZ, B. J. R. et al. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.449-456. 2006.
- ANDRIOLI, A. I. **Soja orgânica versus soja transgênica: um estudo sobre tecnologia e agricultura familiar no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.** Editora UFFS, Chapecó. 2016. 362p.
- ANGLE, J. S.; MADARIAGA, G. M.; HEGER, E. A. Sewage sludge effects on growth and nitrogen fixation of soybean. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zurich, v. 41, p. 231-239, 1992.
- ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Nodulação e fixação do dinitrogênio em soja tratada com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.2, p. 325-330, 2001.
- BALISTEIRO, D. M.; ROMBALDI, C. V.; GENOVESE, M. I. Protein, isoflavones, trypsin inhibitory and in vitro antioxidant capacities: Comparison among conventionally and organically grown soybeans. **Food Research International**, Ontario, v.51, p. 8-14, 2013.
- BIANCULLI, M. L. et al. Contribution of incident solar radiation on leaves and pods to soybean seed weight and composition. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v.77, p.1-9, 2016.
- BOHRER, T. R. J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p. 937-952, 1998.
- BOHM, G. B.; ROMBALDI, C. V. Efeito da transformação genética e da aplicação do glifosato na microbiota do solo, fixação biológica de nitrogênio, qualidade e segurança de grãos de soja geneticamente modificada. **Ciência Rural**, v.40, n.1, p.213-221, 2010.
- BØHN, T. et al. Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. **Food Chemistry**, v.153, p.207-15, 2014.
- BOSA, G. Mercado orgânico deve gerar R\$ 4 bilhões em 2018. **IstoÉ Dinheiro**, 23 ag. 2018. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/mercado-organico-deve-gerar-r-4-bilhoes-em-2018/>. Acesso em: 23 dez. 2018.
- BOWDEN C. L. et al. Soil Carbon and Physiological Responses of Corn and Soybean to Organic Amendments. **Compost Science & Utilization**, v.18, n.3, p.162-173, 2013.

BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K. ; LIMA, L. H. S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.

BRANCALIÃO, S.R. et al. Produtividade e composição dos grãos de soja após o aporte de nitrogênio com o uso de culturas de cobertura em sistema de semeadura direta. **Nucleus**, v.12, n.1, p.69-76, 2015.

BRASIL. DECRETO n° 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm>. Acesso em: 22 de maio de 2016.

BRIGHENTI, A. M.; BRIGHENTI, D. M. Controle de plantas daninhas em cultivos orgânicos de soja por meio de descarga elétrica. **Ciência Rural**, v.39, n.8, p.2315-2319, 2009.

CAMPO, J. R.; HUNGRIA, M. Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja. **Embrapa Soja. Circular Técnica**, 26, Londrina, p.32, 2000.

CARVALHO, E. R. et al. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.930-939, 2011.

CIANCIO, N. H. R. **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral**. 2010. 86p. Dissertação de mestrado — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2010.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **SBCN – Núcleo Regional Sul/EMBRAPA – CNPT**, Passo Fundo, 4 ed., 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2017. **Produtos orgânicos do PAA remuneram melhor agricultor familiar**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/297-produtos-organicos-do-paa-remuneram-melhor-agricultor-familiar-20170621>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. (org.) **Soja orgânica: alternativas para o manejo dos insetos-pragas**. Embrapa Soja, Londrina. 2003. 83p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FREIRE, J. R. J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosa. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1992. p. 121-140.

- GELFAND, I.; ROBERTSON, G.P. A reassessment of the contribution of soybean biological nitrogen fixation to reactive N in the environment. **Biogeochemistry**, v.123, p.175-184, 2015.
- HAN, Y. et al. Pesticide residues in nut-planted soils of China and their relationship between nut/soil. **Chemosphere**, v.180, p.42-47, 2017.
- HUNGRIA, M. et al. Genetic diversity of indigenous tropical fast-growing rhizobia isolated from soybean nodules. **Plant and Soil**, Haia, v.288, p.343-356, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agro 2017, Resultados Preliminares**. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html. Acesso em: 21 dez. 2018.
- JOHN, K. M. M.; NATARAJAN, S.; LUTHRIA, D. L. Metabolite changes in nine different soybean varieties grown under field and greenhouse conditions. **Food Chemistry**, v. 211, p. 347-355, 2016.
- LI, D. et al. Genome-wide association mapping for seed protein and oil contents using a large panel of soybean accessions. **Genomics**, v.111, n.1, p. 90-95, 2019.
- LUCA, M. J de; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation os symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v.71, n.3, p.181-187, 2014.
- MACHADO, F.; CORAZZA, R. Desafios tecnológicos, organizacionais e financeiros da agricultura orgânica no Brasil. **Revista de la Facultad de Economía**, v. 9, n. 26, p. 21-40, 2004.
- MAELER, A.R.; COSTA, J.A.; PINTO, J.L.F., RAMBO, L. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.213-218, 2003
- MARTINS, J.D. et al. Plastocrono e número final de nós de cultivares de soja em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6, p.954-959, 2011
- MARTINS, H. Cresce a produção de grãos orgânicos no Paraná. **Revista Globo Rural**, 2018. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globorural/noticia/2018/04/cresce-producao-de-graos-organicos-no-parana.html>. Acesso em: 23 dez. 2018.
- McBRIDE, W. D.; GREENE, C. **The Profitability of Organic Soybean Production**. Selected Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Orlando, 2008. 26p.
- MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; CUNHA, M.H. **20 Perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Embrapa Cerrados, Planaltina, 2010. 19 p.

MEOTTI, G. V. et al. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.1, p.14-21, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTACIMENTO (MAPA). **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. 11 dez. 2019 Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>. Acesso em 12 dez. 2019.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja Fatores que afetam crescimento e rendimento de grãos**. Porto Alegre. Envagraf. 2005. 31 p.

NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Bioquímica e fisiologia da fixação de nitrogênio. In: CARDOSO, E. J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1992. p. 141-155.

OBERSON, A. et al. Symbiotic N₂ fixation by soybean in organic and conventional cropping systems estimated by ¹⁵N dilution and ¹⁵N natural abundance. **Plant and Soil**, v. 290, p.69-83, 2007.

OLIVEIRA, A. C. B de; ROSA, A. P. S. A. da. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Documentos 382, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2014. 124p.

OLIVEIRA, JR.R.S. et al. Influência do glyphosate sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.831-843, 2008.

PADOVAN, M.P. et al. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1705-1710, 2002.

PENHA, L. A. O.; KHATOUNIAN, C. A.; FONSECA, I. C.B. Effects of early compost application on no-till organic soybean. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1-8, 2012.

PETRY, G. Produção de orgânica de soja e milho é investimento em Três de Maio, RS. **Campo e Lavoura**, 27 jan. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/campo-e-lavoura/videos/v/producao-de-organica-de-soja-e-milho-e-investimento-em-tres-de-maio-rs/2413503/>. Acesso em 12 nov. 2019.

PÍPOLO, A.E. et al. Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. **Comunicado Técnico 86**, Londrina, 2015. 16p.

PIRDASHTI, H.; MOTAGHIAN, A.; BAHMANYAR, M. A. Effects of organic amendments application on grain yield, leaf chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, London, v.33, p.485-495, 2010.

RAGAGNIN, V. A. et al. Growth and nodulation of soybean plants fertilized with poultry litter. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, n.1, p.17-24, 2013.

- REETZ, E. R.; SANTOS, C.; CORRÊA, S. **Anuário Brasileiro da Soja**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 136p. 2008.
- RODRIGUES, J.I.S. et al. QTL mapping for protein and oil content in soybeans in a Brazilian germplasm. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45. n.5, p.472-480, 2010.
- ROMAGOSA, I.; FOX, F. N. Genotype x environment interaction and adaptation. In: HAYWARD, I.; BOSEMARK, N. O.; ROMAGOSA, I. **Plant breeding: principles and prospects**. London, 1993. p.375-390.
- SALES, V.H.G. et al. Oil and protein levels in soybean grain from different parts of the plant. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.10, n.1, p.22-29, 2016.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (SPOG-RS). **Sementes, mudas e produtos orgânicos** 4 ed. Porto Alegre. 2019. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/sementes-e-produtos-organicos>. Acesso em 29 nov. 2019.
- SMITH, K. **World Soybean Production, March 2018**. Disponível em: <https://www.soymeal.org/soy-meal-articles/world-soybean-production/>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- SALVADORI, J. R. et al. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2016. 127 p.
- SANTOS, E. L. et al. Influence of genotype on protein oil concentration of soybean seeds. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n.4, p.793-799, 2010.
- SANTOS, W.F.S. et al. Teores de lipídios e proteína de soja visando aplicação industrial. **Tecnologia e ciência Agropecuária**, v.8, n.3, p.61-64, 2014.
- SCHIPANSKI, M. E.; DRINKWATER, L. E.; RUSSELLE, M. P. Understanding the variability in soybean nitrogen fixation across agroecosystems. **Plant and Soil**, v.329, p.379-397, 2010.
- SINGERMAN, A; LENCE, S. H.; KIMBLE-EVANS, A. How Related Are the Prices of Organic and Conventional Corn and Soybean? **Agribusiness**, v. 30, n.3, p.309-330, 2014.
- SOUZA, J. L. **Agroecologia e agricultura orgânica: princípios, métodos e práticas**. Vitória: Incaper, 2015. 2ªEd. 34p. :il. (Incaper. Documentos, 200) 2015.
- TAIZ, L; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F.; MENEZES, V. G. Rendimento de Grãos de cultivares de soja em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.1, p.107-112, 2000.

VIEIRA, R.F. et al. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.9, p.919-926, 2005.

WANG, P. et al.. Root morphological responses of five soybean [*Glycine max* (L.) Merr] cultivars to cadmium stress at young seedlings. **Environmental Science and Pollution Research**, v.23, p.1860-1872, 2016.

WIJewardana, C.; REDDY, K.R.; BELLALOU, N. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. **Food Chemistry**, v.278, p.92-100, 2019.

WÜRRIEHAUSENA, N.; IHLEB, C.; LAKNERA, S. Price relationships between qualitatively differentiated agricultural products: organic and conventional wheat in Germany. **Agricultural Economics**, v.46, p.195-209, 2015.

ZAEFARIAN, F.; REZVANI, M. **Soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) production under organic and traditional farming.** p. 103-129. In: Miransari, M. Environmental Stresses in Soybean Production: Soybean Production, Vol. 2. Academic Press. 322 p.

ZANON, A. et al. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e baixas. **Bragantia**, v.74, n.4, p.400-411, 2015.

ZEHNDER, G. et al. Arthropod pest management in organic crops. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.57-80, 2006.

ZIMMER, S. et al. Effects of soybean variety and *Bradyrhizobium* strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany. **European Journal of Agronomy**, v.72, p.38-46, 2016.