



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

BRUNO VOLSI

**RENTABILIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DE  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO NORTE E  
NOROESTE DO PARANÁ**

---

Londrina  
2019

BRUNO VOLSI

**RENTABILIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DE  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO NORTE E  
NOROESTE DO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Santos Telles.

Londrina  
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Volsi, Bruno.

Rentabilidade e viabilidade econômica de sistemas de produção agrícola no Norte e Noroeste do Paraná / Bruno Volsi. - Londrina, 2019.  
66 f.

Orientador: Tiago Santos Telles.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.  
Inclui bibliografia.

1. Agricultura conservacionista - Tese. 2. Economia agrícola - Tese. 3. Análise de custos - Tese. 4. Análise do negócio rural - Tese. I. Telles, Tiago Santos. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

BRUNO VOLSI

**RENTABILIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO NORTE E NOROESTE DO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina para a obtenção do título de mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Dr. Tiago Santos Telles  
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

---

Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -  
EMBRAPA

---

Dr. Claudemir Zucareli  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 25 de fevereiro de 2019.

Dedico aos meus pais Antonio Carlos e Cecília, que participaram da minha formação. Á minha amada Daiane que sempre me apoiou, mesmo naqueles momentos de desânimo e aos meus amigos Kabeca, Castro e Ana Julia pela incrível força e amizade.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade da realização do mestrado.

Ao meu orientador, Dr. Tiago Santos Telles, não só pela excelente orientação, ensinamentos e apoio neste trabalho, mas, sobretudo pela grande amizade.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em especial à Área de Socioeconomia (ASE) pela oportunidade e apoio para a conclusão do mestrado.

Ao pesquisador do IAPAR, Dr. Ivan Bordin, pelo apoio essencial à minha pesquisa.

À pesquisadora do IAPAR, Dra. Simony Marta Bernardo Lugão pelo apoio e amizade.

Aos colegas da Área de Socioeconomia do IAPAR, pela amizade e convivência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À toda minha família, pelo incentivo, apoio e carinho dedicados em todos os momentos.

Ao amor da minha vida, Daiane, que sempre me deu forças para lutar.

VOLSI, Bruno. **Rentabilidade e viabilidade econômica de sistemas de produção agrícola no Norte e Noroeste do Paraná.** 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## RESUMO

A rotação de culturas em plantio direto se destaca como prática agrícola sustentável, sendo este, um dos pilares da agricultura conservacionista. Esta prática tem apresentado uma série de vantagens do ponto de vista agrônomo, promovendo diversas melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo. Mesmo assim, agricultores têm adotado sistemas de produção com baixa diversificação de culturas, por acreditarem que estes geram maior retorno econômico, sobretudo no curto prazo. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se sistemas mais diversificados de produção agrícola, como os de rotação de culturas, são mais rentáveis e economicamente mais viáveis do que os menos diversificados, como os de sucessão. Para tanto, experimentos foram conduzidos nos municípios de Londrina e Umuarama (área de domínio do arenito Caiuá), no estado do Paraná, Região Sul do Brasil, entre anos agrícolas de 2014/15 a 2016/17, cultivados em plantio direto. Em Londrina, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de cinco sistemas de rotação de culturas e um sistema de sucessão (milho/soja). Já em Umuarama, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de quatro sistemas de rotações de culturas. Foram avaliadas as produtividades das culturas, os custos variáveis, as receitas, as margens brutas e a viabilidade econômica dos sistemas de produção. A partir dos resultados, em Londrina, verificou-se que as maiores receitas e custos variáveis ocorreram nos sistemas de rotação mais diversificados e que adotaram o maior número de culturas comerciais, tanto no inverno, quanto no verão, sendo que estes resultaram em melhor rentabilidade. Com relação a viabilidade econômica, apenas os sistemas de produção agrícola mais diversificados, ou seja, os tratamentos que incluíram ao longo dos anos agrícolas (a) trigo-milho+braquiária, canola-milho e feijão-soja e (b) canola-milho, crambe-milho e cártamo-soja, foram economicamente viáveis. Em Umuarama, devido ao solo menos fértil, há necessidade de maior investimento em fertilizantes, elevando os custos de produção. Assim, apenas um único sistema apresentou margem bruta positiva. As maiores receitas e custos variáveis se deu no sistema de rotação que adotou culturas comerciais como o feijão, no inverno, milho consorciado com brachiaria, ou milho, ou soja no verão.

**Palavras-chave:** Produção agrícola. Economia agrícola. Plantio direto. Agricultura conservacionista. Margem bruta.

VOLSI, Bruno. **Profitability and economic viability of agricultural production systems in the North and Northwest of Paraná.** 2019. 66 p. Dissertation (Master's Dissertation) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## ABSTRACT

The crop rotation under no-till known as sustainable agricultural practice is one of the pillars of conservation agriculture. This practice has presented a series of advantages from agronomic point of view, promoting several improvements in the physical, chemical and biological conditions of the soil. Even so, farmers have adopted production systems with low crop diversification believing they generate higher economic returns, especially in the short-term. In this context, the objective of this study was to verify if more diversified systems of crop production, such as crop rotation, are more profitable and economically more viable than the less diversified, such as succession. For this purpose, experiments were conducted in the cities of Londrina and Umuarama (area of predominance of the Caiuá sandstone) in Paraná State, Southern Brazil, between agricultural years 2014/15 to 2016/17, under no-till farming. In Londrina, the experimental outlining was of randomized blocks with six treatments and four replications. The treatments consisted of five crop rotation systems and a succession system (soybean/corn). In Umuarama, the experimental outlining was of randomized blocks with four treatments and four replications. The treatments consisted of four crop rotation systems. The crop yields, the variable costs, the revenues, the gross margins and the economic viability of the production systems were evaluated. From the results, in Londrina it was verified the highest revenues and variable costs occurred in the most diversified crop rotation systems and the highest number of commercial crops were adopted, in both winter and summer, which resulted in better profitability. Concerning the economic viability, only the most diversified agricultural production systems such as treatments that included during the agricultural years (a) corn-wheat + brachiaria, corn-canola and soybeans and (b) corn-canola, crambe-maize and safflower-soy were economically viable. In Umuarama, due to the less fertile soil, there is a need for more investment in fertilizers, raising production costs. Thus, only one system had a positive gross margin. The highest revenue and variable costs occurred in the rotation system that adopted commercial crops such as beans in the winter, corn intercropped with brachiaria, corn, or soybeans in the summer.

**Key Words:** Agricultural production. Agricultural economy. No-tillage. Conservation agriculture. Gross margin.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1 -</b>	Localização da área experimental. ....	25
<b>Figura 3.2 -</b>	(A) Temperatura máxima e mínima diária e (B) balanço hídrico decendial (cad = 80 mm), Londrina, Paraná, entre os anos agrícolas de 2014/15 a 2016/17 .....	26
<b>Figura 3.3 -</b>	Evolução dos preços de sacas de 60kg (R\$) de soja e milho, no período de 07/2014 a 05/2018.....	36
<b>Figura 4.1 -</b>	Localização da área experimental. ....	43
<b>Figura 4.2 -</b>	(A) Temperatura máxima e mínima diária e (B) balanço hídrico decendial (cad = 60 mm), Umuarama, Paraná, entre os anos agrícolas de 2014/15 a 2016/17.....	44
<b>Figura 4.3 -</b>	Evolução dos preços de sacas de 60kg (R\$) de soja e milho, no período de 07/2014 a 05/2018.....	52

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 3.1 -</b>	Sistemas de sucessão e rotações de culturas conduzidos em Londrina, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17 .....	27
<b>Quadro 3.2 -</b>	Genótipos das diferentes espécies utilizadas nos sistemas de sucessão e rotações de culturas e suas respectivas datas de semeadura, conduzidos em Londrina, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17 .....	28
<b>Quadro 4.1 -</b>	Sistemas de sucessão e rotações de culturas conduzidos em Umuarama, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17 .....	45
<b>Quadro 4.2 -</b>	Genótipos das diferentes espécies utilizadas nos sistemas de sucessão e rotações de culturas e suas respectivas datas de semeadura, conduzidas em Umuarama, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17 .....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1 -</b>	Produtividade (kg ha-1) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17 .....	31
<b>Tabela 3.2 -</b>	Receita, custo variável e margem bruta (R\$ ha-1) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17.....	32
<b>Tabela 3.3 -</b>	Viabilidade econômica (R\$ ha-1) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17. ....	35
<b>Tabela 3.4 -</b>	Viabilidade econômica (R\$ ha-1) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17 considerando os picos de preço trimestrais .....	36
<b>Tabela 4.1 -</b>	Produtividade (kg ha-1) dos sistemas de produção, para as safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. ....	47
<b>Tabela 4.2 -</b>	Receita, custo variável e margem bruta (R\$ ha-1) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17.....	49
<b>Tabela 4.3 -</b>	Margem bruta (R\$ ha-1) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17, considerando os picos de preço trimestrais .....	53

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1	Monocultura.....	13
2.2	Sistema de Sucessão de Culturas.....	14
2.3	Sistema de Rotação de Culturas.....	15
2.4	Análises econômicas dos sistemas de rotação de culturas.....	17
<b>3</b>	<b>ARTIGO A: RENTABILIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DIVERSIFICADOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO NORTE DO PARANÁ</b> .....	21
3.1	Resumo.....	21
3.2	Abstract.....	22
3.3	Introdução.....	23
3.4	Material e métodos.....	25
3.5	Resultados e discussão.....	30
3.6	Conclusões.....	38
<b>4</b>	<b>ARTIGO B: RENTABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS EM ÁREA DE ARENITO CAIUÁ</b> .....	39
4.1	Resumo.....	39
4.2	Abstract.....	40
4.3	Introdução.....	41
4.4	Material e métodos.....	43
4.5	Resultados e discussão.....	47
4.6	Conclusões.....	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	55
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura conservacionista pressupõe o uso de sistemas de produção mais diversificados, pautados na rotação de culturas (KASSAM et al., 2009, CHAVAS, 2008), sendo esta uma prática apropriada, pois quando realizada de maneira contínua, acarreta em melhorias estruturais e físico-químicas do solo (CASTRO; CALONEGO; CRUSCIOL, 2011; BORTOLUZZI et al., 2010). Assim, sistemas de produção com rotação de culturas sob plantio direto têm recebido reconhecimento do ponto de vista técnico como um meio necessário para o desenvolvimento bem-sucedido da agricultura sustentável (BOWMAN; ZILBERMAN, 2013). Contudo, a adoção deste sofre resistência por parte dos agricultores, principalmente por aqueles que não conseguem visualizar um retorno econômico em curto prazo (MARCELO; CORA; FERNANDES, 2012), por isso adotam sistemas com baixa diversificação de culturas, como a monocultura ou a sucessão de culturas.

Sistemas com baixa diversificação de culturas tem acarretado em inúmeros obstáculos para a sustentabilidade agricultura, tais como, o desenvolvimento de pragas, doenças, plantas daninhas e nematoides, e pode resultar em perda da qualidade física, química e biológica do solo, comprometendo a sua capacidade produtiva (MARCELO; CORA; FERNANDES, 2012; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Além disso, sistemas poucos diversificados, como no caso da sucessão de culturas, estão se tornando cada vez mais ineficientes e menos sustentáveis, devido à estagnação da produtividade e aumento dos custos (SINGH et al., 2009).

No Estado do Paraná, segundo maior produtor de soja e milho do Brasil, também há o predomínio de sistemas com especialização em poucas culturas. Segundo o Censo Agropecuário 2017, no território paranaense foram cultivados cerca de 6,2 milhões de hectares de lavouras temporárias, dos quais 5,2 milhões de hectares de soja no verão, 2,2 milhões de hectares de milho e 900 mil hectares de trigo no inverno. No Norte do Paraná, também são verificados sistemas de produção poucos diversificados, com a especialização no cultivo de algumas culturas, predominando nesta região a cultura de milho no inverno e de soja no verão. Para a microrregião de Umuarama, localizada no Noroeste do Estado do Paraná, área com predomínio de solos arenosos derivados do arenito Caiuá, há baixa diversidade, sendo que conforme dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017, das áreas ocupadas com lavouras temporárias predominavam as de soja (38%), milho safrinha (29%), cana-de-açúcar (23%) e mandioca (8%), ou seja, apresentando uma baixa diversidade (IBGE, 2017). Essas

informações exibem uma especialização em um pequeno número de culturas, na contramão do que é recomendado do ponto de vista técnico-agronômico, ou seja, sistemas de produção mais diversificados, pautados na rotação de culturas (MARTIN et al., 2011; CHAVAS, 2008).

Sistemas de produção com rotações de culturas mais diversificadas têm resultado em maior conteúdo e estoque de carbono no solo, melhor fertilidade do solo com possibilidade de redução no uso de fertilizantes, menor incidência de pragas e doenças, maior proteção do solo contra erosão e menor incidência de plantas daninhas, conferindo assim maior produtividade das culturas e sustentabilidade (AL-KAISI; ARCHONTOULIS; KWAW-MENSAH, 2016; VAN DEN PUTTE et al., 2010; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Contudo, embora os benefícios técnicos agrônômicos dos sistemas de rotação de culturas em plantio direto estejam bem relatados (MALÉZIEUX et al., 2009), estudos acerca das vantagens econômicas advindas de sua adoção ainda são incipientes (AL-KAISI; ARCHONTOULIS; KWAW-MENSAH, 2016; AL-KAISI et al., 2015; GRASSINI et al., 2014; GENTRY; RUFFO; BELOW, 2012), sobretudo para realidade brasileira (LEAL et al., 2005; SANTOS; REIS, 2001; SANTOS et al., 1996).

A baixa adoção de sistemas conservacionistas de produção pode estar ocorrendo porque os agricultores não conseguem visualizar, no curto prazo, um retorno econômico com a rotação de culturas (MARCELO; CORA; FERNANDES, 2012). Embora o principal objetivo dos produtores seja a obtenção do lucro, os custos computados por estes são muitas vezes enviesados para menos, não considerando todos os custos para a análise. O rendimento ligado à margem bruta pode muitas vezes apresentar indicadores consistentes, contudo quando considerados os custos de oportunidades, para a análise de viabilidade econômica, como a remuneração do capital de giro e a remuneração da terra, a análise pode fornecer um quadro mais coerente acerca do negócio. Sendo assim, os sistemas que estão sendo continuamente adotados, podem não estarem gerando o retorno econômico esperado. Nesse âmbito, a hipótese é de que sistemas de rotação de culturas diversificados são mais rentáveis do que aqueles menos diversificados, além de serem economicamente viáveis.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se na região Norte e Noroeste do Paraná, sistemas mais diversificados de produção agrícola, como os de rotação de culturas, são mais rentáveis e economicamente mais viáveis do que os menos diversificados.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A rotação de culturas, dentro dos sistemas de produção agrícola, apresenta uma série de vantagens do ponto de vista agrônomo, mas muitos produtores são resistentes ao seu uso por não visualizarem retorno econômico no curto prazo (MARCELO; CORA; FERNANDES, 2012). Além disso, incentivos fiscais e financiamentos bancários, voltadas à produção de *commodities* para exportação, tem promovido o crescimento do agronegócio baseado em pouca diversidade de culturas (DERANI; SCHOLZ, 2017). Assim, no Brasil, sistemas agrícolas inadequados como a monocultura e a sucessão de culturas, sobretudo aqueles com soja no verão e milho ou trigo no inverno, a depender das condições edafoclimáticas da região, ainda vêm sendo predominantemente conduzidos no território brasileiro (FREITAS; MENDONÇA, 2016; GALVÃO et al., 2014).

### 2.1 Monocultura

No Brasil, a monocultura já foi um modelo bastante popular. Desde os primórdios da colonização, a monocultura caracterizou a agricultura brasileira, que sempre esteve concentrada em culturas específicas, como a cana-de-açúcar; algodão, café e soja (ZIMMERMANN, 2009). A monocultura é o cultivo de uma única espécie agrícola em determinada área ou região. Este sistema apresenta algumas características que chamam a atenção dos agricultores, tais como: facilidade de planejamento, comercialização e mecanização; menor capital investido na atividade e mão de obra mais simplificada (SOUZA et al., 2012). Isso ocorre porque tanto o preparo do solo, quanto as aquisições de insumos e a própria venda da produção são focados apenas nas necessidades de uma única espécie, simplificando toda a cadeia produtiva. Contudo, a monocultura também tem representado um grande risco do ponto de vista agrônomo e econômico decorrente principalmente de problemas fitossanitários (JUHÁSZ et al., 2013). A intensificação desse sistema junto à adoção de práticas inadequadas de manejo do solo tem agravado cada vez mais os danos causados pelas bactérias, fungos, nematoides e vírus (TRENTO et al., 2002; CATTELAN et al., 1997). Além disso, o aumento acelerado da resistência dos insetos e agentes fitopatogênicos aos agrotóxicos aplicados, tem provocado acréscimo na demanda de defensivos agrícolas de maior concentração, aumentando assim, ao longo do tempo, o investimento necessário por parte dos produtores (LANDAU; NETTO, 2015).

Ademais, a monocultura tem corroborado para o desenvolvimento de resistência em plantas daninhas, o desmatamento, o aumento de emissões de gases de efeito estufa, a perda de patrimônio genético e de habitat de espécies nativas, a contaminação dos solos e das águas com resíduos de fertilizantes e agrotóxicos e, principalmente, a aceleração das taxas de erosão (DANTAS; MONTEIRO, 2011; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Desse modo, esta especialização em apenas uma cultura tem acarretado o desbalanceamento das condições físicas, químicas e biológicas do solo, o que pode ocasionar na redução da produtividade da cultura e conseqüentemente às perdas econômicas. Verificou-se no cerrado mato-grossense, que a monocultura do milho foi economicamente inviável, sendo os sistemas de produção mais diversificados, como a sucessão e a rotação de culturas, aqueles que apresentaram melhores resultados de rendimento de grãos e de viabilidade econômica (LEAL et al., 2005).

## **2.2 Sistema de sucessão de culturas**

No sistema de sucessão de culturas, são preestabelecidas sequências de culturas dentro de um mesmo local e ano agrícola (SEDIYAMA, 2009). Este sistema tem promovido diversas melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, tais como, a redução dos processos erosivos (CASTRO; CALONEGO; CRUSCIOL., 2011; BORTOLUZZI et al., 2010; SILVA et al., 2005); o aumento da porosidade, da taxa de infiltração e retenção de água (PACHECO et al., 2013; FERNANDES; LIBARDI, 2009); e incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis em camadas mais profundas do solo (TEIXEIRA et al., 2014). Desse modo, a sucessão de culturas tem estabelecido avanços agronômicos e econômicos se comparado à monocultura.

A sucessão de culturas também tem contribuído nos ganhos produtivos das lavouras sem que necessariamente houvesse um aumento proporcional de sua área de cultivo, resultando-se assim no melhor aproveitamento do solo (ASSMANN; SOARES; ASSMANN, 2008). Para esse fim, existem diversas culturas que podem ser utilizadas, no entanto, a melhor opção deve incidir sobre aquela que apresentar a melhor vantagem econômica (OLIVEIRA; SANTANA; HOMMA, 2013). No estado do Paraná são prioritariamente adotados dois sistemas de sucessão de culturas: um com o predomínio de soja no verão e trigo no inverno – regiões sul e sudoeste do estado – e outra de soja no verão e milho no inverno – regiões norte e oeste do estado (FRANCHINI et al., 2011).

Todavia, com o passar do tempo, assim como na monocultura, a sucessão de culturas também tem apresentado certa fragilidade (SEDIYAMA, 2009). Foram verificados neste sistema, problemas relacionados a degradação física, química e biológica do solo (ALMEIDA et al., 2008). Assim, a sucessão de culturas tem se tornado cada vez mais ineficientes e menos sustentável, dada à estagnação na produtividade e ao aumento nos custos de produção (SINGH et al., 2009). Sistemas de produção pautados na especialização de poucas culturas estão indo na contramão do que é preconizado do ponto de vista técnico-agronômico e recomendado pela agricultura conservacionista, ou seja, àqueles mais diversificados (KASSAM et al., 2009).

### **2.3 Sistema de Rotação de Culturas**

A utilização de sistemas de produção que reduz os impactos ambientais e que busca a sustentabilidade, é fundamental para firmar o agronegócio como setor seguro para investimentos (PINSKY; DIAS; KRUGLIANSKAS, 2013). Buscando reduzir os problemas encontrados na monocultura e na sucessão de cultura, é fundamental a presença de outras espécies de culturas dentro de um mesmo sistema, que ao longo do tempo, torne o solo mais produtivo (CARDOSO et al., 2014; LOURENTE et al. 2011; PEREIRA et al., 2010).

Na rotação de culturas é realizada a alternância ordenada de diferentes culturas, em um determinado espaço de tempo e área (FRANCHINI et al., 2011). A sua importância se resulta ao fato dela melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo (ZUBER et al., 2015), ajudando no controle da erosão do solo, na reposição de matéria orgânica do solo (STONE; SCHLEGEL, 2009), na redução do número de pragas e doenças (RUSCH et al., 2010), na intensificação de controle de plantas daninhas (MOHAMMADDOUST et al., 2009), fatores estes que podem contribuir positivamente para ganhos de produtividade e rentabilidade.

Estudos avaliando o rendimento de grãos na rotação de culturas foram realizadas em diferentes regiões do Brasil. Lombardi-Neto et al. (2002) avaliaram ao longo de 12 anos, na região de Campinas, São Paulo, o efeito da rotação de cultura e do monocultivo nas culturas de algodão, amendoim, arroz, cana-de-açúcar e milho. Os autores verificaram que as culturas contínuas apresentaram uma redução significativa da produção no decorrer dos anos, reduzindo substancialmente o lucro do produtor. Santos e Lhamby (2001) avaliaram no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, o efeito de diferentes culturas antecessoras sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas de soja. Os autores concluíram que a

soja cultivada após a aveia branca, aveia preta e trigo apresentaram melhores resultados de rendimento de grãos e estatura de plantas. Ainda para a Região Sul do Brasil, Santos, Lhamby e Spera (2006) avaliaram em Guarapuava, Paraná, o rendimento da cultura da soja em diferentes sistemas de manejo de solo e rotação de culturas, constatando que os melhores resultados ocorreram naqueles sistemas que tiveram maior diversificação, enquanto que o pior, foi verificado no monocultivo.

A rotação de culturas tem proporcionado circunstâncias adequadas ao desenvolvimento das plantas e a manutenção do sistema de produção. Junto ao Sistema Plantio Direto (SPD), a rotação de culturas tem reduzido substancialmente a ocorrência de erosão do solo (STONE; SCHLEGEL, 2009). A erosão figura como a forma mais danosa de degradação do solo, visto que além de reduzir a capacidade produtiva das culturas, também pode causar sérios danos ambientais, como o assoreamento e a poluição das fontes de água (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003). Schick et al. (2000), com o objetivo de quantificar as perdas de solo e água nos sistemas de rotação e sucessão de culturas no município de Lages, Santa Catarina, verificaram que, com relação à sucessão de culturas, a rotação de culturas conseguiu em média, reduzir as perdas de solo em 37%. Estes dados reforçam ainda mais a importância de se utilizar outras espécies de culturas no sistema de produção agrícola, que, cultivadas em rotação, trazem diversos benefícios para o sistema como um todo.

Sob o ponto de vista fitopatológico, a adoção de espécies de plantas de famílias botânicas diferentes dentro do sistema de rotação de culturas, tem contribuído vigorosamente para a redução do inóculo dos mais diversos patógenos, em áreas de cultivo (REIS; CASA; BIANCHIN, 2011). Sendo assim, a adoção do sistema de rotação de culturas também tem ajudado no controle dos patógenos causadores das podridões de espiga (DENTI; REIS, 2001). Trento et al. (2002) avaliaram a incidência de grãos ardidos em milho, nos sistemas de rotação de culturas e monocultura. Os autores verificaram que as práticas culturais são os principais responsáveis pela baixa qualidade dos grãos, sendo que a maior incidência de grãos ardidos ocorreu na monocultura, com média de 10,02%, enquanto que na rotação de culturas foi de 4,81%.

Por intermédio de barreira física da palhada e da liberação de substâncias alelopáticas junto ao solo, a rotação de culturas tem reduzido o crescimento de plantas daninhas (MONQUERO et al., 2009). Com isso, esta prática tem diminuído a dependência do manejo químico, ou seja, tem reduzido os custos com ferramentas de controle (PACHECO et al, 2016). Castro, Calonego e Crusciol (2011) avaliaram o controle de plantas daninhas em função de diferentes sistemas de produção de grãos e constataram que em relação ao pousio,

os sistemas que adotaram safras de adubo verde, safrinha e forrageira, reduziram a infestação, o desenvolvimento e a proliferação de plantas daninhas, auxiliando no controle destas.

Outro ponto importante a ser considerado é que, para que um sistema de rotação de culturas apresente maior nível de eficiência, é recomendado o uso de espécies que tenham um sistema radicular vigoroso, com capacidade de crescimento em solos de alta resistência à penetração, criando-se assim poros por onde as raízes da cultura subsequente possam crescer (SILVA; ROSOLEM, 2001; REINERT et al., 2008).

No planejamento da rotação de culturas deve considerar, preferencialmente, plantas comerciais e sempre que possível, associar espécies de plantas de cobertura adaptadas regionalmente, que produzam grandes quantidades de matéria seca e que sejam de rápido desenvolvimento (CALEGARI, 2006). Contudo, em alguns casos também devem ser incluídas culturas não comerciais que têm o propósito de recuperação do solo (SEDIYAMA, 2009). Assim, dentro do planejamento de um sistema de rotação de culturas, nem sempre é possível contar exclusivamente com espécies geradoras de renda (DENARDIN; KOCHHANN, 1993), visto que algumas dessas espécies podem atuar reduzindo custos com insumos e gerando aumento de produtividade.

## **2.4 Análises econômicas dos sistemas de rotação de culturas**

O produtor rural deve olhar sua propriedade como uma empresa, em busca de eficiência produtiva e econômica, a fim de se obter lucro. Para o produtor agrícola determinar o que produzir, é preciso que ele possua um profundo conhecimento das combinações dos fatores de produção (GASQUES, 2017; HOFFMANN; ENGLER; THAME, 1984). Nesse sentido, a economia rural, ao abordar a alocação mais adequada de capital, trabalho e recursos naturais, a fim de se maximizar o lucro, disponibiliza aos gestores indicadores acerca da rentabilidade, eficiência e viabilidade econômica das atividades agrícolas. Tais informações, quando cruzadas e analisadas de maneira correta, contribuem para gestão, progresso e sustentabilidade da propriedade rural (CHAVES et al., 2010).

Até o período da Revolução Industrial, no século XVIII, os comerciantes utilizavam de maneira simples, apenas a contabilidade financeira para realizar o controle pessoal do seu rendimento, mas com a chegada das indústrias e do desenvolvimento da agricultura surgiu a necessidade de levantar os custos e as receitas de forma mais detalhada (OLIVEIRA; PEREZ JUNIOR; COSTA, 2003). Isso tem ocorrido porque a agricultura se

tornou mais complexa, necessitando, cada vez mais, de instrumentos de análises em busca de maior eficiência.

Um dos elementos fundamentais para a gestão da propriedade rural é a análise de custos, pois, se realizada corretamente, auxiliará na melhor tomada de decisão do produtor, em cada atividade desenvolvida dentro da propriedade rural (FLORES et al., 2006). Os custos podem ser classificados em: direto, indireto, variável e fixo. De acordo com Assef (2015), os custos diretos são aqueles que estão diretamente ligados ao produto final, e podem ser mensurados de maneira bastante objetiva, como por exemplo, o gasto com a matéria prima. Os custos indiretos são compreendidos como os gastos que envolvem um certo período de tempo, que só serão conhecidos ao final de uma determinada data, como por exemplo, o valor gasto para pagar a conta de energia elétrica, o aluguel da empresa ou até mesmo o valor de depreciação dos equipamentos. Os custos variáveis, por sua vez, conforme Bruni e Famá (2012), estão relacionados à quantidade total produzida, sendo que quanto maior o volume desta produção, maior será o custo. Já os custos fixos não dependem do volume de produção, e estão relacionados à capacidade produtiva do empreendimento, ou seja, serão aqueles gastos que ocorrerão todos os meses, independentemente se a produção aumentar ou não.

A partir dos levantamentos de custos e de receitas é possível realizar uma análise de rentabilidade. Vale lembrar que o levantamento e a classificação dos custos de produção é de extrema importância para um bom gerenciamento do negócio. Todavia é a partir da análise de rentabilidade que o produtor rural identificará se os rendimentos monetários auferidos com a sua atividade, serão suficientes para pagar todos os custos e encargos inerentes a produção, além de obter uma remuneração adicional, ou seja, o lucro. A análise da rentabilidade consiste na comparação da receita com o custo de produção, sendo a margem bruta é o indicador mais utilizados nessas análises (MELLO; ESPERANCINI, 2015; NASCENTE; SILVEIRA; WANDER. 2014; SILVEIRA et al., 2001; SANTOS; AMBROSI; WOBETO, 2000).

É importante destacar que, embora o rendimento ligado à margem bruta possa muitas vezes apresentar indicadores consistentes, este ainda não é a melhor indicador econômico a ser considerado pelo produtor rural. Normalmente os produtores rurais acabam computando apenas os itens do custo variável, deixando de considerar outros custos importantes, como o custo de oportunidade (DAL MOLIN et al. 2015). Assim, em razão dos custos estarem viesados para menos, não incorporando todos os itens da análise, isto pode significar que aqueles produtores que apresentaram rentabilidade positiva, sinalizando lucro, este pode na verdade, ser tão somente uma ilusão. Isso porque para compreender a viabilidade

econômica de um projeto, é necessária a análise de todos os custos existentes no processo produtivo. Assim, quando considerados os custos de oportunidades, como a remuneração do capital de giro e a remuneração da terra, a análise passa a fornecer um quadro mais coerente acerca do investimento na atividade agrícola.

Na economia, o termo custo de oportunidade é frequentemente substituído pelo termo custo alternativo, ou seja, ele mede o valor das oportunidades perdidas em decorrência de uma alternativa de produção, também possível. Assim, só deveria ser escolhida uma atividade produtiva se o ganho adicional com esta produção fosse maior que o custo de oportunidade da alternativa de não a produzir (MARTHA JÚNIOR et al., 2011).

Vale destacar que estudos acerca das vantagens econômicas advindas da adoção dos sistemas de rotação de culturas em plantio direto são incipientes (AL-KAISI; ARCHONTOULIS; KWAW-MENSAH, 2016; AL-KAISI et al., 2015; GRASSINI et al., 2014; GENTRY; RUFFO; BELOW, 2012), sobretudo para realidade brasileira (LEAL et al., 2005; SANTOS; REIS, 2001; SANTOS et al., 1996).

No âmbito internacional, diferentes estudos de rentabilidade e viabilidade econômica foram realizados para diferentes regiões do mundo. González et al (2013) analisaram o desempenho econômico da rotação de culturas no Chile, e verificaram que a maior estabilidade econômica ocorreu quando inseridas algumas leguminosas no sistema. Para os autores, a seleção das culturas adequadas e o seu correto planejamento são determinantes para melhores resultados econômicos. Al-Kaisi Archontoulis e Kwaw-Mensah. (2016) constataram em Iowa, nos Estados Unidos, o rendimento da soja e o retorno econômico auferido pelo sistema de rotação de culturas foram superiores ao de sucessão milho/soja. Além disso, o estudo também verificou estabilidade econômica no primeiro sistema se comparado ao monocultivo. Zentner et al. (2002), para a região de pradarias, no Canadá, verificaram que o sistema de rotação de culturas se mostrou altamente lucrativo, principalmente após a economia que se teve com a redução de herbicidas.

Em estudo realizado na Europa, por Sartori et al. (2005), mais especificamente no nordeste da Itália, também foi verificado retorno econômico superior em sistema de rotação de culturas, quando comparado com o de sucessão. Contudo, os autores argumentaram que, quando são considerados os subsídios econômicos da União Europeia, o retorno dos sistemas de sucessão soja/trigo chega a ser maior. Ademais, no estudo realizado no sul da Ásia por Jat et al. (2014), constatou-se que sistemas de produção, como o de rotação de cultura, pautados pela agricultura conservacionista, são agronomicamente e economicamente mais vantajosos em relação aos sistemas baseados em sucessão de culturas,

sendo este, o caminho para o agricultor melhorar a produtividade, a renda e a segurança alimentar, enquanto sustenta os recursos naturais.

No Brasil, estudos comparando a rentabilidade e a viabilidade econômica dos sistemas de rotação de culturas e sucessão de culturas milho/soja e trigo/soja também foram realizados para diferentes regiões. Na Região Sudeste do Brasil, foi verificado que a rotação de culturas foi economicamente viável, enquanto que a sucessão de culturas é uma prática economicamente inviável (MELLO; ESPERANCINI, 2015). Para o município de Guarapuava, Paraná, foi constatado que os sistemas de rotação de culturas foram os que apresentaram os melhores resultados de rentabilidade em relação à sucessão trigo/soja (SANTOS; AMBROSI; WOBETO, 2000). Silveira et al. (2001) identificaram para o município de Santo Antônio de Goiás, Goiás que a sua melhor rentabilidade foi obtida quando o feijão foi cultivado após o arroz, principalmente quando é consorciado com calopogônio. Nascente, Silveira e Wander (2014) constataram que todas as rotações testadas proporcionam rendimento econômico positivo e foram economicamente viáveis, sendo a rotação que incluiu a cultura do feijão a que proporcionou a maior rentabilidade econômica.

A rotação de culturas tem proporcionado condições adequadas ao desenvolvimento das plantas (SANTOS et al., 2008; VERNETTI JUNIOR et al., 2009; CUNHA et al., 2012), além disso, os benefícios desta diversificação são expressivos para a agricultura, pois refletem tanto na redução de custos associados com as múltiplas produções, quanto no maior controle dos efeitos de riscos (CHAVAS, 2008; LIZARAZU; MONTI, 2011). Contudo, os produtores brasileiros ainda estão adotando um sistema de produção que não é o mais sustentável, visto que do ponto de vista ambiental não é a recomendada pela agricultura conservacionista, tampouco é o que apresenta o melhor desempenho econômico.

### 3 ARTIGO A

#### 3.1 Resumo

A rotação de culturas é uma alternativa de diversificação de renda para os produtores. A sua adoção tem apresentado uma série de vantagens do ponto de vista agrônomo, se comparado ao sistema de sucessão de culturas. Entretanto, a adoção do sistema ainda sofre resistência por parte dos agricultores, principalmente por aqueles que não conseguem visualizar retorno econômico em curto prazo. Mesmo porque existem poucas pesquisas realizadas sobre o tema. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se na região Norte do Paraná, sistemas de rotação de culturas são mais rentáveis e economicamente mais viáveis do que o de sucessão soja-milho. Para tanto, foi conduzido um experimento no município de Londrina, Região Sul do Brasil, entre os anos agrícolas de 2014/15 e 2016/17, cultivado em plantio direto. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de um sistema de sucessão e cinco sistemas de rotação de culturas, que envolveram cultivares de aveia, aveia branca, aveia preta, brachiária, canola, cártamo, centeio, crambe, feijão, milho, nabo forrageiro, soja, trigo e trigo mourisco. Foram avaliadas as produtividades das culturas, os custos variáveis, as receitas, as margens brutas e a viabilidade econômica dos sistemas de produção. A partir dos resultados foi possível observar que, no geral, os sistemas de rotação de culturas apresentaram receitas e rentabilidade superiores ao de sucessão. Além disso, somente os sistemas de rotação de culturas mais diversificados, ou seja, os tratamentos que incluíram ao longo dos anos agrícolas (a) trigo-milho+braquiária, canola-milho e feijão-soja e (b) canola-milho, crambe-milho e cártamo-soja, foram economicamente viáveis. Em síntese, verifica-se que sistemas de rotação de culturas superam, em termos econômicos, o sistema de sucessão soja-milho.

**Palavras-chave:** Análise de custo. Produção agrícola. Economia agrícola. Agricultura conservacionista. Margem bruta.

## **PROFITABILITY AND ECONOMIC VIABILITY OF AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEMS IN THE NORTH OF PARANÁ STATE**

### **3.2 Abstract**

Crop rotation is an alternative of income diversification for farmers. Its adoption has presented a number of advantages from the agronomic point of view, when compared to the system of succession of cultures. However, the adoption of the system still suffers resistance from farmers, especially those who cannot see economic returns in the short-term. Even because little research has been done on the subject. In this context, the objective of this study was to verify if in Northern area of Paraná state, crop rotation systems are more profitable and economically more viable than the soybean-corn succession. Therefore, an experiment was conducted in the city of Londrina, Southern Brazil, between the agricultural years 2014/15 and 2016/17, cultivated under no-till farming. The experimental outlining was of randomized blocks with six treatments and four replications. The treatments consisted of a system of succession and five systems of crop rotation, involving cultivars of oats, white oats, black oats, brachiaria, canola, safflower, rye, crambe, beans, corn, forage turnip, soybean, wheat and buckwheat. The crop yields, the variable costs, the revenues, the gross margins and the economic viability of the production systems were evaluated. From the results obtained, in general, crop rotation systems presented revenues and profitability superior than succession. In addition, only the most diversified crop rotation systems, such as the treatments included throughout the agricultural years (a) wheat-maize + brachiaria, canola-maize and soybeans and (b) corn-canola, crambe - milk and safflower-soy were economically viable. To summarize, it can be observed that crop rotation systems outperform the soybean-corn succession system, in economic terms.

**Key Words:** Costs analysis. Agricultural production. Agricultural economics. Conservation agriculture. Gross margin.

### 3.3 Introdução

No Brasil, nas áreas cultivadas com lavouras temporárias, predominam os sistemas de sucessão de culturas, sobretudo aqueles com soja no verão e milho ou trigo no inverno, a depender das condições edafoclimáticas da região onde se dá a produção (FREITAS et al., 2016; GALVÃO et al., 2014). No entanto, esses sistemas com especialização em poucas culturas vão na contramão do que é recomendado do ponto de vista técnico-agronômico e recomendado pela agricultura conservacionista (KASSAM et al., 2009). Sistemas não diversificados exibem relativa fragilidade, tanto em relação as pragas, doenças, plantas daninhas e nematoides, quanto aos aspectos conservacionista, relacionado ao manejo inadequado do solo, que pode resultar em erosões e redução do teor de matéria orgânica (MARCELO; CORA; FERNANDES, 2012; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Além disso, o uso excessivo dos recursos naturais e de agroquímicos causam degradações dos solos (SINGH; TIWARI; ABROL, 2008). Assim, sistemas de sucessão de culturas estão se tornando cada vez mais ineficientes e menos sustentáveis, devido à estagnação na produtividade e aumento nos custos de produção (SINGH et al., 2009).

A agricultura conservacionista sugere sistemas de produção mais diversificados, pautados na rotação de culturas (CHAVAS, 2008), que se destacam como prática agrícola mais apropriada, pois, quando realizada de maneira contínua, acarreta em melhorias estruturais e físico-químicas do solo (CASTRO; CALONEGO; CRUSCIOL, 2011; BORTOLUZZI et al., 2010), além de garantir a conservação do solo (controle da erosão). Dependendo da escolha das espécies, da sequência de culturas adotadas e do período de permanência dos resíduos vegetais e seus efeitos no solo, a rotação de culturas aumenta os teores de carbono orgânico e nitrogênio no solo, e também a quantidade de nutrientes prontamente disponíveis para as plantas (FONSECA et al., 2007; BERTOL, 2004). Além disso, há interrupção nos ciclos de pragas e doenças, reduzindo o uso de produtos químicos (HARKER; BLACKSHAW, 2009).

No planejamento da rotação de culturas deve-se considerar, preferencialmente, plantas comerciais e sempre que possível, associar espécies de plantas de cobertura adaptadas regionalmente, que produzam grandes quantidades de matéria seca e que sejam de rápido desenvolvimento (MACHADO; ASSIS, 2010). Contudo, em alguns casos, também devem ser incluídas culturas não comerciais que têm o propósito de recuperação do solo (SEDIYAMA, 2009). Assim, dentro do planejamento de um sistema de rotação de culturas, nem sempre é possível contar exclusivamente com espécies geradoras de renda, visto

que algumas dessas espécies também podem atuar reduzindo custos com insumos e gerar aumento de produtividade da cultura subsequente (FAVORATO et al., 2016).

No Estado do Paraná, que é o segundo maior produtor de soja e de milho do Brasil, também há o predomínio de sistemas de sucessão de culturas. Segundo o Censo Agropecuário de 2017, no território paranaense foram cultivados cerca de 6,2 milhões de hectares de lavouras temporárias, dos quais 5,2 milhões de hectares eram de soja no verão e 2,2 milhões de hectares eram de milho no inverno. No Norte do Paraná, também são verificados sistemas de produção poucos diversificados, com a especialização no cultivo de algumas culturas, predominando nesta região a cultura de milho no inverno e de soja no verão (JOHANN et al., 2012)

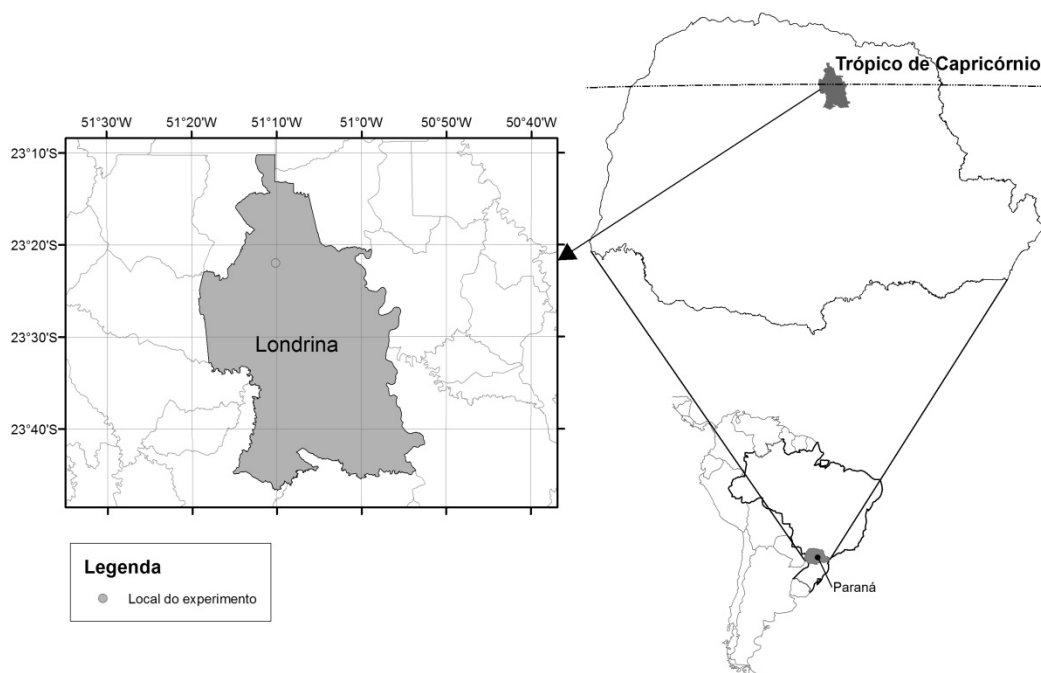
Sistemas de produção de rotação de culturas sob plantio direto têm recebido reconhecimento do ponto de vista técnico como um meio necessário para o desenvolvimento bem-sucedido da agricultura sustentável (BOWMAN; ZILBERMAN, 2013). Além disso, a rotação é uma alternativa de diversificação de renda para os produtores de grãos, visto que adoção de outras culturas no sistema de produção podem gerar ganhos com a sua comercialização, reduzindo riscos econômicos inerentes a atividade agropecuária (FONTANELLI et al., 2000). Mesmo assim, agricultores têm adotado sistemas de produção com baixa diversificação de culturas, por acreditarem que estes geram maior retorno econômico, sobretudo no curto prazo.

Assim, embora os benefícios técnicos dos sistemas de rotação de culturas em plantio direto, do ponto de vista agrônomo, estejam bem relatados (MALÉZIEUX et al., 2009; STONE; SILVEIRA, 2001), estudos que tratam das vantagens econômicas advindas de sua adoção ainda são incipientes (AL-KAISI; ARCHONTOULIS; KWAW-MENSAH, 2016; AL-KAISI et al., 2015; GRASSINI et al., 2014; GENTRY; RUFFO; BELOW, 2012), especialmente para a situação do Brasil (LEAL et al., 2005; SANTOS et al., 1996). Nesse contexto, a hipótese é de que como os sistemas de rotação apresentam melhor desempenho nos indicadores agrônomo, estes são mais rentáveis e economicamente mais viáveis do que os de sucessão de culturas.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se, na região Norte do Paraná, sistemas de rotação de culturas são mais rentáveis e economicamente mais viáveis do que os de sucessão soja-milho.

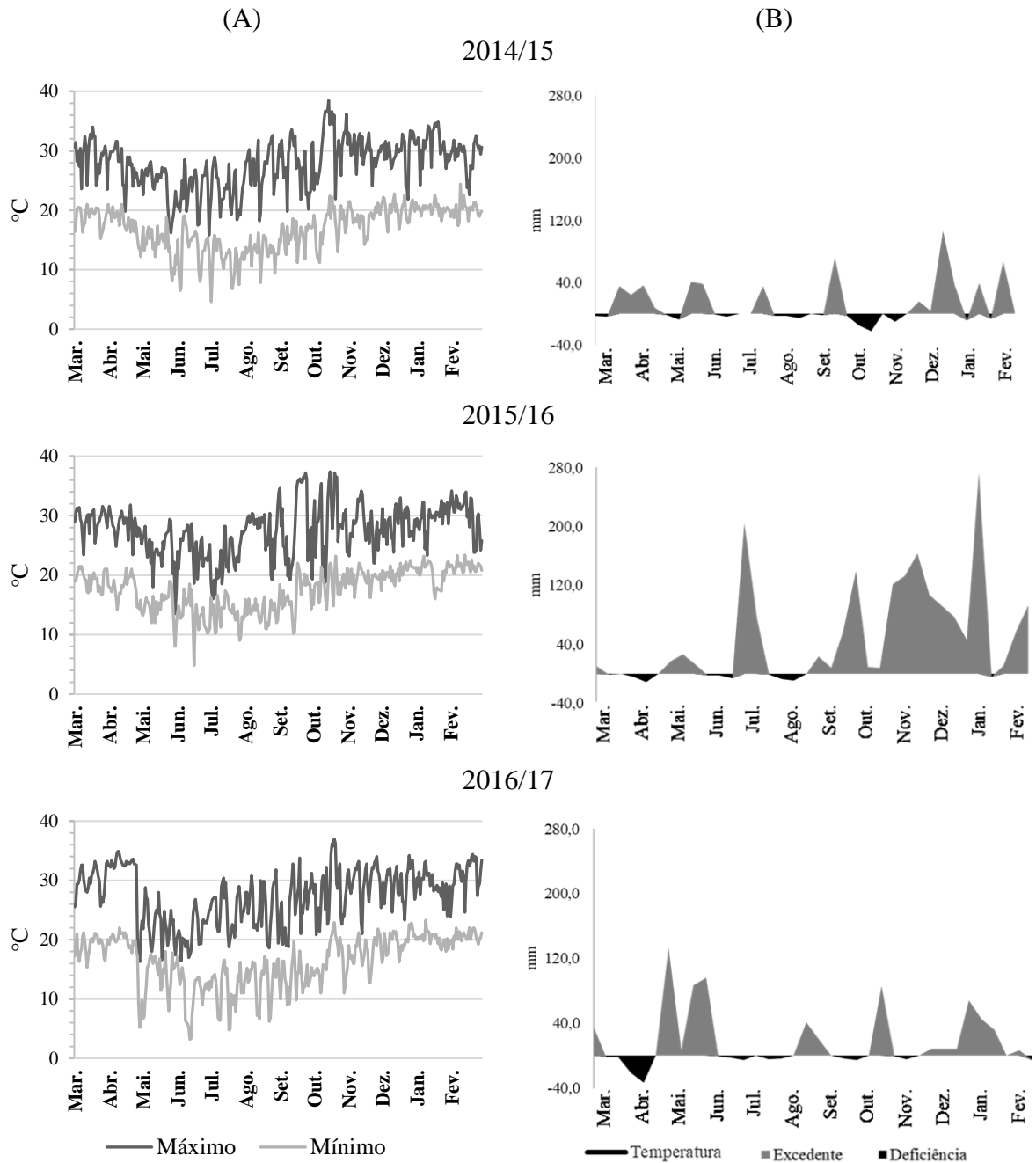
### 3.4 Material e métodos

A área experimental está localizada no município de Londrina, no Estado do Paraná, Região Sul do Brasil, na sede do Instituto Agrônomo do Paraná (Figura 3.1), situada geograficamente a 23° 22'Sul e 51° 10'Oeste, com altitude de 585 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico, textura argilosa, com relevo suave ondulado (SANTOS et al., 2013).



**Figura 3.1** Localização da área experimental.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com temperatura média anual de 21,1°C e precipitação média anual de aproximadamente 1523 mm. Para referenciar as condições climáticas dos anos agrícolas de 2014/15 a 2016/17 foi apresentado o gráfico de temperatura máxima e mínima diária (Figura 3.2) e do balanço hídrico decendial (Figura 3.3), calculado utilizando-se as planilhas eletrônicas de Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998).



**Figura 3.2** (A) Temperatura máxima e mínima diária e (B) balanço hídrico decenal (cad = 80 mm), Londrina, Paraná, entre os anos agrícolas de 2014/15 a 2016/17.

**Nota:** elaborada com base nos dados do Instituto Agronômico do Paraná.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram compostos por 5 sistemas de produção em rotação de culturas e um em sucessão, em um ciclo de três anos (Quadro 3.1). A área de cada parcela foi de 15 m x 20 m (300 m<sup>2</sup>), espaçadas 10 m entre si para manobra de máquinas. Antes da instalação deste experimento, a área vinha sendo conduzida há 11 anos em sistema de plantio direto, com cultivo no inverno de aveia preta e no verão de milho e de soja, de forma alternada.

**Quadro 3.1** Sistemas de sucessão e rotações de culturas conduzidos em Londrina, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

Tratamentos	2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
I	M	S	M	S	M	S
II	AB	S	CT	M	T	S
III	A+CT	S	AP+N	M	BR	S
IV	CL	M	CR	M	CA	S
V	TM/N	M	F	S	TM/A	S
VI	T	M+BR	CL	M	F	S

**Notas:** T: trigo. S: soja. A: aveia. AP: aveia preta. M: milho. AB: aveia branca. F: feijão. N: nabo forrageiro. CT: centeio. CR: crambe. CA: cártamo. CL: canola. TM: trigo mourisco. T: trigo. BR: brachiaria.

Cada um dos sistemas de produção tinha uma finalidade distinta. O Tratamento I, representar o sistema de produção adotado pela maioria dos produtores de grãos da região Norte do Paraná, a sucessão soja-milho. O Tratamento II, uma variação mais diversificada em relação ao primeiro sistema, sendo que neste, a cultura do milho produzido no inverno deu lugar para a aveia branca e o centeio, e no último verão foi cultivado o trigo. O Tratamento III, obter a máxima palhada, dando lugar no inverno para as culturas da aveia, centeio, aveia preta, nabo forrageiro e braquiária. O Tratamento IV, produzir culturas ligadas a agroenergia, tais como canola, crambe e cártamo. O Tratamento V, cultivar culturas com potencial comercial, mas pouco exploradas, tais como feijão e trigo mourisco. O Tratamento VI, apresentar a maior diversificação de culturas.

No Quadro 3.2 pode-se observar os genótipos das diferentes espécies utilizadas em cada sistema de produção e suas respectivas datas de semeadura. As sementes de soja utilizadas foram BMX Potência na safra 2014/2015 e 2015/2016 e TMG 7062 na safra 2016/2017. Já para a cultura do milho foram utilizadas as sementes 30A95 no verão de 2014/2015, a 2B810 no verão de 2015/2016 e a P4285YH nas safras de inverno. As semeaduras das culturas de inverso se deram entre os meses de março e maio e das de verão em outubro de cada ano agrícola.

**Quadro 3.2** Genótipos das diferentes espécies utilizadas nos sistemas de sucessão e rotações de culturas e suas respectivas datas de semeadura, conduzidos em Londrina, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

T	2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
I	P4285YH (19/03/14) <sup>1</sup>	BMX Potência (20/10/14)	P4285YH (20/03/15)	BMX Potência (07/10/15)	P4285YH (14/03/16)	TMG 7062 (10/10/16)
II	IPR Afrodite (05/05/14)	BMX Potência (24/10/14)	IPR 89 (10/04/15)	2B810 (06/10/15)	IPR Taquari (02/05/16)	TMG 7062 (10/10/16)
III	IPR 61 + IPR 89 (05/05/14)	BMX Potência (24/10/14)	IPR 61 + IPR 116 (10/04/15)	2B810 (06/10/15)	Brachiaria ruziziensis (16/03/16)	TMG 7062 (10/10/16)
IV	CPI 0801* (06/05/14)	30A95 (24/10/14)	FMS Brilhante (14/04/15)	2B810 (06/10/15)	CIPL 0407* (15/03/16)	TMG 7062 (10/10/16)
V	IPR 91 Baili/ IPR 116 (24/03/14 - 01/06/14)	30A95 (24/10/14)	IPR Andorinha (02/04/15)	BMX Potência (07/10/15)	IPR 91 Baili/ IPR Esmeralda (14/03/16 - 07/07/16)	TMG 7062 (10/10/16)
VI	IPR Catuara (05/06/14)	30A95 + Brachiaria ruziziensis (24/10/14)	CPI 0801* (27/05/15)	2B810 (06/10/15)	Curió (15/03/16)	TMG 7062 (10/10/16)

**Notas:** T: Tratamentos. \*Cultivar experimental. <sup>1</sup> As informações entre parêntese referem-se a data de semeadura de cada cultura. + representa culturas realizadas em consorciação. / representa culturas realizadas individualmente, uma subsequente a outra.

Para o cálculo de viabilidade econômica considerou-se todos os serviços e insumos utilizados em cada sistema de produção, além da remuneração do capital investido em custeio e da terra, que são indicadores para análises do custo de oportunidade, ou seja, a receita que poderia ser obtida caso o produtor investisse seu dinheiro em outra atividade e arrendasse sua propriedade à terceiros. Para o cálculo da remuneração de custeio, considerou-se um investimento com juros de 7,5% ao ano, e para a remuneração da terra, considerou-se o valor de 18 sacas de soja de 60 kg por ha, valor do arrendamento praticado na região onde está localizada o experimento (DERAL, 2018). Para o cálculo do custeio das operações agrícolas, como máquinas e mão-de-obra, considerou-se uma propriedade rural de tamanho médio, ou seja, um imóvel rural com área superior a 4 e até 15 módulos fiscais<sup>1</sup>, refletindo a grande maioria das propriedades rurais encontradas no Norte do Paraná.

Na análise de custos foram levados em conta àqueles relacionados ao custeio da produção, ou seja, os custos variáveis, seguindo os conceitos e procedimentos metodológicos apresentados por Kay, Edwards e Duffy (2014). Para compor os custos das operações de semeadura, pulverizações e colheita, incluindo mão-de-obra, utilizou-se dos coeficientes técnicos da Estação Experimental onde foi conduzido o experimento. Os valores das operações agrícolas (manuais e mecânicas) e dos insumos utilizados foram extrapolados para hectare.

<sup>1</sup> Os módulos fiscais na região Norte do Estado do Paraná variam de 12 a 18 ha.

A fim de se obter uma análise de viabilidade econômica representativa da região na qual foi desenvolvido o estudo, e fornecer informações que possibilitem o planejamento e o controle de futuras operações, para cada tipo de exploração de atividade rural, houve um cuidado com os registros de custos para não distorcer os dados que poderão servir de subsídios à tomada de decisões e à análise da eficiência das atividades. Assim, para obtenção dos custos, tanto das operações agrícolas quanto dos insumos, foi realizado um levantamento acerca dos valores médios pagos e recebidos pelos produtores, no mês de julho dos anos de 2014, 2015 e 2016, com base em informações obtidas junto a pelo menos três cooperativas e/ou empresas da região de Londrina, no Paraná.

Para a avaliação econômica foi utilizada a relação receita/custo de cada sistema de produção, apresentando-se a margem bruta dos mesmos. A receita foi obtida da multiplicação do volume de produção pelo seu respectivo preço de venda, no momento da colheita. Já a produtividade, por sua vez, foi obtida a partir da pesagem dos grãos colhidos oriundos da área útil das parcelas, sendo os valores extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigidos para 13% de umidade (b.u.).

Todos os indicadores econômicos foram corrigidos pelo Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA), que é o índice oficial de inflação do Brasil, para valores correntes de maio de 2018.

### 3.5 Resultados e discussão

Na Tabela 3.1 são apresentados os resultados de produtividades para cada sistema de rotação de culturas nos três anos agrícolas do experimento. Em diferentes momentos foram verificados períodos de déficit hídrico (Figura 4.2), que ocorreram no verão de 2014/15, entre os meses de outubro e novembro, no inverno de 2015/16, nos meses de abril e agosto e, principalmente, no inverno de 2016/17, entre os meses de março e abril. A incidência de déficit hídrico, muitas vezes pode limitar o crescimento e desenvolvimento da planta, em especial quando ocorre no período de florescimento ou enchimento de grãos (SANTOS et al., 2012; FIOREZE et al., 2011). O que não ocorreu no experimento conduzido neste estudo, pois nos períodos de deficiência hídrica as culturas estavam em fase de colheita ou não haviam sido semeadas.

Outro fator limitador do crescimento e desenvolvimento da planta é a baixa temperatura. Em caso das geadas, além de interferir no desenvolvimento das espécies, podem provocar mortalidade e danos aos plantios (SEREIA et al., 2012). Ao longo do período em que foi realizada esta pesquisa, foi verificado apenas um evento de geada, no inverno de 2016/17, no mês de julho, com temperatura mínima de 3,2° (Figura 3.2). Os danos ocasionados pela geada começam a partir da temperatura do ar abaixo de 3°C, visto que há uma diferença de 2,1°C a 4,8°C entre a temperatura do ar no abrigo e da relva (SILVA; SENTELHAS, 2001). Nesse inverno, as produtividades das culturas do trigo mourisco, milho e feijão foram, respectivamente, cerca de 32%, 58% e 60% menores, quando comparadas as médias dos anos anteriores. Já no caso da cultura do trigo, o rendimento do grão foi altamente favorecido pelo clima seco e frio deste período, apresentando uma alta produtividade.

**Tabela 3.1** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

Tratamentos	2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão <sup>1</sup>
I	M	S	M	S	M	S
	5.895	2.965	6.536	3.241	2.737	4.030
II	AB	S	CT	M	T	S
	3.247	3.518	–	9.867	3.762	4.488
III	A+CT	S	AP+N	M	BR	S
	–	3.431	–	10.300	–	4.591
IV	CL	M	CR	M	CA	S
	1.756	11.202	1.475	9.252	1.006	4.397
V	TM/N	M	F	S	TM+A	S
	1.161	10.630	1.984	3.006	785	4.369
VI	T	M+BR	CL	M	F	S
	1.833	10.532	1.142	9.591	776	4.617

**Notas:** T: trigo. S: soja. A: aveia. AP: aveia preta. M: milho. AB: aveia branca. F: feijão. N: nabo forrageiro. CT: centeio. CR: crambe. CA: cártamo. CL: canola. TM: trigo mourisco. BR: brachiaria. “–”: não houve colheita de grãos.

Acerca da cultura da soja, as maiores produtividades aconteceram no ano agrícola de 2016/2017, nos sistemas de rotação de culturas mais diversificados, como no Tratamento VI (4.617 kg ha<sup>-1</sup>), ou em sistemas que praticaram o uso extensivo de palhada de cobertura, como no Tratamento III (4.591 kg ha<sup>-1</sup>). Em contrapartida, o menor rendimento foi verificado no sistema de sucessão de culturas, ou seja, Tratamento I (4.030 kg ha<sup>-1</sup>), sendo que apresentou produtividade 12,7% inferior à observada no Tratamento VI. Outros estudos também mostraram que a produtividade da soja cultivada em sistemas de rotação de culturas, foram superiores aos de sucessão de culturas (SANTOS et al., 2014; STANGER; LAUER; CHAVAS, 2008). Com relação a produtividade superior verificada no último verão, o principal fator foi a substituição da semente cultivada por uma de maior tecnologia. A cultura da soja foi a que menos foi afetada pelas complicações climáticas, apresentando uma produtividade média de aproximadamente 52 sacas de 60 kg por hectare, valor próximo ao encontrado em outros estudos (HIRAKURI, 2010).

Na Tabela 3.2 são apresentadas a receita, o custo variável e a margem bruta por hectare para cada sistema de rotação de culturas nos três anos agrícolas do experimento. A partir da análise estrita das receitas, verificou-se que os tratamentos que praticaram a rotação de culturas foram os que apresentaram os melhores resultados, com exceção do Tratamento III, cujas culturas de inverno não foram comercializadas. Desse modo, o melhor resultado foi verificado no Tratamento VI (R\$ 23.690,00), seguido do IV (R\$ 20.534,00), II (R\$ 20.049,00), V (R\$ 19.668,00), I (R\$ 19.570,00) e III (16.049,00). Acerca do custo variável, o maior valor acumulado foi verificado no Tratamento VI (R\$ 17.813,29), seguido do I (R\$ 17.510), V (R\$ 16.584,00), II (R\$ 16.436,00), IV (R\$ 14.984,00) e III (R\$ 11.644,00). Na média os

desembolsos com insumos representaram aproximadamente 53% do custo variável, enquanto que as despesas com operações agrícolas foram de cerca de 32%, e os outros custos ficaram em torno de 15%. Com relação a margem bruta, indicador de rentabilidade dos sistemas de produção, o melhor resultado foi verificado no Tratamento VI (R\$ 5.877,00), seguido do IV (R\$ 5.550,00), III (R\$ 4.405,00), II (R\$ 3.612,00), V (R\$ 3.084,00) e I (R\$ 2.061,00).

**Tabela 3.2** Receita, custo variável e margem bruta (R\$ ha<sup>-1</sup>) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

	2014/15		2015/16		2016/17		Média		Acumulado
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	
<b>Tratamento I</b>									
	M	S	M	S	M	S			
Receita	2.212	3.642	2.512	4.490	1.676	5.039	2.133	4.390	19.570
Custo variável	3.123	2.869	2.990	2.895	2.742	2.890	2.952	2.885	17.510
Insumos	1.928	1.318	1.864	1.275	1.785	1.470	1.859	1.354	9.639
Operações agrícolas	809	1.126	737	1.159	629	931	725	1.072	5.391
Outros custos	387	426	389	461	328	489	368	459	2.480
Margem bruta	-911	772	-478	1.594	-1.066	2.149	-818	1.505	2.061
<b>Tratamento II</b>									
	AB	S	CT	M	T	S			
Receita	1.449	4.321	-	6.438	2.621	5.219	1.357	5.326	20.049
Custo variável	2.052	2.807	1.701	3.546	3.465	2.864	2.406	3.073	16.436
Insumos	1.184	1.318	1.139	1.719	2.049	1.470	1.457	1.502	8.879
Operações agrícolas	613	1.038	405	1.222	979	899	666	1.053	5.156
Outros custos	256	451	157	605	437	495	283	517	2.401
Margem bruta	-603	1.514	-1.701	2.892	-844	2.355	-1.049	2.254	3.612
<b>Tratamento III</b>									
	A+CT	S	AP+N	M	BR	S			
Receita	-	4.214	-	6.720	-	5.115	-	5.350	16.049
Custo variável	861	2.855	705	3.576	750	2.898	772	3.110	11.644
Insumos	371	1.239	284	1.719	279	1.470	311	1.476	5.362
Operações agrícolas	408	1.165	353	1.237	398	935	386	1.112	4.496
Outros custos	82	451	68	620	72	493	74	521	1.787
Margem bruta	-861	1.360	-705	3.144	-750	2.217	-772	2.240	4.405
<b>Tratamento IV</b>									
	CL	M	CR	M	CA	S			
Receita	2.115	5.025	926	6.037	1.070	5.362	1.370	5.475	20.534
Custo Variável	1.543	3.324	2.179	3.159	1.855	2.924	1.859	3.136	14.984
Insumos	767	1.825	1.196	1.626	1.088	1.470	1.017	1.640	7.972
Operações agrícolas	536	970	740	980	546	947	607	966	4.719
Outros custos	241	529	243	553	221	507	235	530	2.294
Margem bruta	571	1.701	-1.252	2.877	-785	2.438	-489	2.339	5.550
<b>Tratamento V</b>									
	TM+N	M	F	S	TM+A	S			
Receita	765	4.769	3.982	4.164	554	5.434	1.767	4.789	19.668
Custo Variável	2.140	3.454	3.391	2.626	2.042	2.932	2.524	3.004	16.584
Insumos	1.180	1.839	1.849	1.212	1.405	1.470	1.478	1.507	8.954
Operações agrícolas	729	1.085	1.050	991	424	951	734	1.009	5.230
Outros custos	232	529	493	423	213	511	313	488	2.401
Margem bruta	-1.375	1.314	591	1.538	-1.487	2.502	-757	1.785	3.084
<b>Tratamento VI</b>									
	T	M+BR	CL	M	F	S			
Receita	1.160	4.725	1.353	6.258	4845	5350	1.224	5.236	23.690
Custo Variável	2.067	3.334	1.731	3.213	4.545	2.923	2.781	3.157	17.813
Insumos	1.250	1.869	800	1.654	3.143	1.470	1.731	1.664	10.186
Operações agrícolas	573	948	709	992	768	947	683	962	4.935
Outros custos	244	517	222	567	635	506	367	530	2.692
Margem bruta	-907	1.391	-379	3.045	300	2.427	-329	2.288	5.877

**Notas:** T: trigo. S: soja. A: aveia. AP: aveia preta. M: milho. AB: aveia branca. F: feijão. N: nabo forrageiro. CT: centeio. CR: crambe. CA: cártamo. CL: canola. TM: trigo mourisco. BR: brachiaria. Valores monetários corrigidos pelo IPCA para maio de 2018.

Os sistemas que apresentaram os melhores resultados de rentabilidade, foram os mais diversificados, como é o caso dos tratamentos VI (R\$ 5.877,00) e IV (R\$ 5.550,00) – que também tiveram as maiores receitas e os maiores custos variáveis. Vale destacar, que um custo variável elevado não significa necessariamente que o sistema de produção seja pior, muito pelo contrário, o sistema de produção pode apresentar um custo variável elevado, contudo, este poderá ser mais que compensado pelo valor de sua receita. É importante considerar que os sistemas de rotação de culturas com melhor desempenho econômico, entre outros fatores, estiveram atrelados a períodos em que as culturas utilizadas apresentaram boas produtividades e bons preços de comercialização. No caso do Tratamento VI, em virtude da boa produtividade do milho na safra de 2015/16, da alta produtividade da soja em 2016/17 e do alto valor de mercado das sacas do milho e do feijão no ano agrícola de 2015/16, o sistema encerrou o triênio com o melhor resultado de margem bruta. Assim, mesmo com a cultura do feijão carioca, no inverno de 2016/17, apresentando o maior custo variável do estudo (R\$ 4.545), este sistema conseguiu obter uma margem bruta de 5,9% acima do segundo maior. Já no caso do Tratamento IV, os principais responsáveis foram o alto preço de mercado do milho no ano agrícola de 2015/16 e a alta produtividade da soja no verão de 2016/17.

Acerca do Tratamento III, que apresentou baixa receita e baixo custo variável, foi o que obteve a terceira melhor margem bruta (R\$4.404,88). Como o objetivo não era comercializar as safras de inverno, demandou-se uma menor quantidade de insumos para o desenvolvimento das lavouras associadas a este, reduzindo, assim, os gastos com defensivos e fertilizantes agrícolas. Além disso, no inverno deste sistema cultivou-se apenas espécies para cobertura vegetal (produção de palhada), sendo que a sua condução em três anos agrícolas pode não ter sido suficiente para obtenção dos resultados esperados, sobretudo em termos de ganhos de produtividade. Isso porque, no longo prazo, o maior volume de palhada sobre o solo acarreta em melhorias na qualidade do solo, refletindo em maior produtividade da cultura de verão, bem como em melhores resultados no lucro operacional (LEAL et al., 2005). Outros benefícios agrônômicos relacionados a adoção de plantas de cobertura, em sistemas de rotação de culturas, foram relatados por Borges et al. (2014), que observaram a supressão de plantas daninhas; e por Debiasi et al. (2010), que constataram redução da compactação superficial do solo e um aumento na produtividade das lavouras subsequentes de milho e soja no verão.

Com relação aos tratamentos II e V, estes apresentaram receita, e custo variável medianos. Mesmo tendo quase todas as culturas de inverno comercializados, eles não

foram os que apresentaram as melhores rentabilidades. Dentre todas as culturas adotadas nesses sistemas, a aveia branca, o centeio, o trigo e o trigo mourisco tiveram custos variáveis superiores às suas receitas, principalmente por conta dos elevados gastos com insumos. No caso do Tratamento II, a baixa produtividade da aveia branca, atrelada ao seu alto custo variável no ano safra de 2014/15, do centeio em 2015/16 e do trigo no ano de 2016/17, culminaram para que este sistema ocupasse a quarta posição em rentabilidade. Já no caso do Tratamento V, a sua baixa rentabilidade se deu por conta a adoção da cultura do trigo mourisco, que em nenhum momento apresentou resultados satisfatórios de receita, dado o seu baixo valor de mercado no período de colheita.

A respeito do sistema de sucessão de culturas, isto é, o Tratamento I, este apresentou a segunda menor receita acumulada e também foi que apresentou o segundo maior custo variável. A margem bruta deste sistema foi 2,8 vezes menor que o sistema de rotação de culturas que obteve a maior margem (Tratamento VI). Os custos da cultura do milho no inverno foram em média 2,32% mais cara que a soja, valores muito próximos aos verificados em outros estudos (FERREIRA; FREITAS; MOREIRA, 2015; SILVA et al., 2015). Esses custos podem ser prejudiciais à rentabilidade do sistema, uma vez que as culturas de inverno normalmente apresentam uma renda inferior em comparação às culturas de verão (BONJORNO et al, 2010). Desse modo, o sistema de sucessão foi o que apresentou a menor margem bruta. Como no setor agropecuário há incertezas atreladas ao mercado, com flutuações nos preços das *commodities*, ou mesmo relacionadas a problemas fitossanitários e adversidades climáticas, a especialização pode representar um risco para o produtor que adota o sistema de sucessão de culturas (OTTONELLI; GRINGS; CERETTA, 2016; CHAVAS, 2008). Em estudos realizados no Sul de Minnesota, Estados Unidos (GOPLIN et al., 2018) e no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul (SANTOS et al., 2004), as receitas auferidas pelos sistemas de rotação de culturas também foram superiores aos de sucessão. Isto é, um dos benefícios da rotação de culturas é a capacidade de reduzir os riscos atrelados as volatilidades de preços das *commodities* agrícolas e das demais cultivares, ocasionando um efeito de contrabalanceamento dos preços em função da maior diversidade de culturas (CASTRO; SILVA NETO, 2018; LEHMANN; BRINERA; FINGERB, 2013; SANTOS; AMBROSI; LHAMBY, 1999).

Na Tabela 3.3 são apresentados os resultados de viabilidade econômica dos tratamentos em valores anuais. Os rendimentos ligados à margem bruta se apresentaram consistentes, contudo quando considerados os custos de oportunidades, como a remuneração do capital de giro e a remuneração da terra, a análise passou a fornecer um quadro mais coerente acerca do mercado agrícola.

**Tabela 3.3** Viabilidade econômica (R\$ ha<sup>-1</sup>) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

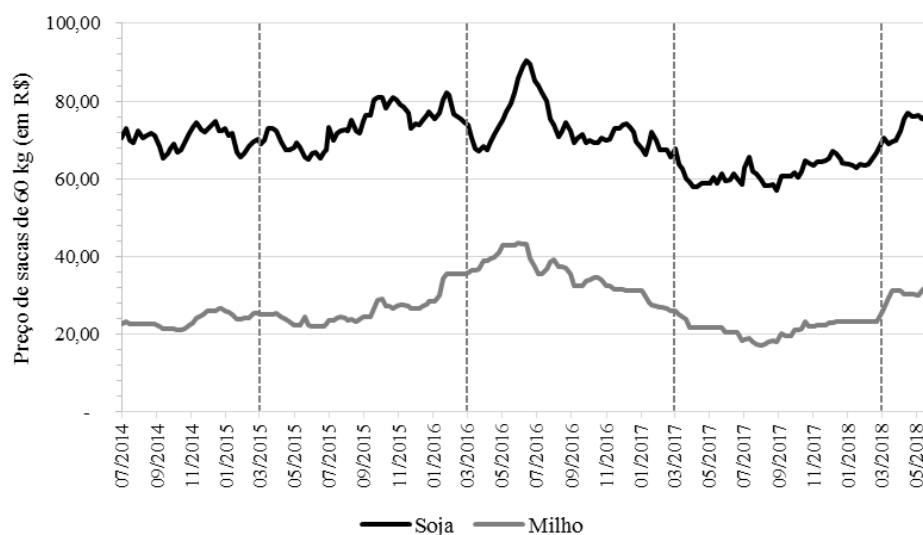
	2014/15	2015/16	2016/17	Média	Acumulada
<b>Tratamento I</b>					
Receita	5.853,64	7.001,45	6.715,22	6.523,44	19.570,31
Custo variável	5.992,64	5.884,88	5.632,07	5.836,53	17.509,60
Remuneração de fatores	1.727,94	1.774,86	1.532,70	1.678,50	5.035,50
Lucro econômico	-1.866,94	-658,29	-449,55	-991,60	-2.974,79
<b>Tratamento II</b>					
Receita	5.769,93	6.437,90	7.840,86	6.682,90	20.048,69
Custo variável	4.859,16	5.247,69	6.329,46	5.478,77	16.436,31
Remuneração de fatores	1.650,86	1.733,66	1.548,33	1.644,28	4.932,84
Lucro econômico	-740,08	-543,45	-36,94	-440,16	-1.320,47
<b>Tratamento III</b>					
Receita	4.214,25	6.720,42	5.114,54	5.349,74	16.049,21
Custo variável	3.715,23	4.281,14	3.647,96	3.881,44	11.644,33
Remuneração de fatores	1.578,14	1.666,70	1.402,76	1.549,20	4.647,61
Lucro econômico	-1.079,12	772,58	63,82	-80,91	-242,73
<b>Tratamento IV</b>					
Receita	7.139,65	6.962,70	6.431,79	6.844,71	20.534,14
Custo variável	4.867,66	5.337,70	4.778,81	4.994,72	14.984,17
Remuneração de fatores	1.646,74	1.737,90	1.475,43	1.620,02	4.860,07
Lucro econômico	625,25	-112,90	177,55	229,97	689,90
<b>Tratamento V</b>					
Receita	5533,98	8145,93	5988,18	6.556,03	19.668,09
Custo variável	5594,22	6016,93	4973,28	5.528,15	16.584,45
Remuneração de fatores	1701,93	1779,83	1490,30	1.657,36	4.972,07
Lucro econômico	-1.762,18	349,16	-475,40	-629,48	-1.888,43
<b>Tratamento VI</b>					
Receita	5.884,56	7.610,32	10.195,41	7.896,76	23.690,29
Custo variável	5.400,73	4.944,35	7.468,20	5.937,76	17.813,29
Remuneração de fatores	1.687,46	1.708,82	1.646,12	1.680,80	5.042,40
Lucro econômico	-1.203,64	957,14	1.081,09	278,20	834,60

**Notas:** Valores monetários corrigidos pelo IPCA para maio de 2018.

Assim, quando considerados os custos de oportunidades, os únicos tratamentos economicamente viáveis foram o VI e o IV. Mesmo apresentando rentabilidades positivas, os outros sistemas de produção foram economicamente inviáveis, sobretudo o sistema de sucessão. Para todos os tratamentos, a maior fração do custo de oportunidade foi procedente da remuneração da terra. Estes resultados vão ao encontro dos obtidos por Mello e Esperancini (2015), que verificaram no Sudeste do Brasil, que a rotação de culturas foi economicamente viável, enquanto que a sucessão de culturas foi economicamente inviável.

Como na Região Sul do país, grande parte dos produtores tem a possibilidade de armazenar os grãos em silos, principalmente nas cooperativas, o sistema de comercialização tem se diferenciado do resto do país. Isso porque, no primeiro ano, após a colheita dos grãos de soja e milho, não há custos administrativos para o armazenamento dos grãos em silos. Com isso os produtores acabam tendo um período maior na tomada de decisão sobre o melhor momento para venda de seus produtos. Assim, ao se considerar que a soja e milho possam ser vendidos no pico de preços registrados em cada trimestre, ao longo dos 12 meses posteriores da data da colheita, os resultados podem apresentar uma tendência diferenciada, para melhor ou para pior.

Pois, o preço de venda dos grãos no ano subsequente pode ser superior ou inferior ao do momento da colheita. Na Figura 3.3 é apresentada a evolução dos preços de sacas de 60kg (R\$) de soja e milho, no período de julho de 2014 a maio de 2018.



**Figura 3.3** Evolução dos preços de sacas de 60kg (R\$) de soja e milho, no período de 07/2014 a 05/2018.

**Notas:** Dados do Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB). Valores monetários corrigidos pelo IPCA para maio de 2018.

Mesmo que a venda dos grãos de soja e milho fossem realizadas nos picos de preços do ano subsequente à data da colheita, os resultados referentes a viabilidade econômica dos sistemas de produção analisados nesse estudo não seriam alterados. Na Tabela 3.4 são apresentados os resultados de viabilidade econômica dos tratamentos em valores anuais, considerando que a soja e o milho foram vendidos no pico de preços registrados em cada trimestre, ao longo dos 12 meses posteriores da data da colheita.

**Tabela 3.4** Viabilidade econômica (R\$ ha<sup>-1</sup>) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17 considerando os picos de preço trimestrais.

T	2014/15	2015/16	2016/17	Média	Acumulada
I	-1.351,78	844,81	-1.437,36	-648,11	-1.944,33
II	-506,60	-706,82	-306,46	-506,63	-1.519,88
III	-851,58	602,04	13,22	-78,77	-236,32
IV	967,08	-266,15	-334,28	122,21	366,64
V	-1.438,70	251,59	-1.090,51	-759,20	-2.277,61
VI	-882,68	798,85	823,30	246,49	739,47

**Notas:** T: tratamento. Valores monetários corrigidos pelo IPCA para maio de 2018.

Como visto, somente os Tratamentos VI e IV continuaram sendo economicamente viáveis, no entanto apresentaram valores acumulados inferiores àqueles verificados na ocasião em que a soja e o milho foram comercializados imediatamente após à colheita.

A maior rentabilidade e viabilidade econômica de sistemas de produção mais diversificados, como os de rotação de culturas, que se verificou neste estudo, também foi constatado em pesquisas realizadas em outras regiões, como no Centro-Oeste dos Estados Unidos (AL-KAISI; ARCHONTOULIS; KWAW-MENSAH, 2016), na Europa, mais especificamente no nordeste da Itália (SARTORI et al., 2005), no nordeste da China (FAN et al., 2012), na Índia (JAT et al., 2014) e no Chile (GONZÁLEZ et al., 2013). Todos esses resultados reforçam, ainda mais, a importância de sistemas de rotação de culturas, mais diversificados, tanto em relação aos ganhos de produção, quanto do ponto de vista econômico.

Mesmo sendo uma avaliação de 3 anos agrícolas, os resultados já evidenciaram as diferenças econômicas entre os sistemas de rotação e sucessão de culturas, entre os mais diversificados e os menos diversificados. Os benefícios dos sistemas de rotação de culturas mais diversificados são expressivos para a agricultura, com reflexos na produção, na relação custo-benefício da produção agrícola, e na viabilidade econômica.

Por fim, vale destacar que os produtores brasileiros estão adotando um sistema de produção que não é o mais sustentável, visto que do ponto de vista ambiental não é o preconizado pela agricultura conservacionista, tampouco é o que apresenta o melhor desempenho econômico.

### 3.6 Conclusões

Os sistemas de rotação de culturas são economicamente mais rentáveis que o de sucessão soja-milho. Além disso, os sistemas de rotação que adotaram o maior número de culturas comerciais, tanto no inverno, quanto no verão, resultaram em melhor rentabilidade.

Somente os sistemas de rotação de culturas mais diversificados, ou seja, os que incluíram ao longo dos anos agrícolas (a) trigo-milho+braquiária, canola-milho e feijão-soja (Tratamento VI) e (b) canola-milho, crambe-milho e cártamo-soja (Tratamento IV), foram economicamente viáveis.

## 4 ARTIGO B

### RENTABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS EM ÁREA DE ARENITO CAIUÁ

#### 4.1 Resumo

Mesmo em áreas de predomínio do arenito Caiuá, com solos de baixa fertilidade natural e altamente susceptíveis a processos de erosão e de degradação, agricultores têm adotado sistemas com baixa diversificação, por acreditarem que estes apresentam maior retorno econômico. No entanto, práticas agrícolas como a rotação de culturas podem trazer benefícios agrônômicos, relativos à agricultura conservacionista, além de ganhos econômicos, contornando dificuldades edafoclimáticas da região. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se na região Noroeste do Paraná, em área de arenito Caiuá, sistemas de rotação de culturas sob plantio direto apresentam rentabilidade econômica. Para tanto, foi conduzido um experimento no município de Umuarama, entre anos agrícolas de 2014/15 a 2016/17. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de quatro sistemas de rotações de culturas, que envolveram cultivares de trigo, aveia preta, canola, cártamo, centeio, crambe, feijão, milho, nabo forrageiro, soja, sorgo, tremoço, trigo mourisco e triticale. Foram avaliadas as produtividades das culturas, os custos variáveis, as receitas e as margens brutas. A partir dos resultados, verificou-se que as melhores receitas foram obtidas nos sistemas que adotaram o maior número de culturas comerciais de inverno e verão. Somente um tratamento apresentou rentabilidade, ou seja, margem bruta positiva. Este cenário pode estar associados a fragilidade do solo da região, que por serem de baixa fertilidade, demandam alto investimento com adubação e calagem, para garantir uma produção adequada.

**Palavras-chave:** Análise de custo. Produção agrícola. Economia agrícola. Agricultura conservacionista. Margem bruta.

## ECONOMIC PROFITABILITY OF CROP ROTATION IN CAIUÁ SANDSTONE REGION

### 4.2 Abstract

Even in areas with predominance of Caiuá sandstone, with low fertility soils and highly susceptible to erosion and degradation processes, farmers have adopted systems with low diversification, believing that they present higher economic returns. However, agricultural practices such as crop rotation can bring agronomic benefits, related to conservation agriculture, as well as economic gains, bypassing the edaphoclimatic conditions difficulties in the region's. In this context, the aim of this study was to verify if in the Northwest region of Paraná, in the Caiuá sandstone area, crop rotation systems under no-tillage show economic profitability. For that, an experiment was conducted in the municipality of Umuarama, between agricultural years from 2014/15 to 2016/17. The experimental design was a randomized complete block design, with four treatments and four replications. The treatments consisted of four crop rotation systems, involving cultivars of wheat, black oats, canola, safflower, rye, crambe, beans, corn, forage turnip, soybean, sorghum, lupine, buckwheat and triticale. The crop yields, the variable costs, the revenues and the gross margins were evaluated. From the results, it was verified that the best recipes were obtained in the systems that adopted the most commercial crops of summer and winter. Only one treatment presented profitability, that is, positive gross margin. This scenario may be associated with the fragility of the soil of the region, which, because of their low fertility, requires high investment with fertilization and liming to ensure adequate production.

**Key-words:** Costs analysis. Agricultural production. Agricultural economics. Conservation agriculture. Gross margin.

### 4.3 Introdução

A opção dos agricultores pelos sistemas com baixa diversificação se justifica, em grande parte, pelo retorno econômico de curto prazo (MARCELO; CORA; FERNANDES, 2012). No entanto, esses sistemas com especialização em poucas culturas vão na contramão do que é recomendado do ponto de vista técnico-agronômico e pela agricultura conservacionista (KASSAM et al., 2009). Isso porque a adoção destes sistemas de cultivo pode acarretar em diversos obstáculos à sustentabilidade da produção agrícola, tais como, o desenvolvimento de pragas, doenças, plantas daninhas e nematoides, e pode resultar em perda da qualidade do solo, comprometendo a sua capacidade produtiva (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Desse modo, sistemas pautados na especialização em poucas culturas estão se tornando cada vez mais ineficientes e menos sustentáveis devido à estagnação na produção e aumento nos custos de produção (SINGH et al., 2009).

A sustentabilidade na agricultura continua sendo relevante no cenário agrícola nacional, com a sociedade buscando cada vez mais por sistemas que visem a mitigação dos impactos ambientais causados pela atividade agrícola extrativista e pela segurança alimentar da produção (COSTA, 2011). Desse modo, a rotação de culturas se destaca como prática agrícola sustentável, pois, quando realizada de maneira contínua, acarreta melhorias estruturais e físico-químicas no solo (CASTRO; CALONEGO; CRUSCIOL, 2011; BORTOLUZZI et al., 2010).

A região de Umuarama, no Noroeste do estado do Paraná, tem sua economia diretamente ligada as atividades agropecuárias. Uma das características da região é o predomínio de solos arenosos, derivados do arenito Caiuá, que possuem baixa fertilidade natural e são altamente susceptíveis a processos de erosão e degradação. Também podem ser verificadas uma das maiores temperaturas do Paraná, com uma expressiva amplitude térmica anual (SILVA et al., 2015). Ademais, conforme dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para a região, em 2017, das áreas ocupadas com lavouras temporárias predominavam as soja (38%), cana-de-açúcar (23%) e mandioca (8%), ou seja, estas culturas ocuparam cerca de 70% da área agrícola, denotando uma baixa diversidade. De forma geral, essas informações confirmam a ocorrência de sistemas pouco diversificados, fato que se opõe ao modelo preconizado pela agricultura conservacionista, ou seja, sistemas de produção em rotação de culturas (CHAVAS, 2008).

A rotação de culturas aumenta os teores de carbono orgânico, nitrogênio e na quantidade de nutrientes prontamente disponíveis para as plantas, contribuindo para a

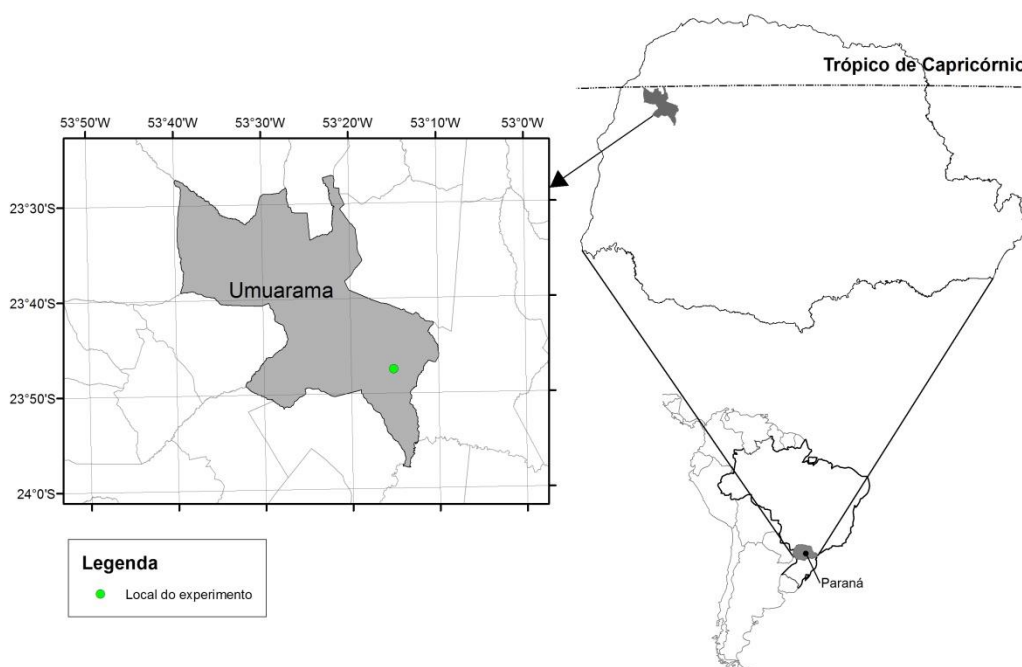
manutenção da qualidade do solo (LISBOA et al., 2012). Porém, estes benefícios dependem das espécies e das sequências de culturas adotadas pelo produtor (FONSECA et al., 2007; PERIN et al., 2004). Desse modo, no planejamento da rotação de culturas recomenda-se, preferencialmente, plantas comerciais e, sempre que possível, associar espécies de plantas de cobertura adaptadas regionalmente, que produzam grandes quantidades de matéria seca e que sejam de rápido desenvolvimento (MACHADO; ASSIS, 2010). A semeadura de gramíneas e de leguminosas, sejam elas cultivadas isoladamente ou em consórcio, também podem ser consideradas, pois contribuem para um maior equilíbrio deste sistema como um todo. Além disso, a rotação é uma alternativa aos produtores de grãos, visto que as adoções de outras culturas no sistema de produção podem ser usadas tanto beneficiando agronomicamente o sistema de rotação, quanto gerando ganhos econômicos. (FONTANELI ET AL., 2000).

Embora os benefícios técnicos agrônômicos dos sistemas de rotação de culturas em plantio direto estejam bem descritos na literatura (MALÉZIEUX et al., 2009; BERTOL, 2004; MCGILL et al., 1984; VIEIRA; MUZILLI, 1984), estudos que tratam das vantagens econômicas decorrente de sua adoção são incipientes (AL-KAISI; ARCHONTOULIS; KAW-MENSAH, 2016; AL-KAISI et al., 2015; GRASSINI et al., 2014; GENTRY, RUFFO; BELOW, 2012), principalmente para realidade brasileira (LEAL et al., 2005; SANTOS; AMBROSI; LHAMBY, 1999) e sobretudo para a região de predominância do arenito Caiuá. A baixa adoção de sistemas conservacionistas de produção pode estar ocorrendo porque os agricultores não conseguem visualizar um retorno econômico com a rotação de culturas, sobretudo no curto prazo. Nesse contexto, a hipótese é de que sistemas de rotação de culturas mais diversificados podem ser mais rentáveis do que àqueles menos diversificados, além de serem economicamente viáveis.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se na região Noroeste do Paraná, em área de arenito Caiuá, sistemas de rotação de culturas sob plantio direto apresentam rentabilidade econômica.

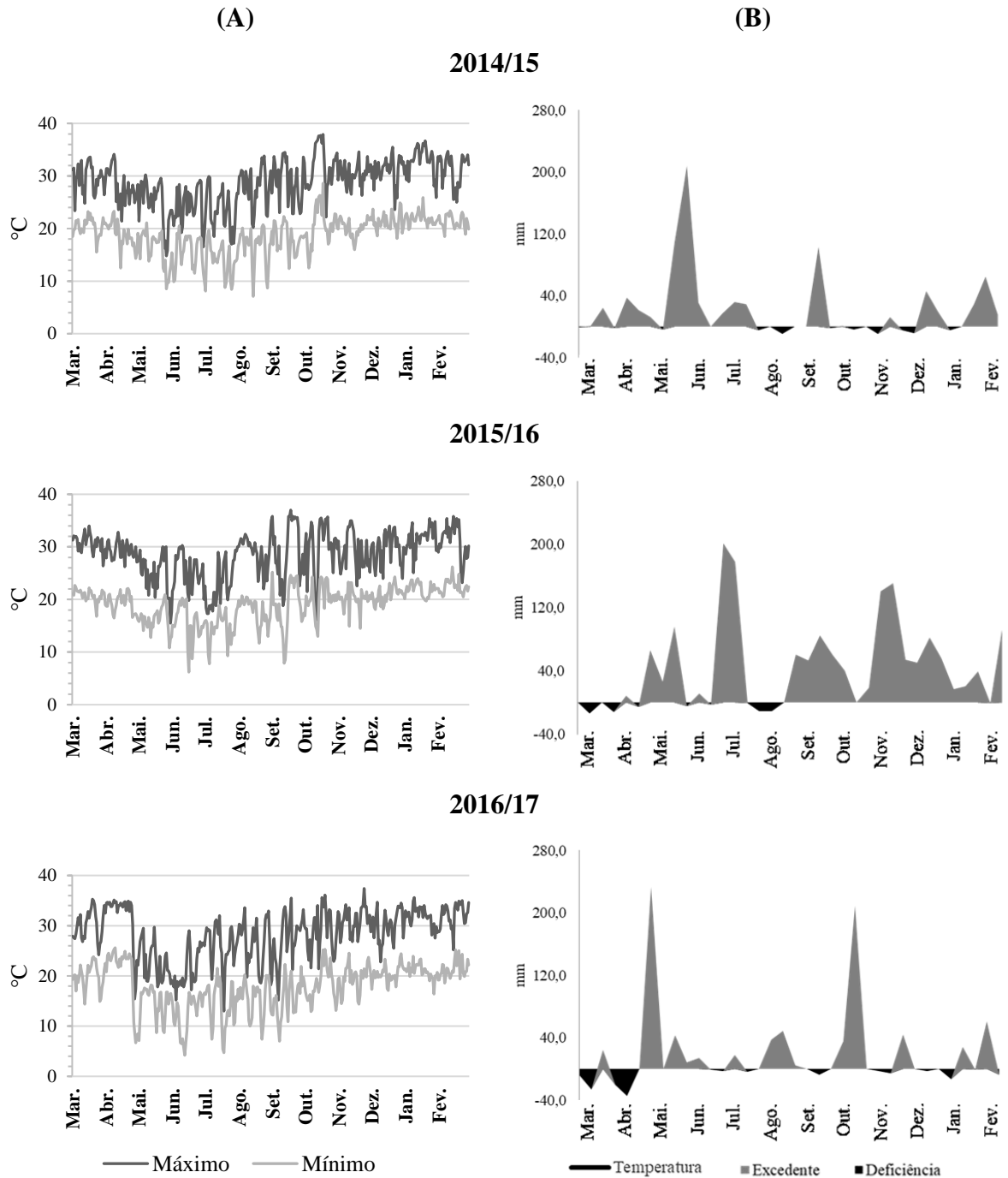
#### 4.4 Material e métodos

A área experimental está localizada no município de Umuarama, Paraná e conduzido no Instituto Agrônômico do Paraná (Figura 4.1). O experimento está situado geograficamente a 23° 44'Sul e 53° 17'Oeste, com altitude de 480 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com relevo suave ondulado e plano (SANTOS et al. 2013), com solos de textura arenosa e média, associados aos arenitos da Formação Caiuá do Cretáceo Superior (CUNHA; CASTRO; SALOMÃO. 1999).



**Figura 4.1** Localização da área experimental.

A região apresenta, conforme a classificação de Koppen, clima do tipo Cfa, subtropical úmido, com temperatura média anual de 22,2 °C e precipitação média anual de aproximadamente 1544 mm. Com referência as condições climáticas dos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17, é apresentado o gráfico de temperatura máxima e mínima diário (Figura 3.2) e do balanço hídrico decendial do experimento (Figura 4.2), pelo método de Thornthwaite e Mather conforme as planilhas de Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998).



**Figura 4.2** (A) Temperatura máxima e mínima diária e (B) balanço hídrico decenal (cad = 60 mm), Umuarama, Paraná, entre os anos agrícolas de 2014/15 a 2016/17.

**Nota:** elaborada com base nos dados do Instituto Agrônômico do Paraná.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, constituídos por quatro blocos e quatro tratamentos. Cada um dos tratamentos relaciona-se com um sistema de produção diferente (Quadro 4.1), sendo a área de cada parcela de 10 m x 30 m (300 m<sup>2</sup>), espaçadas 10 m entre si para manobra de máquinas. Nos últimos 11 anos antes da instalação do experimento, a área foi conduzida em sistema de plantio direto.

**Quadro 4.1** Sistemas de rotações de culturas conduzidos em Umuarama, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

Tratamentos	2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
I	AP+CN	S	AP/N	SG	AP+CN	S
II	TRT	M	SG	S	TRT	S
III	CR	SG	CNL	M	CA	S
IV	TRM	M+B	F	M	TM	S

**Notas:** T: trigo. S: soja. AP: aveia preta. M: milho. CNL: canola. TRM: tremoço. AP: aveia preta. F: feijão. N: nabo forrageiro. TRT: triticale. CN: centeio. CR: crambe. CA: cártamo. SG: sorgo. TM: trigo mourisco.

Cada um dos sistemas de produção tinha uma finalidade distinta. O Tratamento I, obter a máxima palhada, dando lugar no inverno para as culturas da aveia preta, nabo forrageiro e centeio. O Tratamento II, um sistema pouco explorado, mas com potencial comercial. O Tratamento III, produzir culturas ligadas a agroenergia, tais como canola, crambe e cártamo. O Tratamento IV, apresentar a maior diversificação de culturas.

A partir do Quadro 4.2 pode-se observar os genótipos das diferentes espécies utilizadas em cada sistema de produção e suas respectivas datas de semeadura. As sementes de soja utilizadas foram a cultivar BMX Potência nas safras de 2014/2015 e 2015/2016 e a cultivar Ícone na safra de 2016/2017. Já para a cultura do milho a cultivar utilizada foi a 30A95. As semeaduras das culturas de inverso se deram entre os meses de março e maio e das culturas de verão em outubro.

**Quadro 4.2** Genótipos das diferentes espécies utilizadas nos sistemas de sucessão e rotações de culturas e suas respectivas datas de semeadura, conduzidas em Umuarama, nos anos agrícolas de 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

T	2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
I	IPR 61 + IPR 89 (10/04/14) <sup>1</sup>	BMX Potência (06/10/14)	IPR 61 / IPR 116 (09/04/15)	BM 737 (16/10/15)	IPR 61 + IPR 89 (05/05/16)	Ícone (05/10/16)
II	IPR 111 (11/04/14)	30A95 (03/10/14)	BM 737 (07/04/15)	BMX Potência (05/10/15)	IPR 111 (29/04/16)	Ícone (05/10/16)
III	FMS Brilhante* (11/04/14)	BM 737 (23/10/14)	CPI 0801* (06/04/15)	30A95 (05/10/15)	CIPL 0407* (28/03/16)	Ícone (05/10/16)
IV	IAPAR 24 (10/04/14)	30A95 + Brachiaria ruziziensis (03/10/14)	IPR Campos Gerais (06/04/15)	30A95 (05/10/15)	IPR 91* (29/03/16)	Ícone (05/10/16)

**Notas:** T: Tratamentos. \*Cultivar experimental. <sup>1</sup> As informações entre parêntese referem-se a data de semeadura de cada cultura. + representa culturas realizadas em consorciação. / representa culturas realizadas individualmente, uma subsequente a outra.

Para a realização da análise de rentabilidade econômica, foram considerados todos os serviços e insumos utilizados em cada sistema de produção. Para o cálculo do custeio das operações agrícolas, como máquinas e mão-de-obra, considerou-se uma propriedade rural de tamanho médio, ou seja, um imóvel rural com área superior a 4 e até 15 módulos fiscais<sup>2</sup>, refletindo a grande maioria das propriedades rurais encontradas na região de Umuarama, Noroeste do Paraná.

Na análise de custos foram levados em conta àqueles relacionados ao custeio da produção, seguindo o procedimento metodológico apresentados por Kay, Edwards e Duffy (2014). Para compor os custos das operações de semeadura, pulverizações e colheita, incluindo mão-de-obra, foram utilizados os coeficientes técnicos da Estação Experimental. Os valores das operações agrícolas e os insumos utilizados foram todos extrapolados para hectare. Para a obtenção dos custos, tanto das operações agrícolas quanto dos insumos, foi realizado um levantamento acerca dos valores médios pagos pelos produtores, no mês de agosto dos anos de 2014, 2015 e 2016, com base em informações obtidas junto a pelo menos três cooperativas e/ou empresas da região de Umuarama.

Para a avaliação econômica foi utilizada a relação receita/custo de cada sistema de produção, apresentando-se a margem bruta dos mesmos. As receitas foram calculadas com base na produção média obtida em cada tratamento utilizado no experimento, multiplicado pelo seu respectivo preço de venda, no momento da colheita. A produtividade, por sua vez, foi obtida a partir da pesagem dos grãos colhidos oriundos da área útil das parcelas, sendo os valores extrapolados para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigidos para 13% de umidade (b.u.).

Todos indicadores econômicos foram corrigidos pelo Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA), que é o índice oficial de inflação do Brasil, para valores correntes de maio de 2018.

---

<sup>2</sup> Os módulos fiscais na região de Umuarama, no Estado do Paraná, variam de 18 a 24 ha.

#### 4.5 Resultados e discussão

Na Tabela 4.1 são apresentados os resultados de produtividades para cada sistema de rotação de culturas nos três anos agrícolas do experimento. Verificou-se que no geral a produtividade da soja foi abaixo da média do estado do Paraná, que de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), para o ano safra de 2016/17 foi de 3.741 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.1** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) dos grãos nos sistemas de produção, para as safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017 em Umuarama, Paraná.

Tratamentos	2014/15		2015/16		2016/17	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão <sup>1</sup>
I	AP+CN	S	AP+N	SG	AP+CN	S
	-	3.009	-	5.648	-	3.285
II	TRT	M	SG	S	TRT	S
	1.742	8.324	3.033	3.019	1.580	3.406
III	CR	SG	CNL	M	CA	S
	1.627	5.004	1.196	7.926	991	3.436
IV	TRM	M+B	F	M	TM	S
	-	8.014	1.940	8.056	1.934	3.780

**Notas:** T: trigo. S: soja. AP: aveia preta. M: milho. CNL: canola. TRM: tremoço. AP: aveia preta. F: feijão. N: nabo forrageiro. TRT: triticale. CN: centeio. CR: crambe. CA: cártamo. SG: sorgo. TM: trigo mourisco. “-“: não houve colheita de grãos.

Os rendimentos baixos devem-se principalmente às características morfológicas de solos provenientes da formação Arenito Caiuá, que são altamente susceptíveis a ação de intempéries (BARBOSA et al. 2013). O déficit hídrico também pode apresentar impacto negativo no crescimento e desenvolvimento da planta, principalmente quando ocorre no período de florescimento e enchimento de grãos (GAVA et al., 2015; TAVARES et al., 2013; SANTOS et al., 2012; FIOREZE et al., 2011). O que não ocorreu no experimento conduzido neste estudo, pois nos períodos de deficiência hídrica as culturas estavam em fase de colheita ou não haviam sido semeadas. Foram verificados déficit hídrico no verão de 2014/15, entre os meses de outubro e janeiro; no inverno de 2015/16, nos meses de março e agosto; e no inverno e verão de 2016/17, entre os meses de março e abril e entre setembro e janeiro (Figura 4.2).

As altas e baixa temperaturas também contribuíram para o menor crescimento das plantas. As principais culturas prejudicadas foram o cártamo, o triticale, o trigo mourisco, o sorgo e a canola. No caso do trigo mourisco, foi a baixa temperatura verificada no inverno de 2015/17, que chegou a 5 C°. Os danos ocasionados pela geada

começam a partir da temperatura do ar abaixo de 3°C, visto que há uma diferença de 2,1°C a 4,8°C entre a temperatura do ar no abrigo e da relva (SILVA; SENTELHAS, 2001).

Com relação a soja, no verão de 2016/17, apenas o Tratamento IV apresentou produtividade da soja (3.780 kg ha<sup>-1</sup>) ligeiramente acima da média estadual (3.741 kg ha<sup>-1</sup>). Neste tratamento foi desenvolvido o sistema de rotação que adotou a maior diversificação de culturas. Em contrapartida, o pior desempenho foi obtido no Tratamento I (3.285 kg ha<sup>-1</sup>). Já para o caso da cultura do milho, apenas no verão de 2014/15 do Tratamento II e no verão de 2015/16 do Tratamento IV que apresentaram produtividade superior à média paranaense de 8.025 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018). O seu melhor desempenho foi verificado no Tratamento II (8.324 kg ha<sup>-1</sup>), que foi cultivado logo após a safra de triticales, enquanto que a menor produtividade foi no Tratamento III, no verão de 2015/16 (7.926 kg ha<sup>-1</sup>) logo após o cultivo da canola. Culturas como cártamo, crambe e principalmente o triticales, que apresentam um potencial produtivo, tolerância à acidez do solo, boa capacidade de ciclagem e supressão de plantas daninhas, (BRANCALIÃO et al., 2015), apresentaram resultados abaixo dos verificados em outros estudos. Contudo, é importante destacar que os benefícios da rotação podem ser expressivos, pois os sistemas mais diversificados apresentam melhores resultados devido principalmente as melhorias físicas que podem ocorrer no solo, permitindo que a cultura se desenvolva adequadamente, resultando em uma produtividade superior nas safras seguintes (FONSECA et al., 2007).

Na Tabela 4.2 são apresentadas a receita, o custo variável e a margem bruta por hectare para cada sistema de rotação de culturas para os três anos agrícolas do experimento. A partir das receitas, verificou-se que, o Tratamento I, cujas culturas de inverno não foram comercializadas, apresentou o menor resultado. Assim, a maior receita foi verificada no Tratamento IV (R\$ 18.334,60), seguido pelos tratamentos II (R\$ 16.956,75), III (R\$ 13.623,35) e I (R\$ 9.845,40). Acerca do custo variável, o maior gasto acumulado foi verificado no Tratamento II (R\$ 16.956,75), seguido do IV (R\$ 15.542,08), III (R\$ 14.692,85,00) e I (R\$ 12.234,71). Em média os desembolsos com insumos representaram cerca de 54% do custo variável, enquanto que as despesas com operações agrícolas 31%, e outros custos 15%. Já, com relação a margem bruta, indicador de rentabilidade dos sistemas de produção, o único que apresentou resultado positivo foi o Tratamento IV (R\$ 2.792,52), sendo que os demais geraram prejuízos: III (R\$ -1.066,50), I (R\$ -2.389,31) e II (R\$ -2.936,62).

**Tabela 4.2** Receita, custo variável e margem bruta (R\$ ha<sup>-1</sup>) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17 em Umuarama, Paraná.

	2014/15		2015/16		2016/17		Média		Acumulado
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	
<b>Tratamento I</b>									
	AP+C	S	AP+N	SG	AP+CN	S			
Receita	-	3.550,98	-	2.703,87	-	3.590,55	-	3.281,80	9.845,40
Custo variável	781,81	3.814,05	1.140,87	2.509,53	996,78	2.991,67	973,15	3.105,08	12.234,71
Insumos	301,23	2.046,66	501,46	1.196,80	544,3	1.696,17	449,00	1.646,54	6.286,62
Semente	149,70	245,38	170,66	182,65	108,51	564,58	142,96	330,87	1.421,47
Fertilizante	-	900,47	-	807,98	-	326,28	-	678,24	2.034,73
Herbicida	125,25	293,81	306,16	206,17	435,79	320,73	289,07	273,57	1.687,92
Inseticida	-	350,64	24,64	-	-	154,34	8,21	168,33	529,63
Fungicida	26,27	221,53	-	-	-	330,23	8,76	183,92	578,04
Operações agrícolas	407,63	1.250,38	493,58	868,99	324,92	755,35	408,71	958,24	4.100,85
Outros custos	72,96	517,01	145,83	443,75	127,55	540,15	115,45	500,30	1.847,25
Margem bruta	-781,81	-263,07	-1.140,87	194,34	-996,78	598,88	-973,15	176,72	-2.389,31
<b>Tratamento II</b>									
	TRT	M	SG	S	TRT	S			
Receita	859,82	3.466,97	1.517,68	3.832,60	620,04	3.723,02	999,18	3.674,20	14.020,13
Custo variável	1.808,64	3.350,19	2.601,12	3.347,52	2.842,26	3.007,02	2.417,34	3.234,91	16.956,75
Insumos	1.034,73	2.013,04	1.348,06	1.702,25	1.865,48	1.696,17	1.416,09	1.803,82	9.659,73
Semente	186,97	408,21	182,65	172,60	297,48	564,58	222,36	381,80	1.812,48
Fertilizante	633,61	1.146,84	700,68	581,50	667,21	326,28	667,16	684,88	4.056,12
Herbicida	130,06	457,99	360,12	269,39	266,57	326,89	252,25	351,42	1.811,02
Inseticida	-	-	104,62	376,06	-	154,34	34,87	176,80	635,03
Fungicida	84,09	-	-	204,03	634,22	324,07	239,44	176,03	1.246,41
Operações agrícolas	569,34	865,65	857,11	1.043,77	590,38	762,78	672,28	890,73	4.689,03
Outros custos	204,57	471,49	395,95	601,50	386,39	548,08	328,97	540,36	2.607,98
Margem bruta	-948,82	116,78	-1.083,44	485,08	-2.222,22	716,00	-1.418,16	439,29	-2.936,62
<b>Tratamento III</b>									
	CR	SG	CNL	M	CA	S			
Receita	896,50	1.687,73	1.484,49	4.743,20	1.058,62	3.755,81	1.146,54	3.395,58	13.626,35
Custo variável	1.683,31	2.792,27	2.229,07	3.388,59	1.588,79	3.010,82	1.833,72	3.063,89	14.692,85
Insumos	898,29	1.633,69	1.108,98	1.723,11	776,30	1.696,17	927,86	1.684,32	7.836,54
Semente	125,07	200,10	84,90	444,51	-	564,58	69,99	403,07	1.419,16
Fertilizante	570,30	991,77	668,94	807,98	514,31	326,28	584,51	708,68	3.879,57
Herbicida	152,20	296,46	311,67	436,15	261,99	326,89	241,96	353,17	1.785,37
Inseticida	50,73	145,36	43,47	34,46	-	154,34	31,40	111,39	428,36
Fungicida	-	-	-	-	-	324,07	-	108,02	324,07
Operações agrícolas	589,88	824,73	771,78	1.016,22	563,59	764,61	641,75	868,52	4.530,81
Outros custos	195,14	333,84	348,31	649,27	248,90	550,04	264,12	511,05	2.325,50
Margem bruta	-786,81	-1.104,54	-744,58	1.354,61	-530,17	744,99	-687,19	331,69	-1.066,50
<b>Tratamento IV</b>									
	TRM	M+B	F	M	TM	S			
Receita	-	3.338,02	4.678,50	4.821,12	1.365,36	4.131,60	3.021,93	4.096,91	18.334,60
Custo Variável	552,73	3.224,77	3.878,91	3.225,13	1.606,17	3.054,37	2.012,61	3.168,09	15.542,08
Insumos	203,49	1.970,56	2.167,13	1.723,11	769,48	1.696,17	1.046,70	1.796,61	8.529,94
Semente	103,81	492,13	613,26	444,51	-	564,58	239,02	500,41	2.218,29
Fertilizante	-	1.146,85	724,30	807,98	514,31	326,28	412,87	760,37	3.519,72
Herbicida	99,68	331,58	248,47	436,15	255,17	326,89	201,11	364,88	1.697,96
Inseticida	-	-	43,47	34,46	-	154,34	14,49	62,94	232,27
Fungicida	-	-	537,63	-	-	324,07	179,21	108,02	861,70
Operações agrícolas	296,74	800,20	1.017,32	869,57	572,46	785,67	628,84	818,48	4.341,96
Outros custos	52,51	454,00	694,46	632,45	264,24	572,54	337,07	553,00	2.670,20
Margem bruta	-552,73	113,25	799,59	1.595,99	-240,81	1.077,23	2,02	928,82	2.792,52

**Notas:** T: trigo. S: soja. AP: aveia preta. M: milho. CNL: canola. TRM: tremçoço. AP: aveia preta. F: feijão. N: nabo forrageiro. TRT: triticale. CN: centeio. CR: crambe. CA: cártamo. SG: sorgo. TM: trigo mourisco. Valores monetários corrigidos pelo IPC-A para maio de 2018.

Com relação ao sistema que obteve rentabilidade positiva, como é o caso do Tratamento IV, este apresentou a maior receita e o maior custo variável. Assim, vale destacar que um custo variável elevado não significa, necessariamente, que o sistema de produção seja

pior, muito pelo contrário, o sistema de produção pode apresentar um custo variável elevado, contudo, este poderá ser mais que compensado por sua receita. Este sistema se destacou por ter apresentado uma boa produtividade da soja no verão de 2016/17, e pelo alto valor de mercado das sacas do milho e do feijão no ano agrícola de 2015/16, culminando assim na maior receita acumulada. Desse modo, mesmo apresentando elevados custos de produção, este sistema foi rentável. A receita média para as culturas de inverno foi de R\$ 3.021,93, enquanto que para as de verão foi de R\$ 4.096,91. Já o custo variável médio para as culturas de inverno foi de R\$ 2.012,61 e para as de verão foi de R\$ 3.168,09. A cultura mais cara para ser produzida foi o feijão carioca, que no inverno de 2015/16 foi de R\$ 3.878,91, decorrente principalmente dos altos gastos com insumos. No geral, os sistemas de rotação de culturas, planejados com uma ampla diversificação de plantas comerciais, como foi o caso deste tratamento, conseguiram apresentar resultados superiores de rentabilidade se comparado aos com menos culturas comerciais. Sistemas de rotação de culturas, planejados com uma ampla diversificação de plantas comerciais, tem apresentado resultados de rentabilidade melhores se comparado aos menos diversificados, como foi constatado no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul (SANTOS et al., 2004), na região Centro-Oeste dos Estados Unidos (GOPLIN et al. 2018) e no Chile (GONZÁLEZ et al., 2013).

No Tratamento III, sistema de produção em que se adotou culturas de inverno de baixo custo de produção, tais como o crambe, a canola e o cártamo, não se conseguiu obter resultados positivos de rentabilidade, mesmo comercializando todas as safras de inverno e verão. A receita média para as culturas de inverno foi de R\$ 1.146,54, enquanto que para as de verão R\$ 3.395,58. Já o custo variável médio para as culturas de inverno foi de R\$ 1.833,72 e para as de verão de R\$ 3.063,89. Somente as culturas do milho e da soja, apresentaram margem bruta positiva. O milho cultivado no verão de 2015/16 destacou-se positivamente em razão do seu preço alto de comercialização, praticado no período da colheita. Já no caso da soja, o destaque foi a sua produtividade que ficou próxima da média estadual. O sorgo cultivado no verão de 2014/15, devido ao seu alto custo de produção, foi o que apresentou o pior resultado de margem bruta. No geral, o fertilizante foi o insumo com maior participação no custo variável, sendo que no caso do sorgo, correspondeu a cerca de 60% dos gastos com insumos. Com relação às baixas receitas auferidas com a venda das culturas de inverno, principalmente a do crambe e da canola, nenhuma delas apresentou margem bruta positiva.

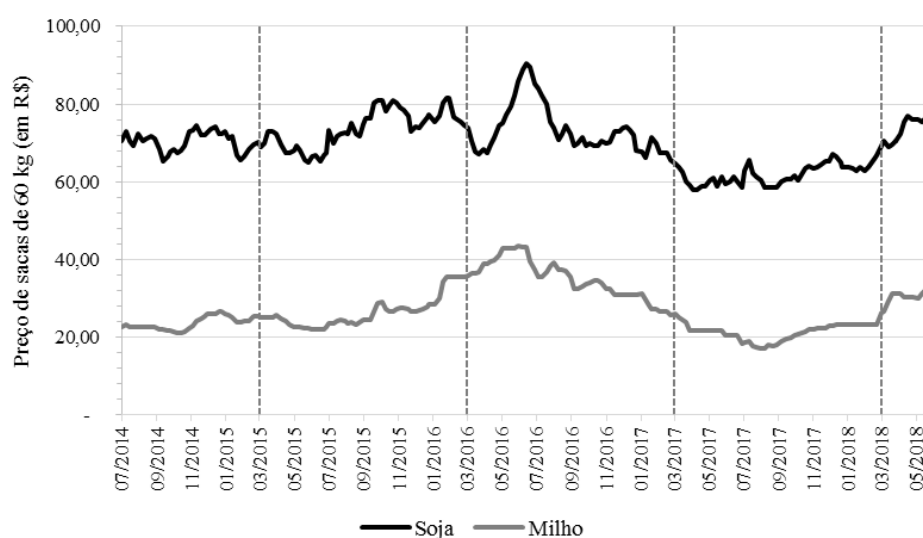
Em relação ao Tratamento I, as consorciações de culturas não comerciais realizadas em todas as suas safras de inverno, foram os principais responsáveis pelo resultado

negativo de rentabilidade. Mesmo composto por diferentes culturas de inverno que possuem um baixo custo de produção, as receitas adquiridas somente com as vendas das culturas de verão não foram suficientes para cobrir todos os gastos. Este sistema foi o que apresentou os menores custos variáveis, sendo em média R\$ 973,15 para as culturas de inverno e R\$ 3.105,08 para as de verão. Como não houve a comercialização das safras de inverno, o manejo fitossanitário adotado se mostrou menos rigoroso, demandando uma menor quantidade de insumos para o desenvolvimento da lavoura, e assim reduzindo os gastos com altas quantidades de insumos. Como no inverno deste sistema cultivou apenas espécies para cobertura vegetal, a condução do experimento em três anos agrícolas pode não ser suficiente para a obtenção dos resultados esperados, principalmente com os ganhos de produtividade (NUNES et al., 2006). Desse modo, mesmo com o sistema apresentado baixa receita neste primeiro ciclo de rotação de culturas, no longo prazo a produção de palhada pode influenciar positivamente na rentabilidade das culturas sucessoras (VALICHESKI et al., 2012; LEAL et al., 2005), uma vez que a cobertura vegetal tem contribuído positivamente em diversos fatores, como na supressão de plantas daninhas (BORGES et al., 2014) e na redução da compactação do solo (DEBIASI et al., 2010).

Com relação ao Tratamento II, mesmo comercializando todas as safras de inverno e verão, e apresentando a segunda maior receita, este sistema apresentou a pior rentabilidade. O resultado negativo se deu principalmente pelo alto custo de produção de suas culturas. Os maiores custos variáveis foram verificados neste sistema, sendo, em média, R\$ 2.417,34 para as culturas de inverno, e R\$ 3.234,91 para as de verão. O mais caro deles foi o triticale, que devido a problemas fitossanitários no inverno de 2016/17, foram gastos cerca de 7,5 vezes a mais com fungicidas, se comparado com o cultivado no inverno de 2014/15. Devido aos custos elevados nas culturas de inverno, houve prejuízo à rentabilidade do sistema de produção, uma vez que, de acordo com Bonjorno et al. (2010), estas culturas costumam apresentar uma renda inferior se comparado às culturas de verão. Vale destacar que nenhuma cultura de inverno conseguiu obter margem bruta positiva. Além disso, os preços baixos de mercado tanto do triticale, quanto do sorgo, comprometeram a obtenção da renda neste sistema. Assim, as informações inerentes aos custos de produção e rentabilidade são primordiais para os produtores, uma vez que a combinação ideal dos recursos utilizados pode auxiliar na escolha do sistema de produção mais adequado a sua realidade (GERLACH et al., 2013).

Como na Região Sul do país, grande parte dos produtores tem a possibilidade de armazenar os grãos em silos, principalmente nas cooperativas, o sistema de comercialização tem se diferenciado do resto do país. Isso porque, no primeiro ano, após a

colheita dos grãos de soja e milho, não há custos administrativos com o armazenamento, com isso os produtores acabam tendo um período maior na tomada de decisão sobre o melhor momento para venda de seus produtos. Assim, ao se considerar que a soja e milho possam ser vendidos no pico de preços registrados em cada trimestre, ao longo dos 12 meses posteriores da data da colheita, os resultados poderiam apresentar uma tendência diferenciada, para melhor ou pior. Mesmo porque os preços podem ser superiores ou inferiores aos do momento da colheita. Na Figura 4.3 é apresentada a evolução dos preços de sacas de 60kg (R\$) de soja e milho, no período de julho de 2014 a maio de 2018.



**Figura 4.3** Evolução dos preços de sacas de 60kg (R\$) de soja e milho, no período de 07/2014 a 05/2018.

**Notas:** Dados do Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná (Seab). Valores monetários corrigidos pelo IPCA para maio de 2018.

Mesmo que a venda dos grãos de soja e milho fossem realizadas nos momentos de picos de preços, os resultados referentes a rentabilidade econômica dos sistemas de produção analisados nesse estudo não seriam alterados. Na Tabela 4.3 são apresentados os resultados de margem bruta dos tratamentos em valores anuais, considerando que a soja e o milho foram vendidos no pico de preços registrados em cada trimestre, ao longo dos 12 meses posteriores da data da colheita.

**Tabela 4.3** Margem bruta (R\$ ha<sup>-1</sup>) dos sistemas de produção, para as safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17, considerando os picos de preço trimestrais.

T	2014/15		2015/16		2016/17		Acumulado
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	
I	-781,81	81,4154169	-1140,87	194,34	-996,78	631,734526	-2.389,31
II	-948,82	637,541459	-1083,44	736,418246	-2222,22	749,84935	-2.936,62
III	-786,81	-1104,54	-744,58	1651,63818	-530,17	779,139803	-1.066,50
IV	-552,73	614,451518	799,59	1897,76657	-240,81	1115,02699	2.792,52

Notas: T: tratamento. Valores monetários corrigidos pelo IPCA para maio de 2018.

Somente o Tratamentos IV continuou sendo o único com margem bruta positiva, sendo observado que, mesmo estes tratamentos, apresentaram valores acumulados inferiores àqueles verificados na ocasião em que a soja e o milho foram comercializados imediatamente após a colheita.

Os resultados indicam que, mesmo realizando a venda dos grãos de soja e milho nos momentos de pico de preços, os resultados referentes a rentabilidade econômica dos sistemas de produção, analisados nesse estudo, não seriam alterados. Somente o Tratamentos IV continuaria com margem bruta positiva. A partir destas constatações fica evidente que o mercado condiciona a rentabilidade do agricultor, podendo influenciar o resultado da análise, tanto positivamente, quanto negativamente, de acordo com as variações diárias dos preços de comercialização dos grãos (CASTRO; SILVA NETO, 2018; LEHMANN; BRINERA; FINGERB. 2013). Contudo, para o ciclo de 2014/15 a 2016/17, verificou-se que na região de Umuarama, área de predomínio do arenito Caiuá, com solos de baixa fertilidade, mesmo os sistemas de rotação que foram compostos por uma ampla diversificação de culturas, apresentaram resultado final margem bruta negativa.

Os resultados podem estar associados tanto a fragilidade do solos da região, que por serem de baixa fertilidade, demandam maior investimento com adubação e calagem para garantir uma produção adequada. Prova disso é que, mesmo com os gastos elevados com fertilizantes, a produção de soja ficou quase sempre abaixo da média do Paraná (62 sacas por hectare); quanto a combinação das culturas nas rotações, pois muitas daquelas selecionadas na produção de inverno tiveram rentabilidade negativa, e acabaram comprometendo os resultados econômicos dos sistemas de produção. Exemplo disso foi prejuízo gerado, no inverno, com culturas como aveia preta, canola, cártamo, crambe, sorgo, trio mourisco e triticale, e o lucro obtido com a produção de feijão.

## 4.6 Conclusões

Somente o Tratamento IV foi rentável, com margem bruta positiva. Embora tenha apresentado o maior custo variável, também foi o que apresentou a maior receita, evidenciando, assim, que o sistema de produção pode apresentar um custo variável elevado, contudo, ser mais que compensado pela receita.

As maiores receitas ocorreram nos sistemas de rotação que adotaram o maior número de culturas comerciais, tanto no verão, quanto no inverno – com destaque para a cultura do feijão.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

Mesmo sendo uma avaliação de 3 anos, os resultados já evidenciam as diferenças econômicas entre os sistemas de produção mais diversificados, dos menos diversificados.

As maiores receitas e custos variáveis ocorrem nos sistemas de rotação que adotaram o maior número de culturas comerciais, tanto no inverno, quanto no verão, sendo que estes resultaram em melhor rentabilidade.

Para a região Norte do Paraná, os sistemas de rotação se mostram economicamente mais rentáveis do que o de sucessão. Além disso, os sistemas economicamente viáveis são aqueles mais diversificados, sendo a sucessão de culturas economicamente não viável.

Com relação a região de predominância do arenito Caiuá, somente o Tratamento IV mostrou-se mais rentável

As maiores receitas ocorreram nos sistemas de rotação que adotaram o maior número de culturas comerciais, tanto no verão, quanto no inverno – com destaque para a cultura do feijão.

Os benefícios dos sistemas de rotação de culturas mais diversificados são expressivos para a agricultura, com reflexos na produção, na relação custo-benefício da produção agrícola, e na viabilidade econômica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-KAISI, M.; ARCHONTOULIS, S.; KWAW-MENSAH, D. Soybean spatiotemporal yield and economic variability as affected by tillage and crop rotation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 108, n. 3, p. 1267-1280, 2016.
- AL-KAISI, M.; ARCHONTOULIS, S.; KWAW-MENSAH, D.; MIGUEZ, F. Tillage and crop rotation effects on corn agronomic response and economic return at seven Iowa locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 4, p. 1411-1424, 2015.
- ALMEIDA, V. P.; ALVEZ, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de Cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008.
- ASSEF, R. **Gerência de preços: como ferramenta de marketing**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- ASSMANN, A. L.; SOARES, B. A.; ASSMANN, S. T. **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. 49 p.
- BARBOSA, M. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; PICCININ, G. G. ZUCARELI C. Desempenho agrônomo e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no Arenito Caiuá. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 945-960, 2013.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.
- BONJORNO, I. I.; MARTINS, L. A. O.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H. V. H.; WILDNER, L. P.; PARIZOTTO, C.; FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; ALTIERI, M. A.; LOVATO, P. E. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em Sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 5, n. 2, p. 99-108, 2010.
- BORGES, W.L.B.; FREITAS, R.S.; MATEUS, G.P.; SÁ, M.E.; ALVES, M.C. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 755-763, 2014.
- BORTOLUZZI, E. C.; POLETO, C.; BAGINSKI, Á. J.; SILVA, V. R. Aggregation of subtropical soil under liming: a study using laser diffraction. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 725-734, 2010.
- BOWMAN, M. S.; ZILBERMAN, D. Economic Factors Affecting Diversified Farming Systems. **Ecology and Society**, Wolfville, v. 18, n. 1, p. 33, 2013.
- BRANCALIÃO, S. R.; AGUIAR, A. T. E.; BRANCALIÃO, E. M.; LIMONTA, C. R.; ROSSI, C. E.; CRISTOVÃO, N. N. Produtividade e composição dos grãos de soja em rotação

com culturas de cobertura após o aporte de nitrogênio. **Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, p. 69-76 .2015

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. p. 559-573.

CARDOSO, R. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 51-60, 2014.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1690-1698, 2011.

CASTRO, M. C.; SILVA NETO, W. A. Risco na variação de preços agropecuários: evidências empíricas para os mercados de soja, milho e boi gordo em Rio Verde, Goiás. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 49, n. 1, p. 83-97, 2018.

CATTELAN, A. J.; GAUDÊNCIO, C. A.; SILVA, T. A. Sistema de rotação de culturas em plantio direto e os microrganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 293-307, 1997.

CHAVAS, J. P. On the economics of agricultural production. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, Oxford, v. 52, n. 4, p. 365-380, 2008.

CHAVES, R. Q.; MAGALHÃES, A. M.; BENEDETTI, O. I. S.; BLOS, A. L. F.; SILVA, T. N. Tomada de decisão e empreendedorismo rural: um caso da exploração comercial de ovinos de lei. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. Taubaté, v. 6, n. 3, p. 3-21, 2010.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciada por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 743-753, 2003.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

COSTA, A. A. V. M. R. Agricultura sustentável I: Conceitos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 33, n. 2, p. 61-74, 2010.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.

CUNHA, J. E.; CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umarama, noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 943-951, 1999.

DAL MOLIN, M. A. M.; WATANABE, M. YAMAGUCHI, C. K. JENOVEVA-NETO, R. Análise dos custos como proposta de gerenciamento na produção de arroz irrigado em uma propriedade de agricultura familiar. **Custos e agronegócio online**, Recife, v. 11, n. 3, p. 257-279, 2015.

DANTAS, K. P.; MONTEIRO, M. S. Valoração Econômica dos Efeitos Internos da Erosão: Impactos da Produção de Soja no Cerrado Piauiense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 48, n. 4, p. 619-633, 2011.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTEE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 603-612, 2010.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. **Requisitos para implantação e a manutenção do sistema plantio direto**. In: Plantio Direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte. EMBRAPA-CNPT; FECOTRIGO-FUNDACEP; FUNDAÇÃO ABC, 1993. p. 19-27.

DENTI, E. A.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 635-639, 2001.

DERAL - Departamento de Economia Rural. **Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná** – SEAB. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

DERANI, C.; SCHOLZ, M. C. A. injustiça ambiental das externalidades negativas das monoculturas para commodities agrícolas de exportação no Brasil. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**, Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 1-25, 2017.

FAN, R.; ZHANG, X.; LIANG, A.; SHI, X.; CHEN, X.; BAO, K.; YANG, X.; JIA, S. Tillage and rotation effects on crop yield and profitability on a Black soil in northeast China. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 92, n. 3, p. 463-470, 2012.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBINO, J. M. S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico, **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L. Drenagem interna e lixiviação de nitrato em um latossolo sob sucessão milho-braquiária-milho, com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1163-1173, 2009.

FERREIRA, B. G. C.; FREITAS, M. M. L.; MOREIRA, G. C. Custo operacional efetivo de produção de soja em sistema plantio direto. **iPecege**, Piracicaba, v. 1, p. 39-50. 2015.

FIGEZE, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R.; GUIMARÃES, V. F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 342-349, 2011.

FLORES, A. W.; RIES, L. R.; ANTUNES, L. M. **Gestão rural**. Porto Alegre: Editora dos Autores, 2006. 325 p.

FONSECA, G. C.; CARBONE CARNEIRO, M. A.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, 2000.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

FREITAS, R. E.; MENDONÇA, M. A. A. Expansão Agrícola no Brasil e a Participação da Soja: 20 anos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 54, n. 3, 2016.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 819-828, 2014.

GASQUES, J. G. Sources of growth in Brazilian agriculture: Total factor productivity. **EuroChoices**, Holtwood, v. 16, n. 1, p. 24-25, 2017.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 349 - 359, 2015.

GENTRY, L. F.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Identifying factors controlling the continuous corn yield penalty. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 2, p. 295- 303, 2012.

GERLACH, G. A. X.; ARF, O.; CORSINI, D. C. D. C.; SILVA, J. C.; COLETTI, A. J. Análise econômica da produção de feijão em função de doses de nitrogênio e coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 42-49, 2013.

GONZÁLES, J. U.; UNDURRAGA, P.; HIRZEL, J.; MARTÍNEZ G., I. Economic evaluation of a crop rotation portfolio for irrigated farms in central Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 73, n. 3, p. 243-249, 2013.

GOPLIN, J. J.; COULTER, J. A.; SHEAFFER, C. C.; BECKER, R. L.; BREITENBACH, F. R.; BEHNKEN, L. M.; GUNSOLUS, J. L. Economic Performance of Crop Rotations in the Presence of Herbicide-Resistant Giant Ragweed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 110, n. 1, 2018.

GRASSINI, P.; TORRION, J. A.; GASSMAN, K. G.; YANG, H. S.; SPECHT, J. E. Drivers of spatial and temporal variation in soybean yield and irrigation requirements in western US Corn Belt. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 163, p. 32-46, 2014.

HARKER, K. N., BLACKSHAW, R. E. Integrated cropping systems for weed management. **Prairie Soils and Crops Journal**, Saskatoon, v. 2, p. 52–63, 2009.

HIRAKURI, M. H. Efeito da estiagem na viabilidade econômica da produção de soja no oeste do Paraná: um estudo de caso da safra 2008/2009. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 230-237, 2010.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; THAME, A. C. M. **Administração da empresa agrícola**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1984. 325 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal – PAM**. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

JAT, R. K.; SAPKOTA, T. B.; SINGH, R. G.; JAT, M. L.; KUMAR, M. Seven years of conservation agriculture in a rice-wheat rotation of Eastern Gangetic Plains of South Asia: Yield trends and economic profitability. **Field Crops Research**. Amsterdam, v. 164, p. 199-210, 2014.

JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; DUFT, D. G.; LAMPARELLI, R. A. C.; Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1295-1306, 2012.

JUHÁSZ, A. C. P.; PÁDUA, G. P.; WRUCK, D. S. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

KASSAN, A.; FRIEDRICH, T.; SHAXSON, F. PRETTY, J. The spread of Conservation Agriculture: justification, sustainability and uptake. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 7, n. 4 p. 292-320, 2009.

KAY, R. D., EDWARDS, W. M., DUFFY, P. A. **Gestão de propriedades rurais**. 7ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

LANDAU, E. C.; NETTO, D. A. M. **Expansão potencial da produção de sorgo granífero no Brasil no sistema de rotação com soja considerando o zoneamento de risco climático 2015/16**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015, 27 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 125).

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M. A. A.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; GOMES JÚNIOR, F. G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho em sistema de plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 298-307, 2005.

- LEHMANN, N.; BRINERA, S.; FINGERB, R. The impact of climate and price risks on agricultural land use and crop management decisions. **Land Use Policy**, Guildford, v. 35, p. 119-130, 2013.
- LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH; P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 45-55, 2012.
- LIZARAZU, W. Z; MONTI, A. Energy crops in rotation. **Biomassa and Bioenergy**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 12-25, 2011.
- LOMBARDI-NETO F.; DECHEN, S. C. F.; CONAGIN, A.; BERTONI, J. Rotação de culturas: Análise estatística de um experimento de longa duração em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 127-141, 2002.
- LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011.
- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010.
- MALÉZIEUX, E.; CROZAT, Y.; DUPRAZ, C, LAURANS, M.; MAKOWSKI, D.; OZIER-LAFONTAINE, H.; RAPIDEL, B.; TOURONNET, S.; VALANTIN-MORISON, M. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 29, n. 1, p. 43-62, 2009.
- MARCELO, A. V.; CORA, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: I - produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1553-1567, 2012
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1117-1126, 2011.
- MARTIN, T. N.; VENTURINI, T.; API, I.; PAGNONCELLI, A.; VIEIRA JÚNIOR, P. A. Perfil do manejo da cultura de milho no sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n. 1, p. 1-8, 2011.
- MCGILL, W. B.; CANNON, K. R.; ROBERTSON, J. A.; COOK, F. D. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Brenton after 50 years of cropping to two rotations. **Canadian Journal of Soil Science**, Edmonton, v. 66, n. 1, p. 1-19, 1984.
- MELLO, D. A.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação econômica do cultivo da soja em rotação e sucessão de culturas: resultados a partir de estudo de caso no município de Ourinhos/SP, na safra 2012/13. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 3, p. 280-288, 2015.

- MOHAMMADDOUST CHAMANABAD, H. R.; GHORBANI, ALI ASGHARI, A. ; TULIKOV, A. M. ; ZARGARZADEH, F. Long-term effects of crop rotation and fertilizers on weed community in spring barley. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 33, p. 315-323, 2009.
- MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; INÁCIO, E. M.; BRUNHARA, J. P.; BINHA, D. P.; SILVA, P. V.; SILVA, A. C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.
- NASCENTE, A. S.; SILVEIRA, P. M.; WANDER, A. E. Viabilidade agroeconômica de rotação de culturas e manejo do solo em áreas irrigadas por aspersão. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 57, n. 1, p. 72-79, 2014.
- NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.
- OLIVEIRA, C. M.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, estado do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 43, n. 1, p. 23-32, 2013.
- OLIVEIRA, L. M.; PEREZ JUNIOR., J. H.; COSTA, R. G. **Gestão estratégica de custos**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 322 p.
- OTTONELLI, J.; GRINGS, T. C.; CERETTA, P. S. Impacto de fatores de mercado nos retornos de preços agrícolas. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 228-237, 2016.
- PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1228-1236, 2013.
- PACHECO, L. P.; PETTER, F. A.; SOARES, L. S. S.; SILVA, R. F.; OLIVEIRA, J. B. Sistemas de produção no controle de plantas daninhas em culturas anuais no Cerrado Piauiense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 500-508, 2016.
- PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, 2010.
- PERIN, A.; SILVA SANTOS, R. H.; URQUINAGA, S.; MARINHO GUERRA, J.G.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.
- PINSKY, V. C.; DIAS, J. L.; KRUGLIANSKAS, I. Gestão estratégica da sustentabilidade e inovação. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v. 6, n. 3, p. 465-480, 2013.

- REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.
- REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 85-91, 2011.
- ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p.133-137, 1998.
- RUSCH, A.; VALANTIN-MORISON, M.; SARTHOU, J. P.; ROGER-ESTRADE, J. Biological Control of Insect Pests in Agroecosystems: Effects of Crop Management, Farming Systems, and Seminatural Habitats at the Landscape Scale: A Review. **Advances in Agronomy**, v. 109, p. 219-259, 2010.
- SANTOS H. P.; AMBROSI I.; LHAMBY J. C. B.; CARMO, C. Lucratividade e risco de sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 97-103, 2004.
- SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 836–842, 2012.
- SANTOS, H. G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Solos, 3 ed. Brasília, 2013, 353p.
- SANTOS, H. P.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; SANDINI, I. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para cevada, sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 165-171, 1996.
- SANTOS, H. P.; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B. Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.519-526, 1999.
- SANTOS, H. P.; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Risco de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão sob plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.30, p.37-42, 2000.
- SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B. Influência de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos de soja cultivada em sistemas de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2001.
- SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 21-29, 2006.
- SANTOS, H. P.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Embrapa, Passo Fundo, 2001.

SANTOS, H. P.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; KOCHANN, R. A.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 441-451, 2008.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; PIRES, J.; LAMPERT, E. A.; VARGAS, A. M.; VERDI, A. C. Grain yield and agronomic traits in soybean according to crop rotation systems. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, 2014.

SARTORI, L.; BASSO, B.; BERTOCCO, M.; OLIVIERO, G. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. **Biosystems Engineering**, CIDADE, v. 92, n. 2, p. 245-256, 2005.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: i. perdas de solo e água. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 427-436, 2000.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Macenas, 2009, 314 p.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G.; Crescimento de Brachiaria spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 18, p. 349-355, 2012.

SILVA, J. G.; SENTELHAS, P. C. Diferença de temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geada no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 9-15, 2001.

SILVA, C. G.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 144-153, 2005.

SILVA, P. R. A.; TAVARES, L. A. F.; SOUSA, S. F. G.; CORREIA, T. P.; RIQUETTI, N. B. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v. 19, n. 3. 2015.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2 p. 253-260, 2001.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 2, p. 181-194, 2015.

SILVEIRA, P. M. S.; SILVA, O. F.; STONE, L. F.; SILVA, J. G. Efeito do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 257-263, 2001.

SINGH, B.; TIWARI M. K.; ABROL, Y. P. Reactive nitrogen in agriculture, industry and environment in India. **Indian National Science Academy**, New Delhi, p. 42, 2008.

SINGH, R.; ERENSTEIN, O.; GATHALA, M.; ALAM, M.; REGMI, A. P.; SINGH, U. P.; REHMAN, H. M.; TRIPATHY, B. P. Socio-economics of integrated crop and resource management technologies in the rice–wheat systems of South Asia: site contrasts, adoption, and impacts using village survey findings. In: LADHA, J. K.; SINGH, Y.; ERENSTEIN, O.; HARDY, B. (Eds.), **Integrated crop and resource management in the rice–wheat system of South Asia**, Los Baños: International Rice Research Institute, 2009, p. 355–394.

SOUZA, C. D.; PIRES, F. R. ; PARTELLI, F. L. ; ASSIS, R. D. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 108 p.

STANGER, T. F.; LAUER, J. G.; CHAVAS, J. P. The profitability and risk of long-term cropping systems featuring different rotations and nitrogen rates. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 1, p 105-113, 2008.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STONE, L. R.; SCHLEGELB, A. J. Tillage and Crop Rotation Phase Effects on Soil Physical Properties in the West-Central Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 2, p. 483-491, 2009.

TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; BRUNES, A. P.; TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1357-1363, 2013.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 867-876, 2014.

TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; ARAÚJO, M. A.; PINTRO, J. C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 65-71, 2004.

TRENTO, S. M.; IRGANG, H. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 609-613, 2002.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 969-977, 2012.

VAN DEN PUTTE, A., GOVERS, G., DIELS, J., GILLIJNS, K., DEMUZERE, M. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. **European Journal of Agronomy**, v. 33, p. 231-241, 2010.

VERNETTI JUNIOR, F. J.; GOMES, A. S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1708-1714, 2009.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, 1984.

ZENTNER, R. P.; WALL, D. D.; NAGY, C. N.; SMITH, E. G. YOUNG, D. L. MILLER, P. R.; CAMPBELL, C. A.; MCCONKEY, B. G.; BRANDT, S. A.; LAFOND, G. P.; JOHNSTON, A. M.; DERKSEN, D. A. Economics of crop diversification and soil tillage opportunities in the Canadian prairies. **Agronomy Journal**, CIDADE, v. 94, p. 216-230, 2002.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 6, n. 12, p. 79-100, 2009.

ZUBER, S. M.; BEHNKE, G. D.; NAFZIGER, E. D.; VILLAMIL, M. B. Crop Rotation and Tillage Effects on Soil Physical and Chemical Properties in Illinois. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 3, p. 971-978, 2015.