

## Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Soja  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

## **Documentos 398**

# **Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná**

*Henrique Debiasi  
Julio Cezar Franchini  
Alvadi Antonio Balbinot Junior  
Edner Betioli Junior  
Emerson da Silva Nunes  
Rafael Herrig Furlanetto  
Márcio Ricardo Pinto Mendes*

Embrapa Soja  
Londrina, PR  
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Soja**

Rod. Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta

Caixa Postal 231 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371 6000

Fax: (43) 3371 6100

[www.embrapa.br/soja](http://www.embrapa.br/soja)

[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

### **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudine Dinali Santos Seixas, Fernando Augusto Henning, José Marcos Gontijo Mandarino, Liliane Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina Neves de Oliveira, Norman Neumaier e Osmar Conte*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica: *Marisa Yuri Horikawa*

Foto da capa: Adair Vicente Carneiro

### **1ª edição**

PDF digitalizado (2017)

### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

#### **Embrapa Soja**

---

Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no Norte do Paraná [recurso eletrônico]: / Henrique Debiasi... [et al.] - Londrina: Embrapa Soja, 2017.

55 p. : il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n.398)

1.Soja-Sistema de produção. 2.Soja-Prática cultural. 3.Soja- Pesquisa-Brasil-Paraná. 4.Pesquisa agrícola-Brasil I.Debiasi, Henrique. II.Franchini, Julio Cezar. III.Balbinot Junior, Alvadi Antonio. IV.Betioli Junior, Edner. V.Nunes, Emerson da Silva. VI.Furlanetto, Rafael Herrig. VII.Mendes, Márcio Ricardo Pinto. VII.Título. VIII.Série.

---

CDD 633.34098162 (21.ed.)

© Embrapa 2017

# **Autores**

**Henrique Debiasi, Dr.**

Engenheiro Agrônomo  
Embrapa Soja, Londrina, PR

**Julio Cezar Franchini, Dr.**

Engenheiro Agrônomo  
Embrapa Soja, Londrina, PR

**Alvadi Antonio Balbinot Junior, Dr.**

Engenheiro Agrônomo  
Embrapa Soja, Londrina, PR

**Edner Betioli Junior, Dr.**

Engenheiro Agrônomo  
Cocamar, Maringá, PR

**Emerson da Silva Nunes**

Engenheiro Agrônomo  
Cocamar, Maringá, PR

**Rafael Herrig Furlanetto**

Engenheiro Agrônomo  
Cocamar, Maringá, PR

**Márcio Ricardo Pinto Mendes**

Engenheiro Agrônomo  
Cocamar, Maringá, PR

# Apresentação

Nas últimas duas décadas, a cultura da soja experimentou aumentos expressivos de área e produtividade no Brasil. De forma geral, a cultura tem sido inserida em modelos de produção pouco diversificados, como, por exemplo, as sucessões de soja/milho segunda safra e soja/trigo, por vários anos consecutivos. Por um lado, a simplificação dos modelos de produção facilita a rotina operacional nas propriedades rurais, mas, por outro, pode provocar e intensificar, a longo prazo, a degradação da qualidade do solo e o aumento de problemas fitossanitários, especialmente a infestação de plantas daninhas resistentes a herbicidas e o incremento de algumas doenças e insetos-praga de difícil controle. Esse contexto, em muitas circunstâncias, tem prejudicado a sustentabilidade do Sistema Plantio Direto, aumentando os custos de produção e reduzindo a rentabilidade do negócio.

O planejamento, implantação e condução de modelos de produção com maior diversificação de espécies vegetais requerem elevado aporte de conhecimentos técnicos, a fim de maximizar a sinergia entre as culturas e o retorno econômico, pensando em todo o sistema de produção. Da mesma forma, devem ser exequíveis pelos agricultores e não podem comprometer o desempenho econômico da propriedade a curto prazo, sob a pena de não serem utilizados na prática.

No presente documento, são apresentados e discutidos resultados de pesquisa sobre modelos de produção de grãos com diferentes níveis de diversificação de espécies cultivadas. Os resultados foram obtidos no Norte do Paraná, em trabalho desenvolvido pela cooperativa Cocamar em parceria com a Embrapa. A Embrapa Soja espera que as informações disponibilizadas nesta publicação contribuam para o aprimoramento dos modelos de produção em que a soja está inserida, visando à sustentabilidade do agronegócio no longo prazo.

*Ricardo Vilela Abdelnoor*

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Embrapa Soja

# Sumário

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Introdução.....                                                       | 9  |
| Descrição do protocolo experimental.....                              | 11 |
| Produtividade das culturas comerciais nos modelos de<br>produção..... | 19 |
| Análise econômica simplificada dos modelos de produção ..<br>.....    | 37 |
| Considerações finais .....                                            | 49 |
| Referências .....                                                     | 49 |



# Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná

---

*Henrique Debiasi*

*Julio Cezar Franchini*

*Alvadi Antonio Balbinot Junior*

*Edner Betioli Junior*

*Emerson da Silva Nunes*

*Rafael Herrig Furlanetto*

*Márcio Ricardo Pinto Mendes*

## Introdução

Atualmente, a cultura da soja tem sido inserida em modelos de produção pouco diversificados no Brasil, como as sucessões soja/milho 2<sup>a</sup> safra, soja/trigo, soja/milheto e soja/pousio. A maioria dos trabalhos de pesquisa nas últimas décadas sobre rotação de culturas fundamentou-se na lógica de substituição de culturas comerciais por espécies de adubos verdes, em sistema convencional de preparo do solo, ou de cobertura do solo, em Sistema Plantio Direto (SPD), reduzindo o lucro operacional no curto prazo e limitando o uso dessas técnicas em larga escala. Além disso, o uso de poucas espécies vegetais nos sistemas de produção facilita a rotina operacional nas propriedades rurais e permite a especialização na produção de determinada cultura.

Entretanto, o uso de modelos de produção pouco diversificados tem provocado e intensificado alguns problemas agronômicos e ambientais, sobretudo relacionados à conservação do solo e da água – erosão hídrica e degradação de atributos físicos, químicos e biológicos - e a aspectos fitossanitários, como a infestação de plantas daninhas resistentes a herbicidas e o incremento de algumas doenças, fitonematoides e insetos-praga de difícil controle.

Na prática, a diversificação de culturas é operacionalizada por meio do planejamento e da adoção de um determinado modelo de produção, que compreende o arranjo temporal e espacial das espécies vegetais e/ou animais que compõem os sistemas agrícolas (DENARDIN; KOCH-HANN, 2006). De acordo com Debiasi et al. (2015), em um modelo de produção, as estratégias para diversificação de espécies vegetais envolvem o uso de rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas. A rotação de culturas é definida como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano, enquanto que a sucessão de culturas consiste no ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada uma conduzida em uma estação do ano (HIRAKURI et al., 2012). Assim, modelos de produção envolvendo a rotação de culturas são mais complexos e envolvem um maior grau de diversificação de espécies vegetais em comparação à sucessão de culturas. Além disso, a rotação de culturas implica na alternância de espécies vegetais em uma mesma estação, o que se constitui em um fundamento básico para a quebra do ciclo biológico de alguns insetos-praga e fitopatógenos, com a consequente redução da sua população, bem como para a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo (DEBIASI et al., 2015).

Na região norte do Paraná, o modelo de produção de grãos predominante é constituído pela sucessão soja/milho 2ª safra. Neste sentido, dados do Departamento de Economia Rural da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (DERAL, 2017) mostram que, na safra 2016/17, dos 571 mil hectares ocupados com soja no verão nas regiões de Londrina e Maringá, 490 mil (86%) foram cultivados com milho 2ª safra em sucessão, evidenciando assim a baixa diversificação dos sistemas de produção de grãos no norte do Paraná. Uma das principais opções para aumentar a diversidade de espécies vegetais na sucessão soja/milho 2ª safra envolve a utilização de forrageiras tropicais perenes no período de outono-inverno, particularmente a braquiária *ruziziensis* (*Urochloa ruziziensis*), em cultivo solteiro ou consorciado ao milho 2ª safra. Os benefícios decorrentes da inserção das braquiárias

em sistemas de produção de soja e milho são bem conhecidos, estando relacionados principalmente à conservação e melhoria da qualidade do solo; redução da infestação de plantas daninhas; e aumento da cobertura do solo (CALONEGO; BORGHI; CRUSCIOL, 2011; VARGAS et al., 2016; BALBINOT JUNIOR et al., 2017). Entretanto, existem poucas informações no que diz respeito à(s) melhor(es) opção(ões) para inserção destas espécies nos modelos de produção de grãos da região, principalmente em termos de arranjo espacial/temporal (porcentagem da área total que deve ser reservada às braquiárias) e modalidades de cultivo (solteira ou consorciada ao milho), buscando aliar melhoria da qualidade do solo e do sistema de produção como um todo com desempenho econômico favorável.

Nesse contexto, o presente trabalho objetiva apresentar e discutir o desempenho agrônomo e econômico de diferentes modelos de produção de grãos no norte do Paraná, utilizando como base dados obtidos durante os primeiros quatro anos de condução de experimento em Floresta/PR. Resultados obtidos em outros trabalhos de pesquisa também são utilizados no presente estudo, com o intuito de ampliar a discussão a respeito dos fatores que explicam a resposta produtiva e econômica das culturas em função do grau de diversificação dos modelos de produção.

## Descrição do protocolo experimental

O experimento vem sendo conduzido desde o outono-inverno de 2012, na Unidade de Difusão Tecnológica da Cocamar, em Floresta/PR (23°55' S e 52°04' O, 390 m de altitude média), sobre um Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso. O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido), segundo a classificação de Köppen. A declividade média da área experimental é de 0,05 m m<sup>-1</sup>. À época de implantação do experimento, a área apresentava os seguintes valores médios de atributos químicos na camada de 0-20 cm de profundidade: matéria orgânica (MOS) = 36 g kg<sup>-1</sup>; pH CaCl<sub>2</sub> = 5,45; acidez potencial (H + Al) = 2,71 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; fósforo (P, Melich I) = 13,6 mg dm<sup>-3</sup>; cálcio (Ca<sup>2+</sup>) = 5,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; magnésio (Mg<sup>2+</sup>) = 2,09 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; po-

tássio ( $K^+$ ) =  $0,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; enxofre ( $SO_4^-$ ) =  $6,9 \text{ mg dm}^{-3}$ ; alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) =  $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; capacidade de troca de cátions (CTC, pH 7,0) =  $11,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; e saturação por bases (V%) = 76%.

O delineamento experimental é o de blocos completos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos, distribuídos em parcelas com área total de  $240 \text{ m}^2$  ( $12 \times 20 \text{ m}$ ), envolvem 14 modelos de produção, que se diferenciam entre si pelo nível de diversificação e/ou de mobilização do solo por operações de preparo:

1. Sucessão milho 2<sup>a</sup> safra (MS)/soja;
2. Sucessão MS/soja, com realização de gradagem após a colheita do milho;
3. Sucessão MS/soja, com escarificação após o milho a cada três anos;
4. Sucessão milho 2<sup>a</sup> safra consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*) (MS + Ruz)/soja;
5. Sucessão braquiária (Ruz)/soja;
6. Sucessão trigo/soja;
7. MS + Ruz/soja/MS/soja;
8. Ruz/soja/MS/soja/MS/soja;
9. MS + Ruz/soja/MS/soja/MS/soja;
10. MS + Ruz/soja/MS + Ruz/soja/MS/soja;
11. MS + Ruz/soja/MS + Ruz/soja/MS + Ruz/soja/MS/soja;
12. MS + Ruz/soja/MS/soja/trigo/ milho verão/Ruz/soja.
13. Aveia preta + nabo forrageiro (A + N)/soja/MS + Ruz/soja/aveia branca/soja/trigo/milho verão; e
14. A + N/soja/MS/soja/aveia branca/ soja/ MS + Ruz/soja/trigo/ milho verão.

No presente trabalho, foram utilizados os dados obtidos nas safras 2012/13, 2013/14, 2014/15 e 2015/16, nos modelos de produção em sucessão de culturas (modelos 1, 4, 5 e 6) ou com alternância de espécies vegetais cultivadas no outono-inverno, seguindo ciclos de três anos de duração (modelos 8, 9 e 10). Da mesma forma, tendo em vista os objetivos desta publicação, os tratamentos com mobilização de solo por meio de gradagem leve anual (2) ou escarificação a cada três anos (3) não foram considerados.

A semeadura da soja e do milho 2<sup>a</sup> safra foi realizada por meio de semeadora-adubadora tratorizada, equipada com discos de corte, sulcadores do tipo facão guilhotina para o fertilizante, e discos duplos defasados para a semente. As épocas de semeadura, emergência e colheita, cultivares/híbridos e adubação utilizada, para as culturas da soja e do milho, são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Em todas as safras, a adubação de base foi aplicada no sulco de semeadura de ambas as culturas.

A cultura da soja foi semeada com densidade média de 300 mil plantas por hectare, e espaçamento entrelinhas de 45 cm. Nas safras 2012/13 e 2013/14, a inoculação foi realizada via sementes, por meio da aplicação de inoculante líquido composto por *Bradyrhizobium japonicum* estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, em dose equivalente a aproximadamente 1,7 milhão de células viáveis por semente. Já em 2014/15 e 2015/16, a inoculação foi realizada por meio de pulverização no sulco de semeadura, com inoculante líquido composto pelas mesmas estirpes utilizadas nas duas safras anteriores, em dose equivalente a 6 vezes a utilizada nas sementes e volume de calda de 50 L ha<sup>-1</sup>. Em todas as safras, as sementes foram tratadas com inseticidas e fungicidas. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme indicações técnicas para a cultura da soja na região, em vigor nas safras avaliadas.

**Tabela 1.** Época de semeadura, emergência e colheita, cultivares e adubação de base utilizada para a cultura da soja, nas safras 2012/13, 2013/2014, 2014/15 e 2015/16.

| Safrá   | Datas     |            |          | Cultivar        | Adubação (base) |              |
|---------|-----------|------------|----------|-----------------|-----------------|--------------|
|         | Semeadura | Emergência | Colheita |                 | Fórmula (NPK)   | Dose (kg/ha) |
| 2012/13 | 28/09/12  | 06/10/12   | 12/02/13 | BMX Potência RR | 06-30-12        | 320          |
| 2013/14 | 08/10/13  | 14/10/13   | 19/02/14 | SS 6336 RR      | 06-24-12        | 320          |
| 2014/15 | 22/09/14  | 29/09/14   | 02/02/15 | BRS 360 RR      | 06-24-12        | 320          |
| 2015/16 | 16/09/15  | 24/09/15   | 23/01/16 | BMX Potência RR | 06-24-12        | 320          |

**Tabela 2.** Época de semeadura, emergência e colheita, híbridos e adubação de base utilizada no milho 2ª safra, em 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016.

| Safrá               | Datas     |            |          | Cultivar    | Adubação (base) |              |
|---------------------|-----------|------------|----------|-------------|-----------------|--------------|
|                     | Semeadura | Emergência | Colheita |             | Fórmula (NPK)   | Dose (kg/ha) |
| 2012 <sup>(1)</sup> | 25/02     | 01/03      | 26/07    | AG 9030     | 06-24-12        | 300          |
| 2013 <sup>(2)</sup> | 25/02     | 03/03      | 30/07    | CD 384 HX   | 10-15-15        | 300          |
| 2014 <sup>(3)</sup> | 28/02     | 06/03      | 03/08    | DKB 285 PRO | 10-15-15        | 320          |
| 2015 <sup>(3)</sup> | 09/02     | 15/02      | 06/08    | 2B710 PW    | 10-15-15        | 320          |
| 2016 <sup>(4)</sup> | 03/02     | 09/02      | 19/07    | P 30F53 YH  | 10-15-15        | 320          |

<sup>(1)</sup> Adubação de cobertura em 23/03/2012, 120 kg/ha de N via fertilizante a base de ureia e inibidor da enzima urease, a lanço em área total; <sup>(2)</sup> Adubação de cobertura em 26/03/2013, 67 kg/ha de N via fertilizante a base de ureia e inibidor da enzima urease, a lanço em área total. <sup>(3)</sup> Sem adubação nitrogenada em cobertura. <sup>(4)</sup> Adubação de cobertura em 03/03/16, 67 kg de N via fertilizante a base de ureia e inibidor da enzima urase, a lanço em área total.

Já o milho 2ª safra foi implantado visando uma população média de 55 mil plantas por hectare, com espaçamento entrelinhas de 70 cm em 2012 e 90 cm nas demais safras (2013, 2014, 2015 e 2016). As sementes foram tratadas com inseticidas e fungicidas em todas as safras, sendo os demais tratamentos culturais realizados conforme indicações técnicas para o milho 2ª safra na região, em vigor nas safras avaliadas.

No consórcio, a braquiária foi semeada simultaneamente ao milho, com densidade equivalente a 200 pontos de valor cultural (VC) por hectare (2 kg/ha de sementes puras e viáveis). Nas safras de 2012 e 2014, as sementes de braquiária foram distribuídas na superfície do solo, cerca de 10 cm ao lado do centro da linha do milho, utilizando caixa adicional com rotor acanalado acoplada à semeadora. Já em 2013, 2015 e 2016, o consórcio foi implantado com a mesma semeadora empregada para a soja (linhas espaçadas 45 cm), ajustando-a para semeadura de uma linha de milho e outra de braquiária, de modo alternado. Nestas safras, foi utilizado disco perfurado horizontal para sorgo nas linhas em que a braquiária foi semeada. O milho consorciado com braquiária foi semeado da mesma forma que o milho solteiro (Tabela 2), sendo a adubação de base aplicada apenas nas linhas desta cultura.

O trigo foi semeado empregando-se a mesma semeadora utilizada para as culturas de verão, porém equipada com linhas distanciadas 17 cm, discos duplos defasados para a abertura do sulco de semeadura, e dosador tipo rotor acanalado para as sementes, regulado para obtenção de uma densidade média de 300 plantas por metro quadrado. As épocas de semeadura, emergência e colheita, cultivares e adubação utilizada, para a cultura do trigo, são apresentadas na Tabela 3. A exemplo do milho e da soja, a adubação de base do trigo foi aplicada no sulco de semeadura da cultura. A adubação nitrogenada em cobertura não foi realizada. As sementes de trigo foram tratadas com fungicidas e inseticidas em todas as safras. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme indicações técnicas para a cultura do trigo na região, em vigor nas safras avaliadas.

A braquiária solteira foi semeada em 23/02/12, 26/02/13, 17/03/14, 19/03/15 e 14/03/16, empregando-se a mesma semeadora utilizada para o trigo, regulada para obtenção de densidade de semeadura equivalente a 400 pontos de VC por hectare, ou seja, 4 kg/ha de sementes puras viáveis. A braquiária solteira não foi adubada na base e/ou em cobertura.

**Tabela 3.** Época de semeadura, emergência e colheita, cultivares e adubação de base utilizada no trigo, em 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016.

| Safrá | Datas     |            |          | Cultivar         | Adubação (base) |              |
|-------|-----------|------------|----------|------------------|-----------------|--------------|
|       | Semeadura | Emergência | Colheita |                  | Fórmula (NPK)   | Dose (kg/ha) |
| 2012  | 05/04     | 13/04      | 06/08    | IPR - Catuara TM | 10-15-15        | 300          |
| 2013  | 04/05     | 10/05      | 06/09    | IPR - Catuara TM | 10-15-15        | 250          |
| 2014  | 26/04     | 02/05      | 01/09    | CD 150           | 10-15-15        | 310          |
| 2015  | 25/04     | 02/05      | 31/08    | CD 150           | 10-15-15        | 300          |
| 2016  | 03/05     | 09/05      | 08/09    | TBIO Mestre      | 10-15-15        | 300          |

A produtividade de grãos da soja e do milho 2ª safra foi avaliada por meio da colheita manual das plantas/espigas presentes em 6 m das 3 linhas centrais de cada parcela. No caso do trigo, foram colhidas duas amostras por parcela, cada uma contendo as plantas existentes em uma área de 1 m<sup>2</sup>. As amostras de plantas de soja e de trigo, e de espigas de milho, foram trilhadas mecanicamente e pesadas, sendo os valores corrigidos para 13% de umidade e expressos em sacas por alqueire.

A análise econômica simplificada dos modelos de produção foi realizada mediante o cálculo do lucro operacional e da margem bruta, de acordo com os conceitos apresentados em Oliveira e Vegro (2004). Ambos os índices foram estimados considerando o conjunto das três primeiras safras, período este que corresponde à duração do ciclo de rotação no outono-inverno nos modelos 8, 9 e 10. O lucro operacional foi estimado pela renda bruta (produtividade de grãos acumulada nas três safras por unidade de área x preço da saca de 60 kg) subtraída dos custos operacionais (custos variáveis + custos fixos) acumulados nas 3 safras por unidade de área. Já a margem bruta foi determinada conforme a equação 1:

$$MB = \frac{LO}{CO} \times 100 \quad (1)$$

onde:

MB = margem bruta, em %;

LO = lucro operacional por unidade de área;

CO = custo operacional por unidade de área.

Para fins de cálculo da receita bruta, as produtividades acumuladas da soja e do trigo corresponderam ao somatório dos valores por alqueire obtidos nas 3 safras (2012/13, 2013/14 e 2014/15), em separado para cada tratamento. Já a produtividade acumulada do milho 2ª safra foi calculada com base nos valores médios obtidos em cultivo solteiro ou consorciado com braquiária, independentemente do tratamento, ponderados pelo número de safras de milho solteiro e consorciado dentro do modelo de produção considerado (Tabela 4). Tal procedimento foi adotado no intuito de minimizar os efeitos das variações climáticas sobre as culturas de outono-inverno entre as safras avaliadas, o que poderia favorecer ou desfavorecer “ao acaso” determinados modelos de produção e, assim, levar a erros de interpretação. Isso foi necessário pois as culturas ou consórcios de culturas que compõem a rotação de outono-inverno em um dado modelo de produção não são cultivadas todos os anos. Por exemplo, na comparação dos modelos de produção MS/soja e Ruz/soja/MS/soja/MS/soja, em caso de ocorrência de um evento climático (seca, por exemplo) que reduzisse a produtividade do milho 2ª safra no 1º ano do ciclo de rotação, o modelo que envolve o cultivo de braquiária no outono-inverno seria favorecido na análise econômica, pois o mesmo não teria sido cultivado com uma cultura que provavelmente daria prejuízo econômico. Por outro lado, o tratamento MS/soja seria inadequadamente favorecido na ocorrência de seca no 2º e/ou 3º anos do ciclo de rotação, pois o desempenho econômico do modelo de produção Ruz/soja/MS/soja/MS/soja no outono inverno depende da produtividade do milho nos dois últimos anos do ciclo de rotação. Vale ressaltar que as diferenças de produtividade do milho 2ª safra solteiro ou consorciado com braquiária entre os tratamentos foram muito pequenas, o que reforça a adequação desse procedimento à análise econômica realizada neste trabalho.

Um dos grandes benefícios associados à inserção das braquiárias ou do trigo em modelos de produção envolvendo soja e milho 2ª safra é a redução da infestação de plantas daninhas de difícil controle, como a buva (*Conyza* spp.) e o capim amargoso (*Digitaria insularis*), resultando em menores custos com aplicação de herbicidas. Entretanto, não foi possível quantificar diretamente a magnitude desta economia no experimento pois, devido ao tamanho pequeno das parcelas e elevado número de tratamentos, a aplicação em separado para cada modelo de produção não foi exequível. Assim, para efeitos da análise econômica, foi considerada uma economia de R\$ 261,36 na aplicação de herbicidas para cada ano de cultivo do trigo e da braquiária, solteira ou consorciada ao milho. Esse valor foi estimado tendo como base os resultados obtidos em diversos experimentos conduzidos pela Equipe de Plantas Daninhas da Embrapa Soja.

**Tabela 4.** Resumo dos cálculos utilizados na determinação da produtividade acumulada de grãos de milho 2ª safra nos diferentes modelos de produção.

| Modelo de produção                  | Fórmulas <sup>(1)</sup>                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| MS/soja                             | $P_{acum} = \bar{P}_{MS} \times 3$                      |
| MS + Ruz/soja/MS/soja/MS/soja       | $P_{acum} = (\bar{P}_{MS} \times 2) + \bar{P}_{MS+Ruz}$ |
| MS + Ruz/soja/MS + Ruz/soja/MS/soja | $P_{acum} = \bar{P}_{MS} + (\bar{P}_{MS+Ruz} \times 2)$ |
| MS + Ruz/soja                       | $P_{acum} = \bar{P}_{MS+Ruz} \times 3$                  |
| Ruz/soja/MS/soja/MS/soja            | $P_{acum} = \bar{P}_{MS} \times 2$                      |

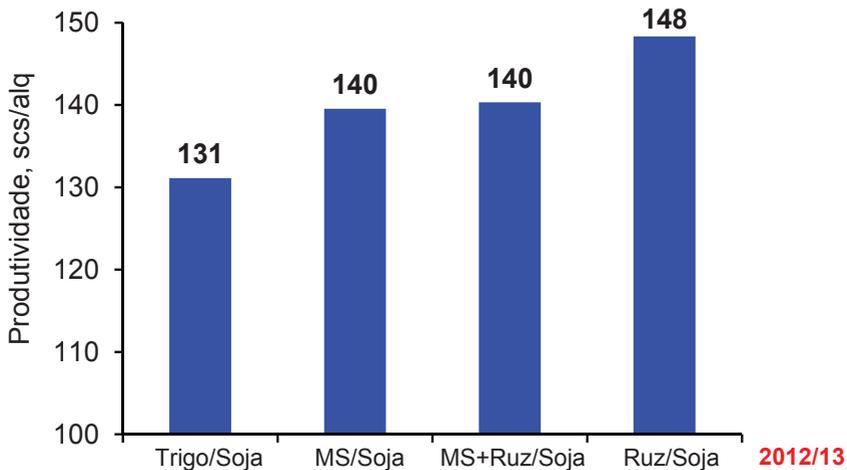
<sup>(1)</sup>  $P_{acum}$  = produtividade de grãos de milho (sacas por alqueire), acumulada nas três safras do primeiro ciclo de rotação no outono-inverno;  $P_{MS}$  = produtividade de grãos de milho (sacas por alqueire) em cultivo solteiro, média de todas as safras e tratamentos;  $P_{MS+Ruz}$  = produtividade de grãos de milho (sacas por alqueire) em cultivo consorciado com braquiária ruziziensis, média de todas as safras e tratamentos.

Os custos operacionais e os preços da saca de 60 kg da soja, milho e trigo, foram obtidos junto ao Deral/Seab, sendo equivalentes à média das safras de 2012/13, 2013/14 e 2014/15. A remuneração dos

fatores terra e capital fixo (custo de oportunidade) não foi computada nos custos de produção. No milho consorciado com braquiária, o custo de implantação da forrageira foi acrescido aos custos variáveis, levando em consideração a quantidade real de sementes utilizadas e o preço de aquisição das mesmas. Para a braquiária solteira, além do custo com sementes e herbicidas dessecantes, adicionou-se o custo das operações mecanizadas de dessecação pré-semeadura e de semeadura da cultura.

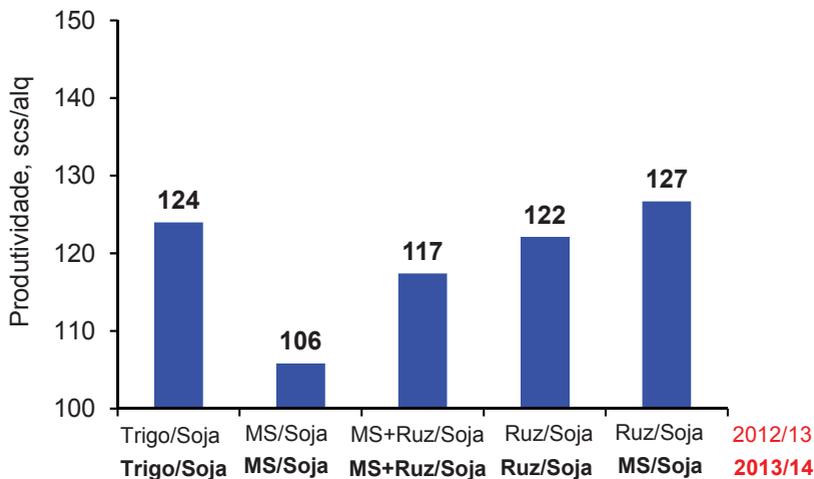
## Produtividade das culturas comerciais nos modelos de produção

Na primeira safra avaliada, 2012/13, verificou-se que a produtividade da soja após o cultivo braquiária foi aproximadamente 13% (17 sacas por alqueire) e 7% (8 sacas por alqueire) superior à cultivada após trigo e milho 2ª safra solteiro ou consorciado à braquiária ruziziensis, respectivamente (Figura 1). Isso demonstra que, na primeira safra de condução do experimento, as espécies estabelecidas no outono-inverno já apresentaram impacto expressivo sobre a soja cultivada na sequência.



**Figura 1.** Produtividade da soja em diferentes modelos de produção, safra 2012/13 (1ª safra do 1º ciclo de rotação no outono/inverno). Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2013.

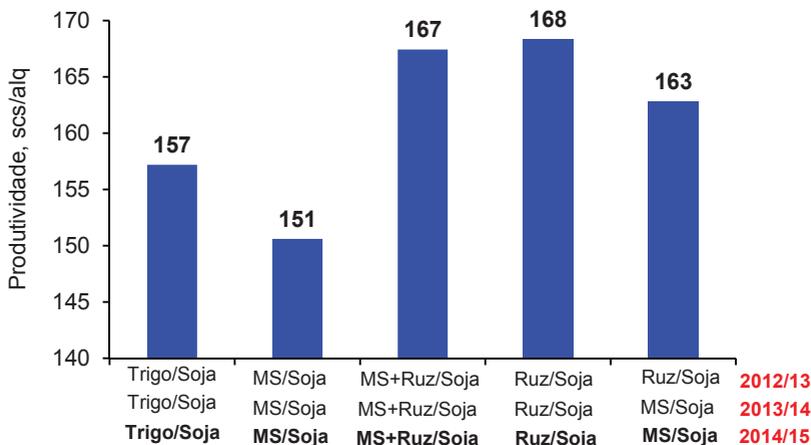
Conforme esperado, os efeitos das espécies vegetais cultivadas no outono-inverno sobre a produtividade da soja aumentaram na segunda (Figura 2) e terceira (Figura 3) safras após o início do experimento, demonstrando que os efeitos benéficos da inserção de braquiária no modelo de produção são acumulados ao longo das safras. Em 2013/14, a produtividade da soja no sistema de sucessão com o milho 2ª safra foi substancialmente inferior a sistemas envolvendo o consórcio do milho com braquiária ou o uso de braquiária solteira para cobertura do solo no outono/inverno. Em média, os modelos de produção incluindo a braquiária *ruziensis* proporcionaram um incremento de produtividade da soja de 16 sacas por alqueire (15%) em relação à sucessão soja/milho 2ª safra. Adicionalmente, os efeitos benéficos proporcionados pelos modelos de produção envolvendo o cultivo de braquiária *ruziensis* solteira por uma ou duas safras foram maiores, comparativamente ao consórcio milho + braquiária por dois anos. Por exemplo, a alternância de braquiária solteira (2012) e milho 2ª safra (2013) proporcionou um aumento de 21 sacas de soja por alqueire (20%) em relação ao milho solteiro. Observa-se ainda que, nesta safra, a produtividade da soja na sucessão com trigo foi similar à obtida nos modelos de produção que incluem o cultivo de braquiária solteira e, assim, 17% maior em comparação à sucessão com milho solteiro.



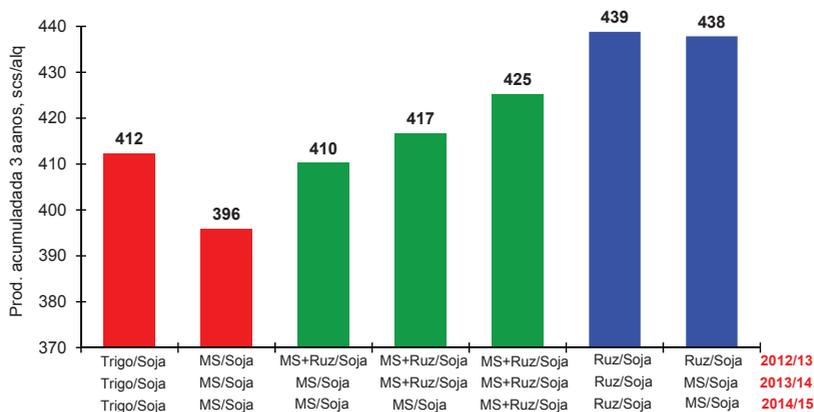
**Figura 2.** Produtividade da soja em diferentes modelos de produção, safra 2013/14 (2ª safra do 1º ciclo de rotação no outono/inverno). Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2014.

Na última safra do primeiro ciclo de rotação no outono-inverno (2014/15), a produtividade de grãos da soja nos modelos que incluem o cultivo de braquiária no outono-inverno (solteira ou consorciada ao milho) foi, em média, 15 sacas por alqueire (10%) maior em relação à observada nas parcelas sob sucessão MS/Soja (Figura 3). Por sua vez, a produtividade da soja na sucessão trigo/soja foi levemente maior do que na sucessão MS/soja (6 sacas por alqueire).

A análise da produtividade acumulada da soja nas três primeiras safras de avaliação indicou que os modelos com cultivo de braquiária no outono/inverno a cada três safras e/ou em todos os anos proporcionaram as maiores produtividades da oleaginosa (Figura 4). Em relação às sucessões MS/soja e trigo/soja, os modelos incluindo o cultivo da braquiária solteira aumentaram a produtividade acumulada da soja em aproximadamente 43 sacas por alqueire (11%) e 27 sacas por alqueire (6,5%), respectivamente, sendo esses incrementos de ocorrência consistente nas três safras do primeiro ciclo de avaliação (Figuras 1, 2 e 3). Comparando os modelos de produção envolvendo o uso do consórcio milho + braquiária, observa-se que a produtividade acumulada de grãos de soja aumentou à medida que a proporção de área ocupada pelo consórcio na 2ª safra cresceu. Assim, a soja cultivada em sucessão ao milho consorciado com braquiária em todas as safras apresentou produtividade superior à cultivada após o milho solteiro (+29 sacas por alqueire) e ao trigo (+13 sacas por alqueire). Porém, a produtividade acumulada da soja nos modelos de produção que incluem o consórcio milho + braquiária em 33% (uma safra a cada três) ou 67% (duas safras a cada três) da área foi similar à sucessão contínua com trigo, e levemente superior à obtida na sucessão MS/Soja.



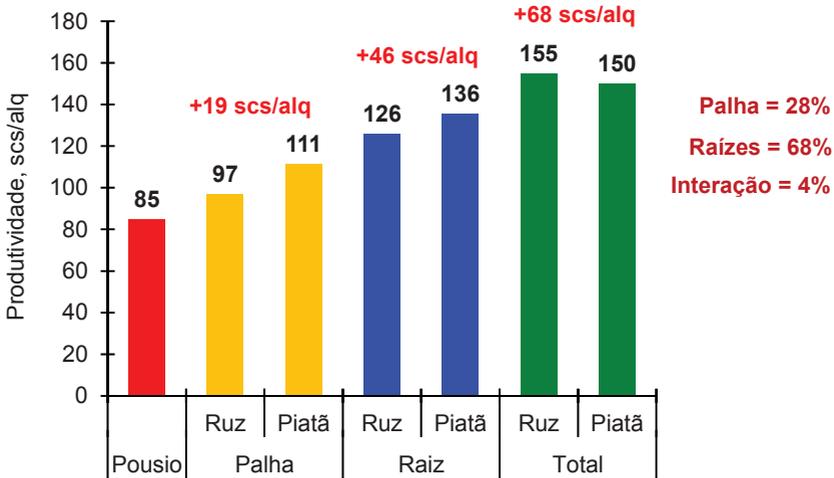
**Figura 3.** Produtividade da soja em diferentes modelos de produção, safra 2014/15 (3ª safra do 1º ciclo de rotação no outono/inverno). Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2015.



**Figura 4.** Produtividade da soja (acumulada das 3 safras do 1º ciclo de rotação no outono-inverno) em diferentes modelos de produção. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2015.

Em geral, os resultados obtidos nas três primeiras safras de condução do experimento, correspondentes ao 1º ciclo das rotações no outono-inverno, mostraram que a produtividade da soja respondeu de forma positiva e consistente à inclusão da braquiária solteira ou consorciada ao milho no outono-inverno. Os benefícios das braquiárias sobre

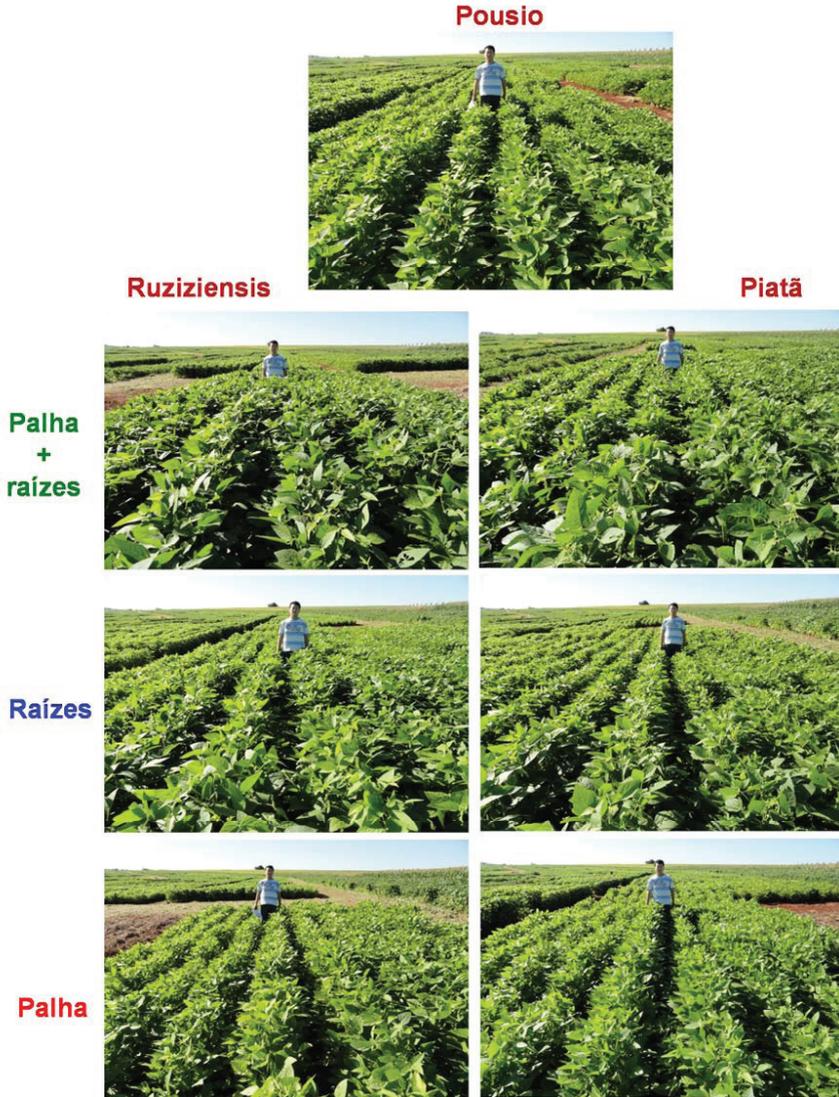
o desempenho produtivo da soja têm sido reportados em diversos trabalhos de pesquisa (CORREIA; LEITE; FUZITA, 2013; COSTA; PASQUALLI; PREVEDELLO, 2014; BALBINOT JUNIOR et al., 2017), sendo os mesmos decorrentes das diversas melhorias no sistema de produção proporcionadas pela alta produção de palha e raízes destas espécies. A importância da palhada e, principalmente, das raízes da braquiária para o desempenho produtivo da soja implantada em sucessão foi recentemente determinada por Balbinot Junior et al. (2017), em experimento conduzido na Embrapa Soja durante a safra 2015/16, em Londrina/PR, sobre um Latossolo muito argiloso (Figuras 5 e 6). Independentemente da espécie de braquiária, o efeito conjunto da palha e das raízes aumentou a produtividade de grãos da soja em 80% (68 sacas por alqueire), comparativamente ao pousio. Na média entre as braquiárias *ruzizensis* e *brizantha* (*Urochloa brizantha*) "Piatã", 28% deste aumento (19 sacas por alqueire) deveu-se aos benefícios da cobertura do solo pela palhada, e 68% (46 sacas por alqueire) ao efeito das raízes das forrageiras.



**Figura 5.** Produtividade de grãos da soja (BRS 359RR) no pousio e em diferentes combinações palhada/raízes de braquiária *ruzizensis* (Ruz) e *brizantha* cultivar "Piatã". Embrapa Soja, Londrina/PR, 2016. Adaptado de Balbinot Junior et al. (2017).

Resultados similares foram obtidos por Costa, Pasqualli e Prevedello (2014), em trabalho conduzido em Lucas do Rio Verde/MT, sobre duas áreas agrícolas infestadas com o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e com teores contrastantes de matéria orgânica do solo (MOS), equivalentes a 18 e 35 g kg<sup>-1</sup>, porém apresentando textura similar (460 e 440 g kg<sup>-1</sup> de argila, respectivamente). A produtividade da soja (safra 2010/11) no tratamento mantido sob pousio no outono-inverno foi de 92 e 116 sacas por alqueire nas áreas com 18 e 35 g kg<sup>-1</sup> de MOS, respectivamente. Esses valores subiram para 148 e 157 sacas por alqueire no tratamento cultivado com braquiária decumbens (*Urochloa decumbens*) na entressafra, o que corresponde a um incremento de cerca de 60% e 35% nas áreas com 18 e 35 g kg<sup>-1</sup> de MOS, respectivamente. Quando semeada após o milho 2ª safra, a produtividade da soja foi de 92 (18 g kg<sup>-1</sup> de MOS) e 94 (35 g kg<sup>-1</sup> de MOS) sacas por alqueire.

Os benefícios diretos da cobertura do solo sobre a produtividade das culturas são bem conhecidos, e envolvem a redução da amplitude térmica (DERPSCH; SIDIRAS; ROTH, 1986) e maior conservação da água no solo (ANDRADE, 2008); diminuição das perdas de solo, água e nutrientes por erosão (ENGEL et al., 2009; DECHEN et al., 2015); formação de um ambiente edáfico mais favorável aos microrganismos, aumentando assim a atividade biológica do solo (FRANCHINI et al., 2007); redução da infestação de plantas daninhas (CORREIA; LEITE; FUZITA, 2013), especialmente as com resistência a herbicidas, como a buva e o capim amargoso (VARGAS et al., 2016) (Figura 7); e diminuição dos danos de algumas doenças, como a podridão de carvão (*Macrophomina phaseolina*) (ALMEIDA et al., 2014), o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (GÖRGEN et al., 2009) e a mela (*Rhizoctonia solani*) (HENNING et al., 2014). As diferenças na cobertura do solo em função da espécie vegetal cultivada no outono-inverno no experimento conduzido na UDT da Cocamar, em Floresta/PR, na safra 2014/15, são ilustradas na Figura 8.



**Figura 6.** Aspecto visual da soja (BRS 359RR) no estágio R4, no pousio e em diferentes combinações palhada/raízes de braquiária ruziziensis e brizantha cultivar “Piatã”. Embrapa Soja, Londrina/PR, 2016.

Milho 2ª safra

Braquiária ruziziensis

Fotos: Alvadi A. Balbinot Junior



**Figura 7.** Efeito da cobertura do solo (milho ou braquiária ruziziensis, cultivados na 2ª safra) sobre a infestação de planta daninhas, em experimento conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, Londrina/PR.

(a)

(b)

Fotos: Henrique Debiasi



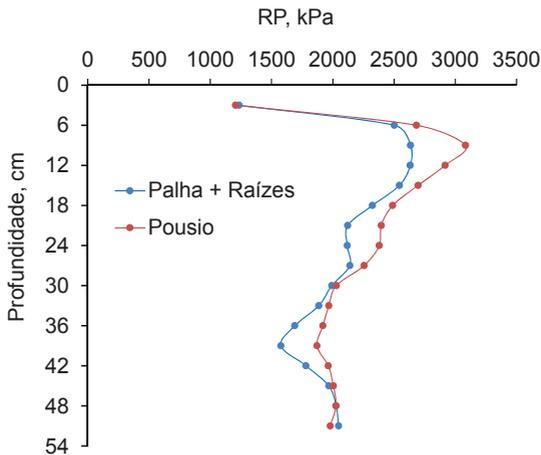
(c)

(d)



**Figura 8.** Cobertura do solo proporcionada pelo milho 2ª safra (a), milho 2ª safra + braquiária ruziziensis (b), trigo (c) e braquiária ruziziensis (d), em outubro de 2014. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta/PR, 2014.

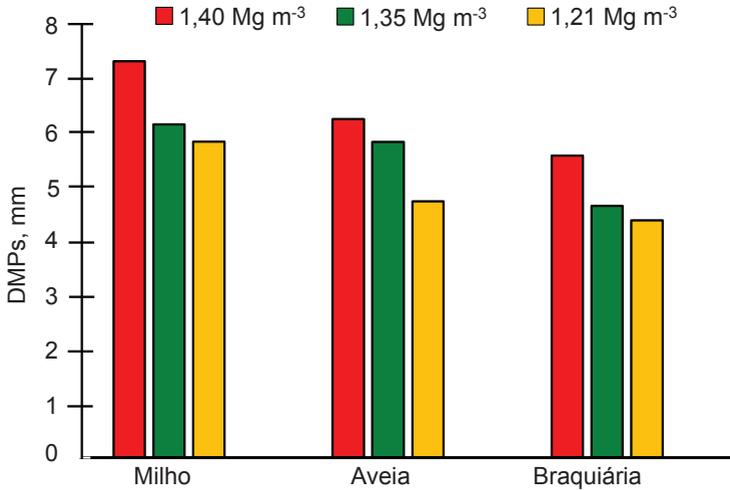
Do mesmo modo, o cultivo de espécies vegetais que apresentem sistema radicular abundante e profundo, como as braquiárias, favorece a reciclagem de nutrientes (PACHECO et al., 2013) e, principalmente, a melhoria da estrutura do solo (DEBIASI et al., 2015), aspectos essenciais para o alcance de produtividades de grãos elevadas e estáveis ao longo do tempo. Neste contexto, a melhoria da estrutura do solo pelas raízes está associada à formação e estabilização de bioporos e agregados, por meio da ação mecânica, liberação de exsudatos e formação de um ambiente favorável (rizosfera) à proliferação de microrganismos. No mesmo experimento onde foram obtidos os dados da Figura 5 (BALBINOT JR. et al., 2017), a resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi maior nas parcelas sob pousio, comparativamente às mantidas com palha e raízes de braquiária *brizantha* “Piatã” (Figura 9), o que explica, ao menos em parte, a maior produtividade da soja neste tratamento. As diferenças na RP foram mais evidentes na camada de 6 a 12 cm, porém ocorreram até uma profundidade de aproximadamente 40 cm. Menores valores de RP em áreas de milho consorciado com braquiária em relação ao milho solteiro também foram obtidos por Calonego, Borghi e Crusciol (2011).



**Figura 9.** Resistência mecânica à penetração (RP) de um Latossolo Vermelho distroférrico muito argiloso, medida após a colheita da soja safra 2015/16, em parcelas mantidas sob pousio ou com palha + raízes de braquiária *brizantha* “Piatã” no outono-inverno de 2015. Embrapa Soja, Londrina/PR, 2016.

Os efeitos benéficos proporcionados pelo sistema radicular das braquiárias na estrutura de um Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso foram também demonstrados em trabalho realizado na Embrapa Soja por Tonon et al. (2015) (Figura 10). O diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiramento a seco (DMPs) aumentou em função da densidade do solo, demonstrando o predomínio de agregados maiores em solos com maior compactação, resultantes da aproximação das partículas do solo em função do acúmulo de pressões pelo tráfego de máquinas. Adicionalmente, o DMPs foi menor nas parcelas cultivadas por uma safra no outono-inverno com braquiária ruziensis, comparativamente ao milho 2ª safra, enquanto a aveia preta resultou em valores intermediários. Estes dados evidenciam que a maior quantidade e melhor distribuição horizontal de raízes nas áreas sob cultivo de braquiária resultaram na fragmentação de agregados grandes e compactos, com a conseqüente formação de fissuras e bioporos que otimizam os fluxos de água e ar e o crescimento radicular das culturas de grãos. A redução do DMPs proporcionada pela braquiária em comparação ao milho foi mais evidente nas parcelas com maior densidade, o que reforça a viabilidade técnica das forrageiras tropicais como ferramentas para recuperação biológica da estrutura do solo.

A melhoria da qualidade estrutural do solo em função do cultivo de espécies com alto potencial de produção de palha e, sobretudo, raízes, como é o caso das braquiárias, favorece diversos processos físicos, entre os quais se destacam o aumento da capacidade de infiltração (LANZANOVA et al., 2010) e de retenção de água disponível do solo (TORMENA et al., 2007); redução da resistência do solo ao crescimento radicular (EHLERS et al., 1983; FRANCHINI et al., 2009); e o incremento da condutividade hidráulica (ABREU; REICHERT; REINERT; 2004) e da permeabilidade ao ar (CHEN ; WEIL; HILL, 2014). Essas alterações se refletem na formação de um sistema radicular abundante e profundo e no aumento da disponibilidade água, oxigênio e nutrientes para as plantas, o que, por sua vez, contribui significativamente para o aumento da produtividade e da estabilidade de produção das culturas (FRANCHINI et al., 2011; MORAES et al., 2016).



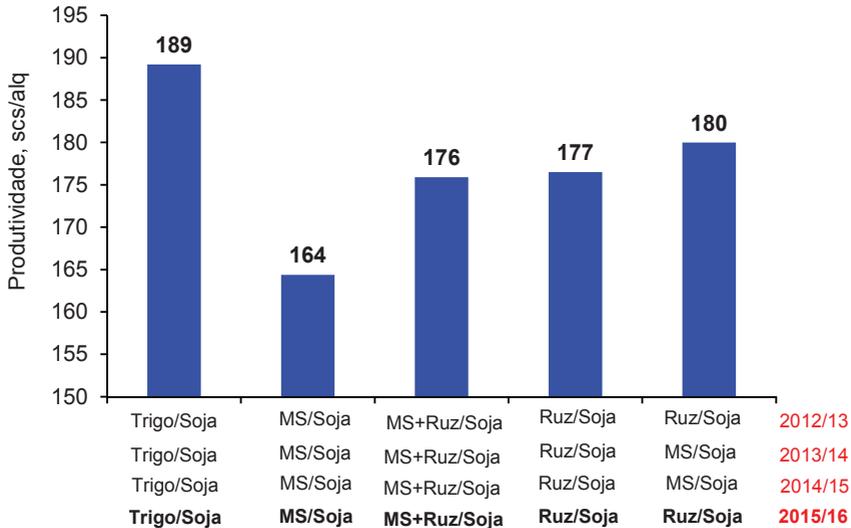
**Figura 10.** Diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por tamisamento a seco (DMPs) na camada de 0 a 10 cm de um Latossolo Vermelho distroférrico muito argiloso, em função da densidade do solo inicial (1,40; 1,35; e 1,21 Mg m<sup>-3</sup>) e da cultura estabelecida no período de outono-inverno (milho 2ª safra, aveia preta “IAPAR 61” e braquiária ruziziensis) na safra 2013/14, em área sob sistema plantio direto. Embrapa Soja, Londrina/PR, 2015. Adaptado de Tonon et al. (2015).

O maior aporte de fitomassa da parte aérea e raízes em decorrência do cultivo das braquiárias no outono-inverno proporciona, no médio e longo prazos, aumentos significativos no teor de MOS (LOSS et al., 2011; SILVA et al., 2014; SEREIA, 2014). Os benefícios da MOS sobre a qualidade do solo e, conseqüentemente, sobre a produtividade das culturas, são muito bem documentados (BAYER; MIELNICZUK, 1999), e envolvem: melhoria da estrutura do solo, principalmente por meio da formação e estabilização de agregados; fornecimento de nutrientes para as culturas; aumento da disponibilidade de alguns nutrientes, como o P; aumento da capacidade de troca de cátions do solo (CTC); complexação de elementos tóxicos às culturas, como o alumínio; e aumento da biomassa e atividade biológica do solo. Em experimento de longa duração conduzido na Embrapa Soja, em Londrina/PR, sobre um Latossolo muito argiloso, Debiasi et al. (2015) concluíram que o aumento de aproximadamente 10 g kg<sup>-1</sup> no conteúdo de MOS (de 28 para 38 g kg<sup>-1</sup>) na camada de 0-10 cm de profundidade proporcionou

um incremento médio na produtividade da soja de 36 sacas por alqueire. Entretanto, nas condições edafoclimáticas do Paraná, estimativas realizadas pela Embrapa Soja em áreas SPD de longa duração indicam que, para aumentar o teor de MOS em  $10 \text{ g kg}^{-1}$  na camada de 0-10 cm, são necessários 7,5 anos para modelos de produção com aporte médio de fitomassa de 30 t/alqueire/ano, e de 12 anos quando a adição de material vegetal for de aproximadamente 19 t/alqueire/ano. Diante do exposto, espera-se que o aumento da produtividade da soja em resposta ao cultivo de braquiária solteira ou consorciada ao milho 2ª safra, já observado em um período de três anos (Figuras 1, 2, 3 e 4), torne-se ainda mais evidente no médio e longo prazos, ou seja, no decorrer dos demais ciclos de rotação no outono-inverno.

Na Figura 11, são apresentados os resultados de produtividade da soja na 1ª safra do 2º ciclo de condução dos modelos de produção avaliados na UDT da Cocamar, em Floresta/PR. A exemplo das duas últimas safras do 1º ciclo (Figuras 2 e 3), a produtividade da soja nos modelos de produção envolvendo o cultivo de braquiária solteira ou consorciada ao milho 2ª safra foi em média 14 sacas por alqueire maior que a sucessão MS/soja. Por outro lado, na 1ª safra do 1º ciclo, as diferenças de produtividade da soja entre os modelos de produção envolvendo milho 2ª safra e/ou braquiária, em cultivo solteiro ou consorciado, foram muito pequenas (Figura 1). Isto indica que o desempenho técnico e, sobretudo, econômico dos modelos de produção mais diversificados, envolvendo o cultivo de braquiária, provavelmente irá melhorar nos ciclos seguintes. Outro aspecto a ser destacado é a produtividade da soja cultivada continuamente em sucessão ao trigo, que foi 25 sacas por alqueire superior à observada na monocultura MS/soja. Esses resultados evidenciam que, sob o ponto de vista de desempenho produtivo da soja cultivada em sucessão, a cultura do trigo se constitui em uma opção interessante para compor modelos de produção diversificados. Uma das explicações para tal resultado é que o trigo proporciona palhada com maior porcentagem de cobertura do solo em relação ao milho 2ª safra, conforme mostra a Figura 12 (FRANCHINI et al., 2011). Outra vantagem importante do trigo em relação ao milho é a supressão

de plantas daninhas, sobretudo capim amargoso e buvas (GAZZIERO et al., 2012; OLIVEIRA NETO et al., 2013) (Figura 13).



**Figura 11.** Produtividade da soja em diferentes modelos de produção, safra 2015/16 (1ª safra do 2º ciclo de rotação no outono/inverno). Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2016.

### Milho 2ª safra

### Trigo

Fotos: Henrique Debiasi



MS palha = 5.912 kg/ha  
Cobertura do solo = 60%

MS palha = 4.508 kg/ha  
Cobertura do solo = 90%

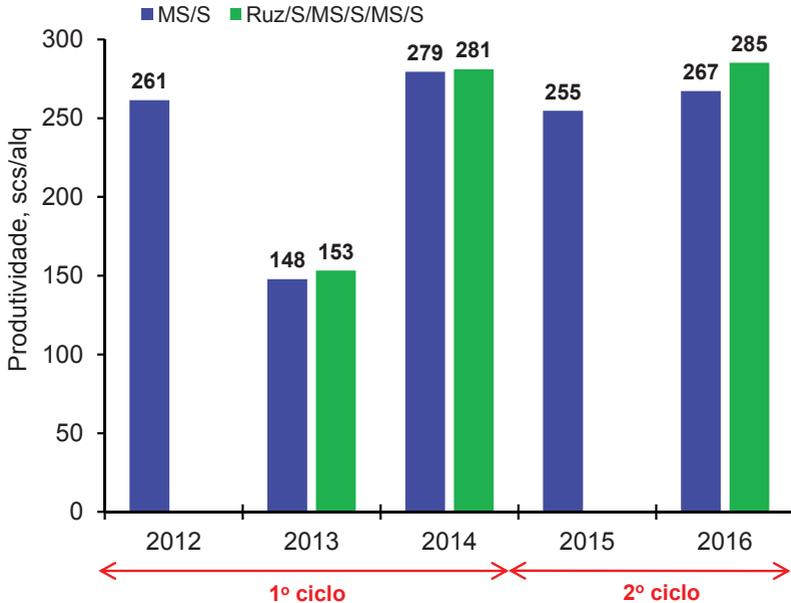
**Figura 12.** Massa seca (MS) de palha e porcentagem de cobertura do solo proporcionadas pelo milho 2ª safra e trigo, imediatamente antes da semeadura da soja em sucessão. Embrapa Soja, Londrina/PR, 2009.



**Figura 13.** Presença de buva (*Conyza* sp.) em áreas sob resteva de milho 2ª safra (à esquerda) e trigo (à direita).

Outro aspecto importante que deve ser analisado é o efeito dos modelos de produção na produtividade de grãos do milho 2ª safra (Figura 14). Nas safras 2013 e 2014, em que houve cultivo simultâneo de milho 2ª safra nos modelos 1 (MS/soja) e 8 (Ruz/soja/MS/soja/MS/soja) no 1º ciclo de rotação, a produtividade de grãos desta cultura foi pouco influenciada pela diversificação no outono-inverno. Porém, na safra 2016, correspondente ao 2º ano do 2º ciclo de rotação, a produtividade do milho 2ª safra foi maior no modelo envolvendo o cultivo da braquiária solteira no outono-inverno. Resultados similares foram observados por Franchini et al. (2011), em experimento de longo prazo conduzido em Campo Mourão/PR. Neste trabalho, a produtividade do milho 2ª safra foi, em média, 15% maior nos tratamentos com rotação no outono-inverno (50% da área com milho, 25% com trigo e 25% com culturas de cobertura), em relação à sucessão MS/soja. Do mesmo modo, em ensaio realizado na Fazenda Experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Ponta Porã/MS, Santos et al. (2016) verificaram que a produtividade do milho solteiro na 2ª safra de 2014, cultivado após 3 anos seguidos de consórcio milho + braquiária *ruziensis* (2011, 2012 e 2013), foi aproximadamente 14% superior à observada nas áreas cultivadas continuamente com milho solteiro. As-

sim, a inclusão das braquiárias nos modelos de produção beneficia não somente a cultura de verão (soja), mas também o milho 2ª safra. Essas informações reforçam a importância de embasar a tomada de decisão na avaliação do impacto da diversificação de culturas no desempenho do sistema produção como um todo e considerando todo o ciclo do modelo de produção adotado.



**Figura 14.** Produtividade do milho na sucessão soja /milho 2ª safra (MS/S) e no modelo de produção que envolve a rotação de milho (2 anos) com braquiária ruziziensis (1 ano) na 2ª safra. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2016.

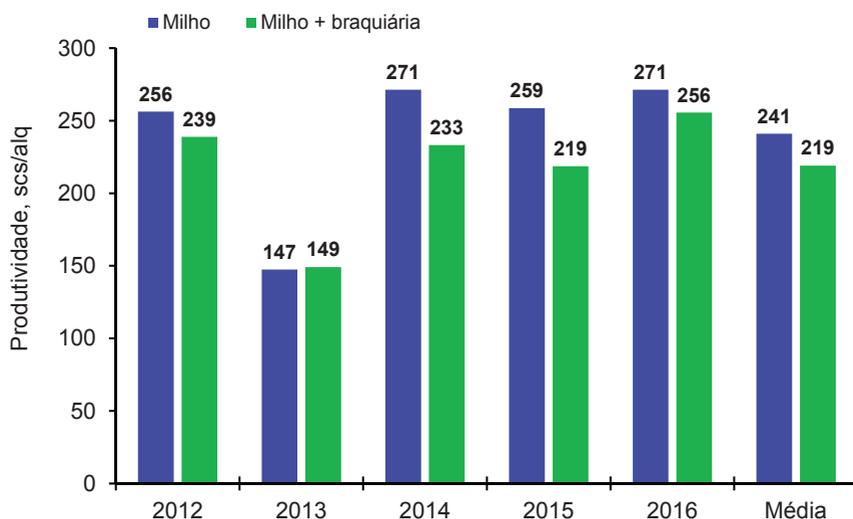
Com a finalização do 1º ciclo de rotação no outono-inverno, ficou evidente que foram necessários três cultivos consecutivos do consórcio milho + braquiária na 2ª safra para que a produtividade da soja atingisse o mesmo patamar observado nos sistemas envolvendo o cultivo solteiro de braquiária (Figuras 1, 2, 3 e 11). Assim, é possível afirmar que, para as condições edafoclimáticas da área experimental, três cultivos sucessivos do consórcio milho + braquiária equivalem a um cultivo de braquiária solteira na 2ª safra. A produção de fitomassa da parte aérea e raízes do consórcio milho + braquiária é, na grande

maioria das situações, menor do que a obtida com o cultivo solteiro da forrageira (FRANCHINI et al., 2011; SANTOS et al., 2016), implicando em maior tempo para melhorar o solo e, também, outros aspectos do sistema de produção. Ressalta-se ainda que o tempo para recuperar a qualidade do solo depende da condição inicial da área considerada, sendo tanto mais longo quando maior for o nível de degradação inicial. Após a recuperação do solo e a melhoria de outros aspectos associados ao sistema de produção, como a infestação de plantas daninhas resistentes a herbicidas, é possível que a frequência de utilização do consórcio no modelo produção seja reduzida (por exemplo, em 50% da área). Entretanto, trata-se uma hipótese que, para ser comprovada, necessita de mais tempo de condução deste experimento.

Também verificou-se que, em relação à produtividade da soja, principal cultura comercial nos modelos de produção do Norte do Paraná, o cultivo de braquiária no outono/inverno não precisa ser realizado todos os anos, podendo ser rotacionado com o milho 2ª safra. Essa informação tem alta relevância, pois indica que uma opção adequada para aumento da diversificação dos modelos de produção é o cultivo de milho 2ª safra em rotação com braquiária no outono/inverno. Novamente, é importante salientar que, dependendo da intensidade inicial de degradação do solo e de outros problemas comumente observados na sucessão soja/milho 2ª safra, podem ser necessários um maior número de cultivos consecutivos de braquiária no 1º ciclo, para que o sistema estabilize, potencializando assim a produtividade das culturas comerciais.

Uma preocupação recorrente de técnicos e produtores em relação ao consórcio de milho 2ª safra com braquiárias é a possibilidade de redução de produtividade do milho em função da competição entre as espécies pelos recursos do meio – água, luz e nutrientes. Com exceção das safras 2013 e 2016, a produtividade do milho solteiro foi maior, comparativamente ao consorciado com braquiária (Figura 15). Na média das cinco safras, a competição da braquiária com o milho resultou em uma redução de cerca de 9,1% na produtividade de grãos

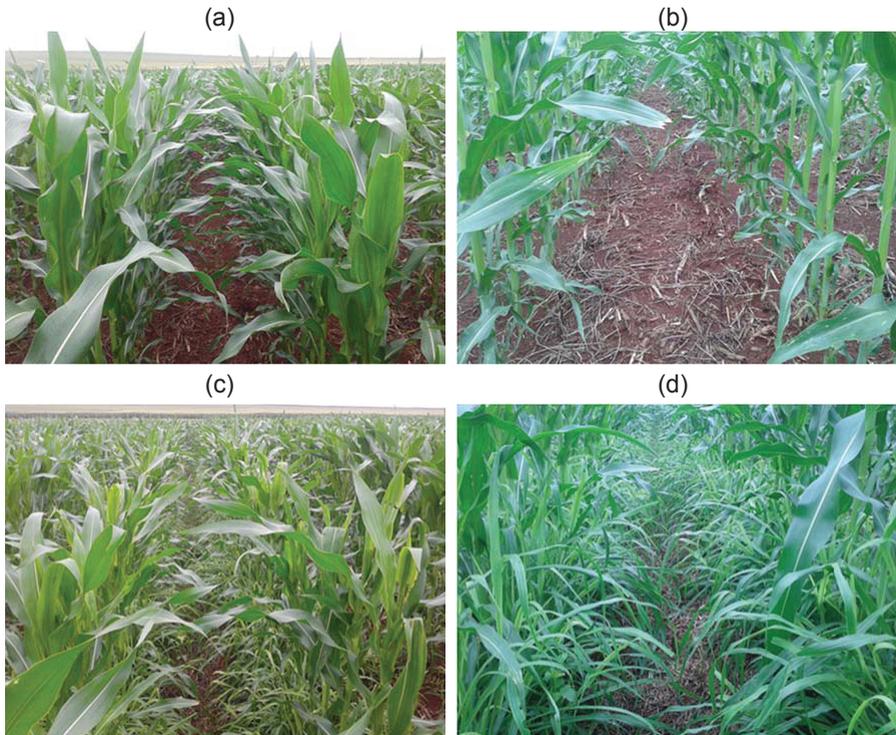
do cereal (22 sacas por alqueire). As maiores perdas foram observadas nas safras 2014 e 2015, em função de condições que favoreceram a competição da braquiária com o milho por recursos do ambiente, associadas à ausência de supressão química dessa espécie (Figura 16). Isso demonstra que o consórcio do milho 2ª safra com braquiárias é uma opção interessante para aumentar a diversificação e a produtividade da soja em sucessão, mas deve ser implantado e conduzido seguindo as técnicas preconizadas pela pesquisa (CECCON et al., 2015) para que o milho não sofra redução de produtividade, o que pode inviabilizar o uso dessa técnica.



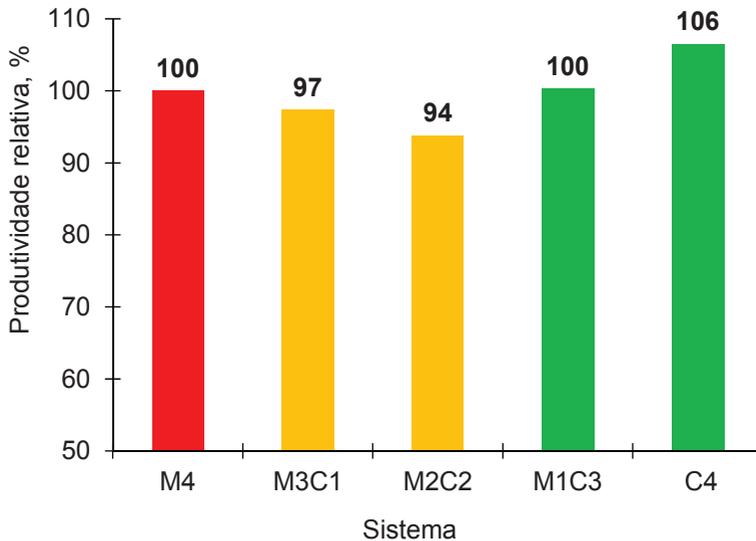
**Figura 15.** Produtividade do milho 2ª safra, solteiro ou consorciado com braquiária *ruziziensis*. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2016.

Santos et al. (2016), em trabalho realizado sobre Latossolo Vermelho distrófico de textura média, na Fazenda Experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Ponta Porã/MS, concluíram que a produtividade de grãos do milho consorciado com braquiária *ruziziensis* foi menor do que a obtida no milho solteiro nos dois primeiros anos do consórcio (Figura 17). No 3º ano, a produtividade do cereal foi similar nos dois sistemas e, na 4ª safra, foi cerca de 6% maior no consórcio do que no cultivo solteiro. Estes resultados evidenciam que, provavelmente, os

efeitos negativos da competição interespecífica foram compensados pela melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo, proporcionada pela braquiária. Portanto, é possível que as perdas de produtividade de grãos de milho em função do consórcio com a braquiária diminuam ou mesmo desapareçam nas próximas safras no experimento instalado na UDT da Cocamar em Floresta/PR. Neste sentido, na última safra avaliada (2016), a redução de produtividade no milho consorciado em relação ao solteiro já foi menor comparativamente às safras 2014 e 2015 (Figura 15).



**Figura 16.** Aspecto visual do milho 2ª safra (híbrido DKB 285 PRO), em cultivo solteiro (a,b) ou consorciado com braquiária ruzizensis, em 2014. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2016.



**Figura 17.** Produtividade relativa do milho solteiro (M4) ou consorciado com braquiária ruziziensis (demais sistemas) na 2ª safra de 2014, em função do número de cultivos anteriores, na mesma área, com o consórcio milho + braquiária ruziziensis. M4 = milho solteiro na 2ª safra de 2011, 2012, 2013 e 2014; M3C1 = 1 ano de consórcio (milho solteiro na 2ª safra de 2011, 2012 e 2013; consórcio milho + braquiária ruziziensis em 2014); M2C2 = 2 anos de consórcio (milho solteiro na 2ª safra de 2011 e 2012; consórcio milho + braquiária ruziziensis em 2013 e 2014); M1C3 = 3 anos de consórcio (milho solteiro na 2ª safra de 2011; consórcio milho + braquiária ruziziensis em 2012, 2013 e 2014); e C4 = 4 anos de consórcio milho + braquiária ruziziensis (2011, 2012, 2013 e 2014). Adaptado de Santos et al. (2016).

## Análise econômica simplificada dos modelos de produção

A importância agrônoma e ambiental da adoção de modelos de produção mais diversificados em SPD é reconhecida pela maioria dos técnicos e produtores de soja, milho e trigo da região norte do Paraná. Entretanto, a percepção de que modelos de produção mais diversificados são menos lucrativos, sobretudo quando envolvem o cultivo de espécies vegetais para cobertura do solo em detrimento a culturas comerciais, ainda é dominante, constituindo-se em uma das principais razões para o predomínio da sucessão MS/soja nesta região. Diante desta constatação, foi realizada uma análise econômica simplificada,

porém calculando os índices “lucro operacional” e “margem bruta” de maneira unificada para todas as culturas envolvidas no modelo de produção e para a duração do ciclo de alternância de espécies vegetais no outono-inverno que, neste caso, correspondeu a três anos. Ou seja, os cálculos dos índices não foram realizados em separado para cada cultura e cada safra nos modelos de produção avaliados, mas sim para o sistema como um todo. O resumo dos cálculos utilizados na análise econômica é apresentado nas Tabelas 5 a 7.

Primeiramente, observa-se que mais de 3/4 do lucro operacional dos modelos de produção que envolvem cultivo de milho 2ª safra ou trigo se refere à cultura da soja (Tabela 7 e Figura 18). Do mesmo modo, a participação relativa das culturas graníferas de outono-inverno é maior nos custos operacionais (~45%) do que na receita bruta (~35%) do sistema de produção (Tabelas 5 e 6). Isso demonstra o limitado retorno econômico das culturas implantadas no outono-inverno na região e, também, evidencia que o manejo dos modelos de produção deve priorizar a obtenção de altas produtividades da cultura da soja, que é a mais rentável. A sucessão braquiária/soja foi o modelo de produção que resultou no maior lucro operacional no verão, devido a maior produtividade acumulada da soja (Tabela 7 e Figuras 4 e 18). Entretanto, o maior lucro da soja na sucessão com braquiária não foi suficiente para compensar o lucro operacional do milho 2ª safra, de modo que a sucessão braquiária/soja apresentou o 2º pior lucro operacional, melhor apenas que a sucessão trigo/soja.

A inclusão da braquiária, em cultivo solteiro (33% da área) ou consorciado ao milho 2ª safra (33, 67 ou 100% da área), resultou em menor lucro operacional no outono-inverno em comparação à sucessão soja/milho 2ª safra (Tabela 7, Figuras 18 e 19). Isto pode ser atribuído à redução de área (modelo com braquiária solteira em 33% da área) ou da produtividade de grãos (modelos envolvendo o consórcio com a forrageira, Figura 15) do milho 2ª safra. No acumulado dos três anos agrícolas do 1º ciclo de rotação, a redução do lucro operacional no outono-inverno, em relação à sucessão milho 2ª safra/soja, variou de R\$ 281

por alqueire no modelo MS + Ruz/soja/ MS/soja/MS/soja, a R\$ 964 por alqueire no tratamento Ruz/soja/ MS/soja/MS/soja (Figura 19). Considerando uma propriedade de 45 alqueires, a inclusão de braquiárias na 2ª safra pode representar um lucro operacional de R\$ 12.645 a R\$ 43.380 menor à sucessão MS/soja, caso a análise econômica seja feita apenas para o período de outono-inverno. Esta constatação é de grande importância já que, muito provavelmente, constitui-se no principal fator associado à percepção de que a diversificação de culturas de outono-inverno no sistema MS/soja não é lucrativa. Entretanto, quando a análise econômica foi feita para o sistema de produção como um todo, o maior lucro obtido na soja nos modelos de produção envolvendo a rotação ou consorciação do milho 2ª safra com braquiária compensou o pior desempenho econômico obtido no outono-inverno, resultando assim em maior lucro operacional do sistema (Tabela 7, Figuras 18 e 19). Neste contexto, os dois sistemas que demonstraram ser mais rentáveis ao produtor foram os modelos de produção MS + Ruz/soja e Ruz/soja/ MS/soja/MS/soja, que resultaram em um lucro operacional de R\$ 841 e R\$ 1.547 por alqueire superior à sucessão MS/Soja, respectivamente (Figura 19). Assim, em uma propriedade com área cultivada total de 45 alqueires, a diversificação de culturas no outono-inverno, operacionalizada pela inclusão da braquiária em consórcio (MS + Ruz/soja) ou rotação (Ruz/soja/MS/soja/MS/soja) com o milho 2ª safra, pode proporcionar um incremento médio de R\$ 37.845 e R\$ 69.615 no lucro operacional acumulado (3 anos) do sistema, respectivamente.

**Tabela 5.** Estimativa das receitas obtidas em modelos de produção envolvendo a soja em 3 anos agrícolas. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR.

| Modelo de produção | Cultura              | Produtividade acumulada | Preço <sup>(1)</sup> | Receita bruta | Participação |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------|--------------|
|                    |                      | -- sacas/alq --         | - R\$/saca -         | - R\$/alq -   | ---- % ----  |
| Trigo (100%)       | Trigo                | 343                     | 35,00                | 12.005        | 32,0         |
|                    | Trigo <sup>(2)</sup> | -                       | -                    | 784           | 2,1          |
| Soja (100%)        | Soja                 | 412                     | 60,00                | 24.720        | 65,9         |
|                    | <b>Total</b>         | <b>755</b>              | <b>-</b>             | <b>37.509</b> | <b>100,0</b> |

(continua)

Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná

(continuação)

|                                              |                           |              |          |               |              |
|----------------------------------------------|---------------------------|--------------|----------|---------------|--------------|
| Braquiária (100%)                            | Braquiária <sup>(2)</sup> | -            | -        | 784           | 2,9          |
|                                              | Soja                      | 439          | 60,00    | 26.340        | 97,1         |
| Soja (100%)                                  | <b>Total</b>              | <b>439</b>   | <b>-</b> | <b>27.124</b> | <b>100,0</b> |
| Milho (100%)                                 | Milho                     | 675          | 22,00    | 14.850        | 38,5         |
|                                              | Soja                      | 396          | 60,00    | 23.760        | 61,5         |
| Soja (100%)                                  | <b>Total</b>              | <b>1.080</b> | <b>-</b> | <b>38.610</b> | <b>100,0</b> |
| Milho +<br>braquiária (33%)<br>e milho (67%) | Milho                     | 657          | 22,00    | 14.454        | 36,7         |
|                                              | Braquiária <sup>(2)</sup> | -            | -        | 261           | 0,7          |
|                                              | Soja                      | 410          | 60,00    | 24.600        | 62,6         |
| Soja (100%)                                  | <b>Total</b>              | <b>1.070</b> | <b>-</b> | <b>39.315</b> | <b>100,0</b> |
| Milho +<br>braquiária (67%)<br>e milho (33%) | Milho                     | 639          | 22,00    | 14.058        | 35,6         |
|                                              | Braquiária <sup>(2)</sup> | -            | -        | 523           | 1,3          |
|                                              | Soja                      | 415          | 60,00    | 24.900        | 63,1         |
| Soja (100%)                                  | <b>Total</b>              | <b>1.054</b> | <b>-</b> | <b>39.481</b> | <b>100,0</b> |
| Milho +<br>braquiária (100%)                 | Milho                     | 621          | 22,00    | 13.662        | 34,2         |
|                                              | Braquiária <sup>(2)</sup> | -            | -        | 784           | 2,0          |
|                                              | Soja                      | 424          | 60,00    | 25.440        | 63,8         |
| Soja (100%)                                  | <b>Total</b>              | <b>1.046</b> | <b>-</b> | <b>39.886</b> | <b>100,0</b> |
| Braquiária (33%)<br>e milho (67%)            | Milho                     | 450          | 22,00    | 9.900         | 27,2         |
|                                              | Braquiária <sup>(2)</sup> | -            | -        | 261           | 0,7          |
|                                              | Soja                      | 438          | 60,00    | 26.280        | 72,1         |
| Soja (100%)                                  | <b>Total</b>              | <b>882</b>   | <b>-</b> | <b>36.441</b> | <b>100,0</b> |

<sup>(1)</sup> Média dos preços pagos ao produtor nas safras 2012/13, 2013/14 e 2014/15, conforme estatísticas do Deral/Seab. <sup>(2)</sup> Receita bruta correspondente à redução do custo de controle de plantas daninhas, estimada em R\$ 261,31 por alqueire e por safra de cultivo da respectiva espécie.

**Tabela 6.** Estimativa dos custos de produção em modelos de produção envolvendo a soja em 3 anos agrícolas. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR.

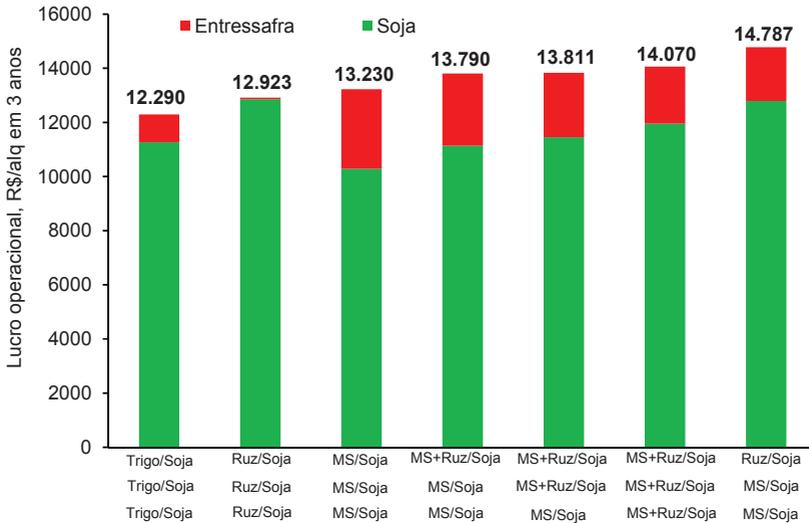
| Modelo de produção                     | Cultura                   | Custo operacional <sup>(1)</sup> |               | Participação |
|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------|--------------|
|                                        |                           | ----- R\$/alq -----              | ----- % ----- |              |
| Trigo (100%)                           | Trigo                     | 11.744                           | 46,6          |              |
|                                        | Soja                      | 13.475                           | 53,4          |              |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b>              | <b>25.219</b>                    | <b>100,0</b>  |              |
| Braquiária (100%)                      | Braquiária <sup>(2)</sup> | 726                              | 2,6           |              |
|                                        | Soja                      | 13.475                           | 97,4          |              |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b>              | <b>13.841</b>                    | <b>100,0</b>  |              |
| Milho (100%)                           | Milho                     | 11.905                           | 46,9          |              |
|                                        | Soja                      | 13.475                           | 53,1          |              |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b>              | <b>25.380</b>                    | <b>100,0</b>  |              |
| Milho + braquiária (33%) e milho (67%) | Milho                     | 11.905                           | 46,6          |              |
|                                        | Braquiária <sup>(3)</sup> | 145                              | 0,6           |              |
|                                        | Soja                      | 13.475                           | 52,8          |              |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b>              | <b>25.525</b>                    | <b>100,0</b>  |              |
| Milho + braquiária (67%) e milho (33%) | Milho                     | 11.905                           | 46,4          |              |
|                                        | Braquiária <sup>(3)</sup> | 290                              | 1,1           |              |
|                                        | Soja                      | 13.475                           | 52,5          |              |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b>              | <b>25.670</b>                    | <b>100,0</b>  |              |
| Milho + braquiária (100%)              | Milho                     | 11.905                           | 46,1          |              |
|                                        | Braquiária <sup>(3)</sup> | 436                              | 1,7           |              |
|                                        | Soja                      | 13.475                           | 52,2          |              |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b>              | <b>25.816</b>                    | <b>100,0</b>  |              |
| Braquiária (33%) e milho (67%)         | Milho                     | 7.937                            | 36,6          |              |
|                                        | Braquiária <sup>(2)</sup> | 242                              | 1,1           |              |
|                                        | Soja                      | 13.475                           | 62,3          |              |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b>              | <b>21.654</b>                    | <b>100,0</b>  |              |

<sup>(1)</sup> Média dos custos de produção nas safras 2012/13, 2013/14 e 2014/15, conforme estatísticas do Deral/Seab; <sup>(2)</sup> Custo de aquisição das sementes e herbicidas e das operações de semeadura e dessecação; <sup>(3)</sup> Custo de aquisição das sementes.

**Tabela 7.** Estimativa do lucro operacional em modelos de produção envolvendo a soja em 3 anos agrícolas. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR.

| Modelo de produção                     | Cultura      | Receita bruta | Custo operacional |  | Lucro operacional | Participação  |
|----------------------------------------|--------------|---------------|-------------------|--|-------------------|---------------|
|                                        |              |               | R\$/alq           |  |                   |               |
|                                        |              |               |                   |  |                   | ----- % ----- |
| Trigo (100%)                           | Trigo        | 12.789        | 11.744            |  | 1.045             | 8,5           |
|                                        | Soja         | 24.720        | 13.475            |  | 11.245            | 91,5          |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b> | <b>37.509</b> | <b>25.219</b>     |  | <b>12.290</b>     | <b>100,0</b>  |
| Braquiária (100%)                      | Braquiária   | 784           | 726               |  | 58                | 0,4           |
|                                        | Soja         | 26.340        | 13.475            |  | 12.865            | 99,6          |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b> | <b>27.124</b> | <b>13.841</b>     |  | <b>12.923</b>     | <b>100,0</b>  |
| Milho (100%)                           | Milho        | 14.850        | 11.905            |  | 2.945             | 22,3          |
|                                        | Soja         | 23.760        | 13.475            |  | 10.285            | 77,7          |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b> | <b>38.610</b> | <b>25.380</b>     |  | <b>13.230</b>     | <b>100,0</b>  |
| Milho + braquiária (33%) e milho (67%) | Milho        | 14.454        | 11.905            |  | 2.549             | 18,5          |
|                                        | Braquiária   | 261           | 145               |  | 116               | 0,8           |
|                                        | Soja         | 24.600        | 13.475            |  | 11.125            | 80,7          |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b> | <b>39.381</b> | <b>25.525</b>     |  | <b>13.790</b>     | <b>100,0</b>  |
| Milho + braquiária (67%) e milho (33%) | Milho        | 14.058        | 11.905            |  | 2.153             | 15,6          |
|                                        | Braquiária   | 523           | 290               |  | 233               | 1,7           |
|                                        | Soja         | 24.900        | 13.475            |  | 11.425            | 82,7          |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b> | <b>39.481</b> | <b>25.670</b>     |  | <b>13.811</b>     | <b>100,0</b>  |
| Milho + braquiária (100%)              | Milho        | 13.662        | 11.905            |  | 1.757             | 12,5          |
|                                        | Braquiária   | 784           | 436               |  | 348               | 2,5           |
|                                        | Soja         | 25.440        | 13.475            |  | 11.965            | 85,0          |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b> | <b>39.908</b> | <b>25.816</b>     |  | <b>14.070</b>     | <b>100,0</b>  |
| Braquiária (33%) e milho (67%)         | Milho        | 9.900         | 7.937             |  | 1.963             | 13,3          |
|                                        | Braquiária   | 261           | 242               |  | 19                | 0,1           |
|                                        | Soja         | 26.280        | 13.475            |  | 12.805            | 88,6          |
| Soja (100%)                            | <b>Total</b> | <b>36.089</b> | <b>21.654</b>     |  | <b>14.787</b>     | <b>100,0</b>  |

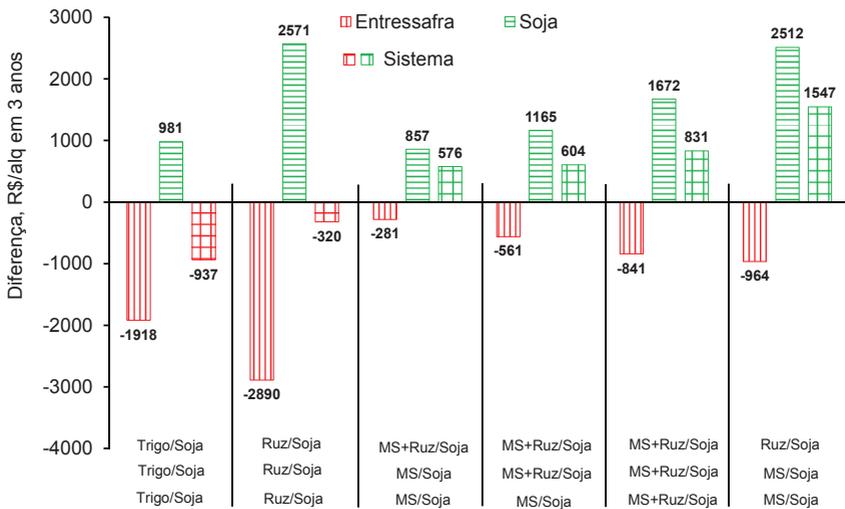
Em termos gerais, a análise econômica aponta que o milho 2ª safra é uma importante alternativa para compor modelos de produção diversificados na região norte do Paraná, uma vez que a exclusão da cultura do sistema de produção nas sucessões trigo/soja e braquiária/soja proporcionou menor lucro operacional. Além disso, a produção de grãos de milho reduz a dependência do produtor em relação à soja, diminuindo assim riscos climáticos e/ou de mercado. Entretanto, o uso contínuo da sucessão MS/soja impacta de forma negativa a produtividade da oleaginosa e acarreta uma série de problemas, entre os quais se destaca o aumento dos custos associados ao controle de plantas daninhas, particularmente capim amargoso e buva. Assim, a diversificação no outono-inverno por meio do cultivo de braquiária melhora a performance econômica do sistema de produção, conforme demonstrado no presente estudo.



**Figura 18.** Lucro operacional de modelos de produção envolvendo a soja (acumulado de 3 anos agrícolas). Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2016.

É provável que as diferenças de desempenho econômico entre os modelos de produção mais diversificados e a sucessão MS/soja fiquem ainda maiores no decorrer dos próximos ciclos de rotação. Em primeiro lugar, as perdas de produtividade do milho 2ª safra em função de sua

consorciação com a braquiária, especialmente em 2014, foram muito superiores às normalmente observadas, chegando a uma média de 38 sacas por alqueire (14%) nessa safra (Figura 15). Com a realização de alguns ajustes técnicos, posicionando a linha da braquiária no centro da entrelinha do milho, essas perdas caíram para 15 sacas por alqueire (6%) em 2016. Neste sentido, se as perdas de produtividade do milho consorciado com braquiária em 2014 tivessem sido similares às ocorridas em 2016, o lucro operacional (acumulado de 3 anos) dos modelos de produção com 33, 67 e 100% da área ocupada pelo consórcio milho + braquiária subiria para R\$ 13.961, R\$14.154 e R\$ 14.584 por alqueire, respectivamente. Além disso, conforme detectado por Santos et al. (2016) (Figura 17), e preliminarmente observado na safra 2016 neste trabalho (Figura 14), é possível que, nos próximos ciclos de rotação, a produtividade do milho 2ª safra nos modelos envolvendo consorciação ou rotação com braquiária torne-se similar ou até superior às observadas na sucessão MS/soja, em virtude das melhorias na qualidade do solo e no sistema de produção proporcionadas pela diversificação de espécies vegetais.

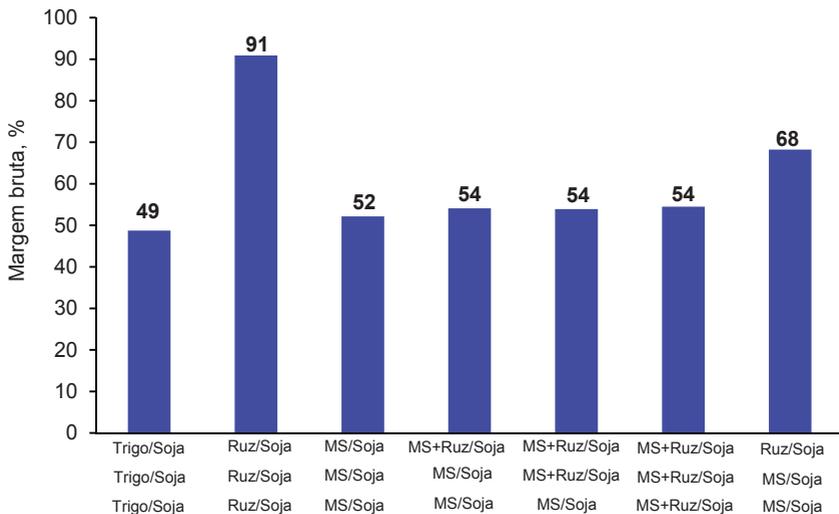


**Figura 19.** Diferença de lucro operacional entre modelos de produção envolvendo braquiária ou trigo e a sucessão MS/soja (acumulado de 3 anos agrícolas). Barras vermelhas indicam maiores valores na sucessão MS/soja; barras verdes indicam maiores valores nos demais modelos de produção. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2016.

No caso específico do modelo Ruz/soja/MS/soja/MS/soja, o cultivo de 33% da área com braquiária ruziziensis permite que o milho 2ª safra seja semeado mais cedo, nas áreas em que a soja é colhida mais precocemente – geralmente em fevereiro – permitindo melhor desempenho produtivo ao cereal. Por sua vez, a semeadura da braquiária é posicionada nas áreas em que a colheita da soja é realizada mais tardiamente, por vezes em março, pois nessa época o risco inerente à semeadura de milho é elevado. Em outras palavras, esse modelo de produção favorece o aumento da produtividade e da estabilidade de produção do milho 2ª safra, haja vista que a área destinada ao cereal (67%) pode ser semeada na melhor época. Entretanto, esse importante benefício associado à adoção de modelos de produção com maior diversificação de espécies vegetais no outono-inverno não pode ser detectado neste trabalho devido ao desenho experimental utilizado.

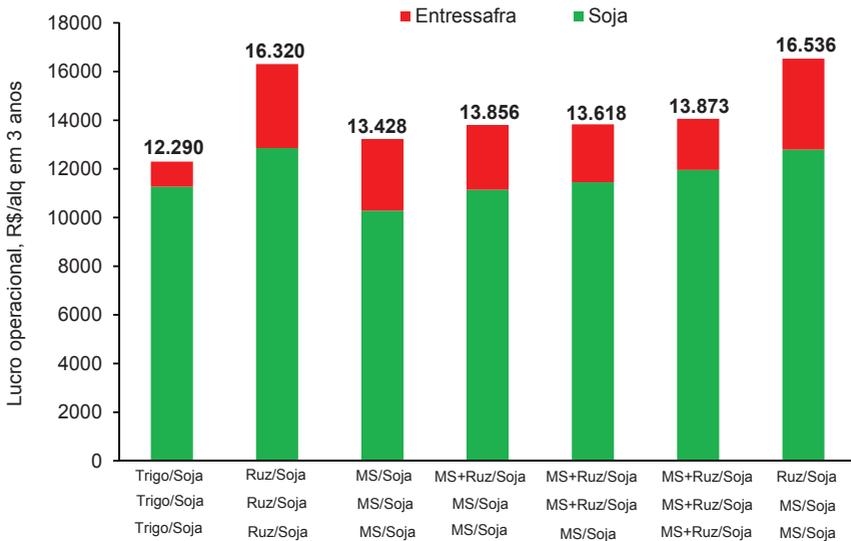
Dentre todos os modelos de produção analisados, a sucessão trigo/soja apresentou o menor lucro operacional (Tabelas 5 a 7, Figuras 18 e 19). Embora o lucro da soja no modelo de sucessão com trigo tenha sido maior do que na sucessão com milho 2ª safra e similar ao obtido nos modelos de produção com consórcio milho + braquiária em 33 e 67% da área, o retorno econômico obtido com o trigo no outono-inverno foi muito pequeno, bem inferior ao proporcionado pelo milho. Além dos baixos preços que historicamente têm sido pagos pela saca de trigo, o pequeno lucro operacional proporcionado pela cultura está associado à sua baixa produtividade (114 sacas por alqueire na média das três safras), explicada em grande parte pelas condições climáticas da região (baixa altitude e altas temperaturas durante o inverno), menos favoráveis ao trigo. Cabe destacar, entretanto, que o desempenho da soja após o trigo foi, em geral, melhor que após o milho 2ª safra (Figuras 1, 2, 3, 4 e 11) o que, aliado à supressão de plantas daninhas proporcionada pela melhor cobertura de solo, torna o trigo uma cultura ainda interessante para compor modelos de produção em rotação com milho 2ª safra e espécies para cobertura do solo. Adicionalmente, esses resultados reforçam a importância da implementação de políticas públicas ou outras estratégias que permitam melhor preço ao trigo, viabilizando assim a sua utilização em modelos de produção na região norte do Paraná.

A margem bruta constitui-se em um indicador econômico que pode representar o risco inerente do negócio agrícola, representando o retorno percentual do capital investido (Figura 20). Nesse caso, a maior margem bruta foi obtida pela sucessão de braquiária para cobertura do solo/soja, já que implica em menor custo operacional (Tabela 6), em razão da ausência do milho 2ª safra no sistema. Por outro lado, à medida que a proporção da área total cultivada com milho 2ª safra aumenta, a receita bruta (Tabela 5) e o lucro operacional (Tabela 7, Figura 18) tendem a crescer, mas a margem bruta diminui (Figura 20), indicando maior risco para o empreendimento rural. Entre os modelos de produção envolvendo o cultivo de milho na 2ª safra, o tratamento Ruz/soja/MS/soja/MS/soja foi o que apresentou maior margem bruta e, portanto, o menor risco. Considerando ainda que este modelo de produção foi o que apresentou maior lucro operacional (Tabela 7, Figuras 18 e 19), fica evidente que a substituição do milho pela braquiária em 1/3 da área na 2ª safra (em outras palavras, em uma safra a cada três) é uma excelente opção para aumentar a diversificação de culturas em sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná.



**Figura 20.** Margem bruta obtida em modelos de produção envolvendo a cultura da soja, em 3 anos agrícolas. Embrapa Soja/Cocamar, Floresta, PR, 2016.

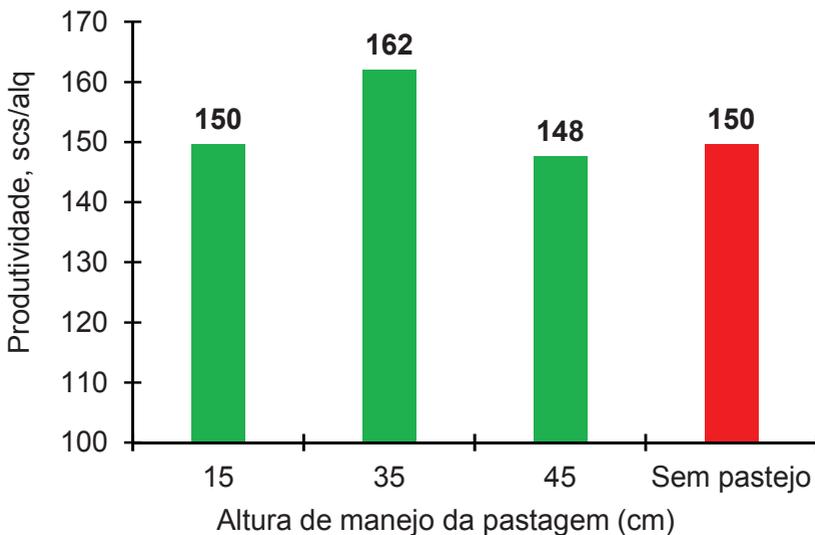
Uma análise interessante é estimar o lucro operacional caso a braquiária cultivada no outono/inverno fosse utilizada para engorda de bovinos a pasto, em sistema integrado de produção agropecuária. Nesse caso, considerando uma produção de 480 kg de peso vivo por alqueire em 120 dias de pastejo, o lucro operacional do modelo braquiária/soja em três anos subiria de R\$ 12.923 para R\$ 16.320 por alqueire, tornando-se muito superior à sucessão MS/soja (Figura 21). O lucro operacional do modelo de produção que envolve a rotação milho (67%) e braquiária solteira (33%) também aumenta, alcançado R\$ 16.536 no acumulado de 3 anos agrícolas. Esse resultado indica o potencial do uso do sistema pasto anual/soja em regiões com clima tropical – semelhantemente ao que ocorre no Brasil em regiões com clima subtropical.



**Figura 21.** Estimativa do lucro operacional de modelos de produção envolvendo a soja, utilizando a braquiária para pastejo (acumulado três anos agrícolas). Embrapa Soja/Co-camar, Floresta, PR, 2016.

Além da geração de renda na entressafra, o uso da braquiária para pastejo em sistemas integrados de produção agropecuária pode aumentar a produtividade da soja implantada em sucessão, desde que o manejo da pastagem seja adequado. Com isso, o lucro operacional do

sistema de produção pode ser ainda maior. Em trabalho conduzido na Embrapa Soja, em Londrina/PR, Franchini et al. (2015) concluíram que a produtividade da soja após pastagem de braquiária *ruziziensis* manejada com uma altura média de 35 cm foi aproximadamente 12 sacas por alqueire superior à obtida após a mesma forrageira sem pastejo (Figura 22). Por outro lado, a produtividade da soja sobre braquiária pastejada com alturas médias de 15 e 45 cm não diferiu em relação à condição não pastejada. A maior produtividade da soja em sucessão à pastagem de braquiária manejada com intensidades de pastejo intermediárias pode estar associada a vários fatores, como a melhor plantabilidade e consequente estabelecimento das plântulas de soja, reciclagem mais rápida dos nutrientes via fezes/urina, e produção de maior quantidade de raízes pelas forrageiras sob pastejo (SOUZA et al., 2008).



**Figura 22.** Produtividade de grãos da soja (BRS 360 RR) cultivada em sucessão à pastagem de braquiária *ruziziensis* manejada em diferentes intensidades de pastejo, na safra 2012/2013. Adaptado de Franchini et al. (2015).

## Considerações finais

Durante os primeiros anos de condução experimental, foi possível identificar sistemas que aprimoram a sucessão milho 2ª safra/soja, sob o ponto de vista de produtividade e lucro operacional. As duas alternativas mais interessantes se referem ao uso da sucessão milho 2ª safra consorciado com braquiária/soja ou, a cada três anos, substituir o milho 2ª safra pela braquiária ruzizensis, mantendo a soja em todas as safras de verão. Nas duas alternativas arroladas, a braquiária poderia ser utilizada para pastejo em sistema integrado com a pecuária. Além disso, é importante salientar que as duas alternativas indicadas para aumento da diversificação e lucro dos sistemas também são viáveis sob a ótica operacional, não implicando em grandes alterações em máquinas ou mesmo em aumento do uso de mão-de-obra.

É possível que os benefícios do incremento da diversificação observados aumentem ao longo do tempo, em decorrência da melhoria potencial da qualidade do solo que esses sistemas com braquiária podem promover.

## Referências

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.519-531, 2004.

ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M.; GAUDÊNCIO, C. A. ***Macrophomina phaseolina* em soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 55p. (Embrapa Soja. Documentos, 346).

ANDRADE, J. G. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.;

YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.592-598, 2017.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica.

In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E. CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2183-2190, 2011.

CECCON, G.; CONCENÇO, G.; BORGHI, E.; DUARTE, A. P.; SILVA, A. F. da; KAPPES, C.; ALMEIDA, R. E. M. de. **Implantação e manejo de forrageiras em consórcio com milho safrinha**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 34 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 131).

CHEN, G.; WEIL, R. R.; HILL, R. L. Effects of compaction and cover crops on soil least limiting water range and air permeability. **Soil & Tillage Research**, v.136, p.61-69, 2014.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, v.29, p.65-76, 2013.

COSTA, M.J N.; PASQUALLI, R.M.; PREVEDELLO, R. Efeito do teor de matéria orgânica do solo, cultura de cobertura e sistema de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Summa Phytopathologica**, v.40, p.63-70, 2014.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Embrapa Soja. Documentos, 366).

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DE MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v.74, p.224-233, 2015.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. **Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água**. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. Fertilidade em solo... (re)emergindo sistêmica: resumos e palestras. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2006. 8 p. 1 CD ROM.

DERAL. **Estimativa de safra**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.8, p.253-263, 1986.

EHLERS, W.; KOPKE, F.; HESSE, F.; BOHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil & Tillage Research**, v.3, p.261-275, 1983.

ENGEL, F. L.; BERTOL, I.; RITTER, S. R.; PAZ GONZÁLEZ, A.; PÁZ-FERREIRO, J.; VIDAL VÁZQUEZ, E. Soil erosion under simulated rainfall in relation to phenological stages of soybeans and tillage methods in Lages, SC, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.103, p.216-221, 2009.

FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.92, p.18-29, 2007.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 40 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).

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).

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.1131-1138, 2015.

GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S.; FORNAROLLI, D.; KARAM, D.; VARGAS, L.4; VOLL, E.1; PROCÓPIO, S.O. Efeito da palhada de trigo na emergência de *Digitaria insularis* (capim-amargoso). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 4 p. 1 CD-ROM.

GÖRGEN, C. A.; SILVEIRA NETO, A. N. da; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V.; LOBO JUNIOR, M. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1583-1590, 2009.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. 5ª Ed. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Embrapa Soja. Documentos, 256).

HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. de O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. de. **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 24 p. (Embrapa Soja. Documentos, 335).

LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. da. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1333-1342, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. (org.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. p. 34-48.

OLIVEIRA, M. D. M.; VEGRO, C. L. R. Custo de produção e rentabilidade na cafeicultura paulista: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, v.34, p. 33-44, 2004.

OLIVEIRA NETO, A. M. de; SANTOS, G.; RAIMONDI, M. A.; BIFFE, D. F.; RIOS, F. A. Cap. 5: Controle cultural. In: CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; OLIVEIRA NETO, A. M. de. (Eds). **Buva: fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Ominpax Editora, p. 33-40, 2013.

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**, v.48, p.228-1236, 2013.

SANTOS, A. L. F. dos; MECHE, I. A.; RIBEIRO, L. M.; FACHINELLI, R.; LEITE, E. M.; CECCON, G. Produtividade do milho safrinha em função de anos consecutivos de consórcio milho-braquiária. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: **anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

SEREIA, R. C. **Atributos físicos e químicos do solo sob cultivos de outono-inverno em sistema de semeadura direta**. 2014. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2014.

SILVA, J. F. G.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A.; BENITES, V. M.; GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; BENTO, J. C. Chemical and physical-hydric characterization of a red latosol after five years of management during the summer between-crop season. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1576-1586, 2014.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1273-1282, 2008.

TONON, B. C.; NOGUEIRA, M. A.; DEBIASI, H.; MORAES, M. T.; ORTIGARA, C.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Grau de agregação de um Latossolo sob diferentes níveis de compactação e coberturas vegetais em sucessão à soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; MERCOSOJA, 2015, Florianópolis. Tecnologia e mercado global: perspectivas para soja: **anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 3 p. 1.

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J. M. da. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.211-219, 2007.

VARGAS, L.; ADEGAS, F.; GAZZIERO, D.; KARAM, D.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, W. T. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHEDÉ, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. **A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem**. Londrina: Midiograf II, 2016. p. 219-239.

**Embrapa**

---

**Soja**

MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**



CGPE 14191