

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RODAS COMPACTADORAS E ATERRADORAS NA  
QUALIDADE DE ACABAMENTO DE SEMEADURA DIRETA**

**Tatiane Aparecida Soares**

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RODAS COMPACTADORAS E ATERRADORAS NA  
QUALIDADE DE ACABAMENTO DE SEMEADURA DIRETA**

**Tatiane Aparecida Soares**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani**

**Co-orientador: Dr. Ruy Casão Júnior**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2009

S676r Soares, Tatiane Aparecida  
Rodas compactadoras e aterradoras na qualidade de  
acabamento de semeadura direta / Tatiane Aparecida Soares. --  
Jaboticabal, 2009  
xvii, 111 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009  
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani  
Banca examinadora: Rouverson Pereira da Silva, Antonio Sérgio  
Ferraudo, Luiz Malcolm Mano de Mello, Wilson José Oliveira de  
Souza  
Bibliografia

1. Emergência. 2. Cobertura Vegetal. 3. Selamento Superficial. I.  
Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.531:631.543

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**Tatiane Aparecida Soares** - nasceu no dia 23 de junho de 1976, nas cidade de São Paulo, onde cursou o ensino fundamental e médio. É graduada em Engenharia Agrônômica pela Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu/SP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (2000), Mestre em Agronomia na Área de Concentração Energia na Agricultura pela mesma Instituição (2003) e Doutoranda pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/SP iniciado em agosto de 2005. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Pré-Processamento de Produtos Agrícolas e Armazenamento de grãos, atuando principalmente nos seguintes temas: análise de acidez graxa, qualidade de soja, armazenamento. Atualmente, desenvolve pesquisa na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Máquinas e Mecanização Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: acabamento de semeadura no sistema plantio direto e manejo e conservação do solo, tais temas, estão sendo estudados durante o curso de doutorado. Professora Assistente na UNIBAN desde 02/2009 - curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental (Tecnólogo) ministrando as disciplinas de Economia Ambiental, Gestão de Recursos Naturais e Monitoramento Ambiental. Em 2009 concluiu o doutorado.

### **Saber Esperar**

*“Esperando, esperei no Senhor, e inclinando-se ouviu meu clamor.  
Canto novo ele pôs em meus lábios, um poema em louvor ao Senhor.”*

**(SI 39,1)**

*Através deste salmo, o Senhor nos faz refletir:*

*A pessoa esperançosa espera “esperando”. Ela sabe, com muita confiança, que o Pai tem planos para cada momento de nossas vidas e sempre está pronto para realizá-los na hora mais apropriada.*

*Aos meus pais Luiz e Maria*  
*Ao meu namorado e amigo André Luiz Johann*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por tudo, principalmente pelas dificuldades de aprendizado e saúde que tive que superar durante os quatro anos do curso de doutorado. Mas, Deus me carregou em seus braços e me mostrou a força que o ser humano tem em seu interior, força esta, capaz de transpor todos os obstáculos presentes em nossas vidas.

Ao meu orientador da FCAV UNESP - Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e ao meu co-orientador do IAPAR – Pesquisador Dr. Ruy Casão Júnior pela orientação e amizade.

À equipe de trabalho da Fazenda Experimental do IAPAR em Londrina/PR pela ajuda na instalação e condução do experimento em campo e laboratório.

Sou grata aos amigos João Paulo e Cristian pelo auxílio a todas as atividades desenvolvidas e pela amizade.

Agradeço ao Prof. Dr. Barbosa pela orientação na área estatística.

Agradeço ao Prof. Sérgio A. Ferraudo pela orientação na área estatística e pela amizade.

Agradeço ao Prof. Dr. Jairo O. Cazetta pela orientação no período inicial da tese e pela amizade.

Agradeço aos professores, Rouverson, Ferraud, Wilson e Malcolm, pela participação na defesa de minha tese com críticas e sugestões para a melhor redação da tese.

Aos funcionários da pós-graduação e biblioteca pela colaboração e amizade.

Um agradecimento geral a todos os professores que ministraram as disciplinas de pós-graduação das quais fui aluna regular, sem a aprovação dos mesmos, não teria concluído o curso de Doutorado.

E a todos os amigos e colegas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização do trabalho.

Aos meus familiares, meus pais Luiz e Maria, minha irmã Paula e minhas avós Tereza e Yolanda que foram os amigos verdadeiros nesta etapa importante da minha vida profissional.

Ao meu namorado e grande amigo em todos os momentos, serei sempre grata pela dedicação e amizade.



## SUMÁRIO

|                                                          | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------|---------------|
| LISTA DE TABELAS .....                                   | xi            |
| LISTA DE FIGURAS.....                                    | xvi           |
| RESUMO.....                                              | 1             |
| SUMMARY .....                                            | 2             |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                      | 3             |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                           | 5             |
| 2.1. Sistema Plantio Direto (SPD).....                   | 5             |
| 2.2. Semeadoras de Plantio Direto .....                  | 6             |
| 2.3. Interação máquina-solo-planta .....                 | 8             |
| 2.4. Unidade de semeadura.....                           | 12            |
| 2.5. Culturas semeadas .....                             | 20            |
| 2.5.1. Sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) ..... | 20            |
| 2.5.2. Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> (L.)) .....      | 20            |
| 2.5.3. Feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> (L.)).....     | 21            |
| 2.5.4. Soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill) .....     | 21            |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....                              | 22            |
| 3.1. Área experimental.....                              | 22            |
| 3.1.1. Caracterização .....                              | 22            |
| 3.1.2. Cobertura Vegetal .....                           | 22            |
| 3.1.3. Dados Climatológicos.....                         | 23            |
| 3.2. Equipamentos e insumos agrícolas .....              | 24            |
| 3.2.1. Equipamentos .....                                | 24            |
| 3.2.2. Insumos agrícolas .....                           | 26            |
| 3.3. Delineamento experimental .....                     | 27            |
| 3.4. Descrição dos tratamentos .....                     | 28            |
| 3.5. Instalação e condução dos experimentos .....        | 31            |
| 3.6. Atributos de caracterização do solo .....           | 32            |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.1. Teor de água no solo .....                                         | 32 |
| 3.6.2. Densidade do solo.....                                             | 32 |
| 3.6.3. Resistência mecânica do solo à penetração .....                    | 33 |
| 3.6.4. Área de contato das rodas compactadoras .....                      | 33 |
| 3.6.5. Massa seca da cobertura vegetal.....                               | 34 |
| 3.7. Atributos de avaliação do desempenho das unidades de semeadura ..... | 35 |
| 3.7.1. Profundidade do sulco de semeadura .....                           | 35 |
| 3.7.2. Profundidade de semeadura .....                                    | 35 |
| 3.7.3. Índice de sementes expostas .....                                  | 35 |
| 3.7.4. Selamento superficial do sulco.....                                | 35 |
| 3.7.5. Qualidade de aterramento do sulco .....                            | 36 |
| 3.7.6. Porcentagem da cobertura vegetal após a semeadura .....            | 36 |
| 3.7.7. Redução da porcentagem da cobertura vegetal.....                   | 36 |
| 3.7.8. Emergência de plântulas .....                                      | 37 |
| 3.8. Análise estatística dos dados .....                                  | 37 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                           | 38 |
| 4.1. Variáveis de avaliação do solo .....                                 | 38 |
| 4.1.1. Umidade gravimétrica do solo .....                                 | 38 |
| 4.1.2. Densidade do solo.....                                             | 39 |
| 4.1.3. Resistência mecânica do solo à penetração .....                    | 39 |
| 4.1.4. Massa seca de cobertura no solo antes da semeadura. ....           | 41 |
| 4.2. Variáveis de avaliação do desempenho das unidades de semeadura ..... | 42 |
| 4.2.1. Área de contato e carga aplicada das rodas compactadoras.....      | 42 |
| 4.2.2. Profundidade do sulco.....                                         | 43 |
| 4.2.3. Selamento superficial no sulco de semeadura .....                  | 44 |
| 4.2.3. Qualidade de aterramento do sulco .....                            | 45 |
| 4.2.4. Porcentagem de sementes expostas .....                             | 47 |
| 4.2.5. Cobertura com Palha após a Semeadura .....                         | 51 |
| 4.2.6. Redução da cobertura de palha no sulco .....                       | 54 |
| 4.2.7. Profundidade de semeadura .....                                    | 57 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 4.2.8. Emergência das plântulas ..... | 61 |
| 4.3. Análise Geral dos Dados .....    | 67 |
| 5. CONCLUSÕES .....                   | 71 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 72 |
| ANEXOS .....                          | 80 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                  | <b>Página</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Tabela 1. Operações agrícolas nas plantas de cobertura e culturas da soja e feijão.....                                                                                                                          | 23            |
| Tabela 2. Dados climatológicos do local do experimento.....                                                                                                                                                      | 23            |
| Tabela 3. Características dimensionais de cada um dos elementos utilizados durante os experimentos. ....                                                                                                         | 26            |
| Tabela 4. Constituição dos tratamentos, avaliados no estudo de oito sistemas de acabamento de semeadura na cultura do feijão.....                                                                                | 28            |
| Tabela 5. Constituição dos tratamentos, avaliados no estudo de oito sistemas de acabamento de semeadura na cultura da soja.....                                                                                  | 30            |
| Tabela 6. Umidade gravimétrica do solo na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005, .....                                                                                    | 38            |
| Tabela 7. Densidade do solo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005, na camada de 0 a 5 cm de profundidade.....                        | 39            |
| Tabela 8. Resistência mecânica do solo à penetração na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005. ....                                                                        | 40            |
| Tabela 9. Características do solo na camada de 0 a 10 cm de profundidade e massa seca da cobertura vegetal morta antes da semeadura. ....                                                                        | 41            |
| Tabela 10. Valores calculados de área de contato e valores experimentais de carga aplicada pelas rodas compactadoras na superfície do solo, para os tratamentos referentes as culturas do feijão e da soja. .... | 42            |
| Tabela 11. Profundidade do sulco na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.....                                                                                            | 43            |
| Tabela 12. Selamento superficial na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.....                                                                                            | 44            |
| Tabela 13. Qualidade de aterramento do sulco na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.....                                                                                | 46            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 14. Sementes expostas na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.....                                                                                                                                                           | 47 |
| Tabela 15. Cobertura com palha após a semeadura na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005. ....                                                                                                                                       | 51 |
| Tabela 16. Redução da cobertura de palha na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.....                                                                                                                                               | 54 |
| Tabela 17. Profundidade de Semeadura na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.....                                                                                                                                                   | 57 |
| Tabela 18. Emergência das plântulas na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.....                                                                                                                                                    | 61 |
| Tabela 19. Valores de média e desvio padrão do atributo de emergência nos experimentos feitos com a cultura da soja em 2005. ....                                                                                                                                           | 62 |
| Tabela 20. Dados do experimento com o feijão. ....                                                                                                                                                                                                                          | 81 |
| Tabela 21. Dados do experimento com a soja. ....                                                                                                                                                                                                                            | 83 |
| Tabela 22. Correlações com dos parâmetros do feijão, onde os valores em negrito apresentam valor absoluto maior que 0,7. ....                                                                                                                                               | 84 |
| Tabela 23. Correlações com dos parâmetros da soja, onde os valores em negrito apresentam valor absoluto maior que 0,7. ....                                                                                                                                                 | 85 |
| Tabela 24. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, na profundidade de 0 a 5cm, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....        | 86 |
| Tabela 25. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, em %, na profundidade de 5 a 10cm, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. .... | 86 |
| Tabela 26. Teste F para os valores de densidade do solo, em $g.cm^{-3}$ , na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....                              | 87 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 27. Teste F para os valores de resistência a penetração do solo, em kPa, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.....              | 87 |
| Tabela 28. Teste F para os valores de profundidade de trabalho da haste sulcadora, em cm, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....   | 87 |
| Tabela 29. Teste F para os valores de selamento superficial no sulco de semeadura, em %, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....    | 88 |
| Tabela 30. Teste F para os valores de qualidade de aterramento do sulco de semeadura, em %, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. .... | 88 |
| Tabela 31. Teste F para os valores de sementes expostas, em %, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....                              | 89 |
| Tabela 32. Teste F para os valores de redução da quantidade de palha no sulco, em %, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....        | 89 |
| Tabela 33. Teste F para os valores de cobertura com palha após a semeadura, em %, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....           | 89 |
| Tabela 34. Teste F para os valores de profundidade de semeadura, em cm, na cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a                                                                                                             |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de<br>confiança de 95%.....                                                                                                                                                                                         | 90 |
| Tabela 35. Teste F para os valores de emergência das plântulas, em %, na<br>cultura do feijão. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a<br>variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de<br>confiança de 95%.....                                | 90 |
| Tabela 36. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, na<br>profundidade de 0 a 5cm, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$<br>inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente<br>significativa a um nível de confiança de 95%.....        | 91 |
| Tabela 37. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, em %, na<br>profundidade de 5 a 10cm, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$<br>inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente<br>significativa a um nível de confiança de 95%..... | 91 |
| Tabela 38. Teste F para os valores de densidade do solo, em $\text{g.cm}^{-3}$ , na cultura<br>da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação<br>da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de<br>95%.....                       | 92 |
| Tabela 39. Teste F para os valores de resistência a penetração do solo, em kPa,<br>na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que<br>a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de<br>confiança de 95%.....                        | 92 |
| Tabela 40. Teste F para os valores de profundidade de trabalho da haste<br>sulcadora, em cm, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores<br>a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa<br>a um nível de confiança de 95%. ....             | 93 |
| Tabela 41. Teste F para os valores de selamento superficial no sulco de<br>semeadura, em %, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores<br>a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa<br>a um nível de confiança de 95%. ....              | 93 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 42. Teste F para os valores de qualidade de aterramento do sulco de semeadura, em %, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. .... | 94 |
| Tabela 43. Teste F para os valores de sementes expostas, em %, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....                              | 94 |
| Tabela 44. Teste F para os valores de redução da quantidade de palha no sulco, em %, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....        | 94 |
| Tabela 45. Teste F para os valores de cobertura com palha após a semeadura, em %, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....           | 95 |
| Tabela 46. Teste F para os valores de profundidade de semeadura, em cm, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....                     | 95 |
| Tabela 47. Teste F para os valores de emergência das plântulas, em %, na cultura da soja. Os valores de $Pr > F$ inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. ....                       | 95 |



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Página</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Figura 1. Protótipo de unidade de semeadura composto de: 1- disco de corte; 2- haste sulcadora; 3- disco duplo desencontrado; 4- sistemas de controle de profundidade de sementes, aterramento e compactação; 5- chassi; 6- rodas acionadoras; 7- contra peso; 8- depósito de sementes. Fonte: Casão Junior & Campos, 2004..... | 25            |
| Figura 2. Gráfico correlacionando os valores médios entre profundidade de semeadura e sementes expostas, na cultura do feijão.....                                                                                                                                                                                              | 48            |
| Figura 3. Gráfico de Correlação dos valores médios entre profundidade de semeadura e sementes expostas, na cultura da soja.....                                                                                                                                                                                                 | 49            |
| Figura 4. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e sementes expostas, na cultura do feijão.....                                                                                                                                                                                               | 50            |
| Figura 5. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e sementes expostas, na cultura da soja.....                                                                                                                                                                                                 | 50            |
| Figura 6. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e cobertura com palha após a semeadura, na cultura do feijão.....                                                                                                                                                                               | 53            |
| Figura 7. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e cobertura com palha após a semeadura, na cultura da soja.....                                                                                                                                                                                 | 53            |
| Figura 8. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e redução de palha, na cultura do feijão. ....                                                                                                                                                                                                  | 55            |
| Figura 9. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e redução de palha, na cultura da soja. ....                                                                                                                                                                                                    | 56            |
| Figura 10. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e profundidade de semeadura, na cultura do feijão.....                                                                                                                                                                                      | 58            |
| Figura 11. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e profundidade de semeadura, na cultura da soja.....                                                                                                                                                                                        | 59            |
| Figura 12. Correlação dos valores médios entre redução de palha e                                                                                                                                                                                                                                                               |               |

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| profundidade de semeadura, na cultura do feijão.....                                                                                                                      | 59 |
| Figura 13. Correlação dos valores médios entre redução de palha e<br>profundidade de semeadura, na cultura da soja.....                                                   | 60 |
| Figura 14. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do<br>sulco e profundidade de semeadura, na cultura do feijão. ....                               | 60 |
| Figura 15. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do<br>sulco e profundidade de semeadura, na cultura da soja. ....                                 | 61 |
| Figura 16. Correlação dos valores médios entre dos valores médios entre<br>cobertura com palha após a semeadura e emergência, na cultura<br>do feijão. ....               | 64 |
| Figura 17. Correlação dos valores médios entre os parâmetros de redução de<br>palha e emergência, nos ensaios com a cultura do feijão. ....                               | 64 |
| Figura 18. Correlação dos valores médios entre os parâmetros de qualidade<br>de aterramento do sulco e emergência, nos ensaios com a cultura<br>do feijão. ....           | 65 |
| Figura 19. Correlação dos valores médios entre os parâmetros de qualidade<br>de Aterramento aterramento do sulco e emergência, nos ensaios<br>com a cultura da soja. .... | 65 |
| Figura 20. Correlação dos valores médios entre os parâmetros de<br>profundidade de semeadura e emergência, nos ensaios com a<br>cultura do feijão. ....                   | 66 |
| Figura 21. Correlação dos valores médios entre os parâmetros de<br>profundidade de semeadura e emergência, nos ensaios com a<br>cultura da soja. ....                     | 67 |

## **RODAS COMPACTADORAS E ATERRADORAS NA QUALIDADE DE ACABAMENTO DE SEMEADURA DIRETA**

### **RESUMO**

O plantio direto consiste em um sistema de manejo conservacionista da produção agrícola, que promove a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi a avaliação de sistemas de acabamento de semeadura existentes no mercado nacional, utilizados em semeadoras de precisão para plantio direto, assim como novas propostas, levando em conta fatores que afetam a germinação das sementes e a emergência das plântulas no campo. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, em Londrina, utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições para a cultura do feijão e três repetições para a cultura da soja. Os tratamentos foram constituídos de oito sistemas de acabamento de semeadura, dotados de componentes com e sem aterramento, sistemas de controle de profundidade de sementes e rodas compactadoras. Foram avaliadas variáveis do solo, das sementes e parâmetros de desempenho das unidades semeadoras. Conclui-se que os discos aterradores melhoram os resultados das unidades de semeadura, beneficiando a operação em diferentes aspectos e aumentando a emergência. As rodas controladoras de profundidade paralelas melhoram os resultados dos discos aterradores, inclusive os de emergência. As rodas compactadoras lisas não são indicadas, pois promovem problemas de selamento superficial. As rodas compactadoras em “V” apresentaram bons resultados, mas as rodas compactadoras com garras e sulcos internos tendem a ser melhores.

**Palavras-Chave:** Emergência, Cobertura Vegetal, Selamento Superficial, Discos Aterradores.

## **SOIL COVER WHEELS AND COMPACTOR WHEELS IN FINISH QUALITY IN NO-TILL SOWING**

### **SUMMARY**

No-till is a system of conservation management of agricultural production, which promotes the improvement of the physical, chemical and biological soil conditions. Thus, the purpose of this study was to evaluate the systems finish seeding on the market in Brazil, used in precision seeders for no-till planters, as well as new proposals, considering factors that affect seed germination and emergence seedlings in the field. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Agronomic Institute of Paraná – IAPAR, in Londrina, using the randomized block planning with eight treatments and four repetitions for the cultivation of beans and three repetitions for soybean. Treatments consist of eight systems of finish seeding that having components with and without ground finish systems, depth of seed and compactor wheels. Was evaluated soil variables, seeds variables and performance parameters of seeding units. It was concluded that soil cover disks improve the seeding units performance, benefit the operation in different aspects and increasing the emergency. Parallel depth controller wheels improve results of soil cover discs, including the emergency. The flat compactor wheels are not recommended, because they promote soil surface sealing problems. The wheels in "V" had good results, but the wheels with grip and internal ridges tend to be better.

**Keywords:** Final Stand, Vegetal Cover, Surface Sealing, Cover Discs.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais entraves para a melhoria da qualidade do sistema plantio direto está no aperfeiçoamento dos componentes de ataque ao solo e de acabamento de semeadura das semeadoras de precisão.

Como a estratégia para manter esta qualidade passa pela prática da rotação de culturas e uso de coberturas vegetais, visando entre vários benefícios aumentar e manter o terreno coberto com palha, as semeadoras ao implantar as culturas, devem evitar a remoção da cobertura original.

Muitos dos fatores que afetam a germinação das sementes e a emergência das plântulas no campo estão relacionados com o bom desempenho da semeadora, portanto, é importante que esta esteja bem regulada e equipada com componentes que efetuem devidamente o aterramento, a cobertura com palha e a compactação do sulco de semeadura.

Casão Junior et al. (2003), cita que desde 1996 o IAPAR realizou estudos com aperfeiçoamento das hastes sulcadoras e a introdução de componentes de aterramento nas semeadoras de precisão, visando o revolvimento mínimo do solo e retorno deste e da cobertura vegetal ao sulco de semeadura.

Representantes de indústrias de semeadoras-adubadoras de plantio direto brasileiras reforçam que os produtores hoje objetivam mínima mobilização de solo no sulco e que a palha permaneça sobre este após a semeadura (CASÃO JUNIOR et al., 2008). No entanto, a realidade brasileira ainda é plantio direto com pouca palha. Mesmo assim, Calegari (2006) cita que as plantas de cobertura são utilizadas em 6 milhões dos 24 milhões de hectares de plantio direto no Brasil, mostrando que a adoção da cobertura morta vegetal sobre o solo é uma tendência crescente nesse sistema.

A maioria das semeadoras de precisão existentes no mercado nacional não possuem componentes aterradores especializados, o que pode ser explicado pela pouca quantidade de palha no sistema plantio direto. O que predomina são máquinas com discos duplos desencontrados para a abertura do sulco e com rodas paralelas de

controle de profundidade para sementes, sendo as mais modernas oscilantes, seguidas de uma roda compactadora em “V”, com possibilidade de alterar sua abertura frontal e vertical, mas apresentam limitação para retornar a palha à superfície do sulco (CASÃO JUNIOR et al., 2008).

Este trabalho apresenta como hipótese que o uso de rodas aterradoras melhoram a qualidade da semeadura, uma vez que retornam o solo e a palhada deslocada lateralmente durante o processo de abertura do sulco.

O objetivo geral desse trabalho foi a avaliação dos componentes de acabamento de semeadura das semeadoras de precisão, identificando os melhores arranjos entre aterradores, controladores de profundidade de sementes e rodas compactadoras. Desta forma, objetivou também melhorar a qualidade do sistema plantio direto, uma vez que o conhecimento de parâmetros de projeto permitirão às indústrias de máquinas agrícolas aperfeiçoar os componentes de acabamento de semeadura.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Sistema Plantio Direto (SPD)**

O plantio direto é um sistema de manejo de produção agrícola onde a semeadura é realizada com revolvimento mínimo do solo, preservando-se a cobertura vegetal de culturas anteriores sobre sua superfície. Recomenda-se que o sulco seja o menor possível, porém com tamanho suficiente para adequada cobertura, contato das sementes com o solo e separação destas do fertilizante. É o sistema mais apropriado para a produção agrícola em clima tropical, promovendo a melhoria das condições físicas e químicas do solo (ARAÚJO et al., 2001).

Como a estratégia do sistema plantio direto com qualidade, passa pela prática da rotação de culturas e uso de coberturas vegetais, visando entre vários benefícios aumentar e manter o solo coberto com palha, as semeadoras ao implantar as culturas, devem evitar a destruição da cobertura original e promover um adequado contato solo/semente (CASÃO JUNIOR & SIQUEIRA, 2006).

No plantio direto a permanência de resíduos vegetais na superfície condiciona o sistema solo-planta a uma dinâmica própria, caracterizada por processos físico-bioquímicos que se desenvolvem sob maior umidade, menor temperatura e maiores teores de matéria orgânica. Isso propicia aumentos na atividade biológica na superfície e nas camadas sub-superficiais do solo sob a influência da cobertura morta (COLOZZI FILHO et al., 1998) e impõe às semeadoras uma condição específica de trabalho.

Segundo Casão Junior & Siqueira (2006), nas regiões quentes, tropicais e subtropicais a decomposição da palha é rápida e, para que o terreno permaneça constantemente coberto é necessário usar plantas de cobertura que produzam grande quantidade de massa e apresentem a característica de decomporem-se vagarosamente. Durante o processo de implantação das culturas em plantio direto a cobertura vegetal deve estar convenientemente manejada, para que não haja

problemas de embuchamento de máquinas e infestações de ervas daninhas. O manejo inadequado pode fazer com que os herbicidas não consigam atingir as infestantes.

## **2.2. Semeadoras de Plantio Direto**

O processo de semeadura visa à implantação de sementes no solo promovendo condições para sua germinação, emergência, desenvolvimento sadio e produtivo das plantas. As máquinas que efetuam esta tarefa são denominadas de semeadoras.

Existem na prática, dois tipos de semeadoras quanto ao tipo de distribuição de sementes: as de precisão e as de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão, caracterizam-se por distribuir sementes espaçadas a distâncias supostamente homogêneas no sulco de semeadura. No Brasil, as máquinas que assim trabalham, utilizam principalmente dosadores e componentes em contato com o solo que impedem o trabalho a espaçamentos inferiores a 40 cm. Trabalham com culturas de sementes graúdas como milho, soja, feijão, mucuna, algodão, mas também, semeiam sementes miúdas como o sorgo, desde que distanciadas em média a mais de 4 cm entre elas no sulco ou linha de semeadura. Existem no mercado as multissemeadoras, ou seja, máquinas que semeiam em precisão e fluxo contínuo, mediante a transformação de seus dosadores e componentes em contato com o solo. São importantes para o produtor que não deseja possuir duas máquinas (CASÃO JUNIOR & SIQUEIRA, 2006).

Representantes de indústrias de semeadoras adubadoras de plantio direto brasileiras como Eclair Pretto do Amaral da Imasa, Carmen Galli da Semeato, Paulo Montagner da Kuhn/Metasa, Pedro Fankhauser da Fankhauser e Marcos Lauxen da Vence Tudo, entre outros, reforçam que os produtores hoje querem, mínima mobilização de solo no sulco e que a palha permaneça sobre este após a passagem da semeadora (CASÃO JUNIOR et. al., 2008). No entanto, a realidade brasileira ainda é plantio direto com pouca palha, determinado nos principais pólos de produção de soja e milho do país (198 municípios de 13 Estados), constatando-se que a cobertura média com palha sobre o solo era de 28% nos estados de SP, MS, MT, GO e Norte do PR e 50% no Sul do país (BASTOS FILHO et al., 2007). Mesmo assim, Calegari (2006) cita



que as plantas de cobertura são utilizadas em 6 milhões dos 24 milhões de hectares de plantio direto no Brasil, mostrando que a adoção da cobertura morta vegetal sobre o solo é uma tendência crescente no sistema de plantio direto.

Segundo Casão Junior et al., (2003) durante a semeadura em plantio direto, efetua-se inicialmente o corte da vegetação, abrindo um sulco com a profundidade suficiente para a deposição do fertilizante abaixo das sementes e promovendo um volume de solo mobilizado para permitir o início do estabelecimento das plantas. Em seguida as sementes devem ser depositadas a uma profundidade adequada, serem recobertas com solo e palha, recebendo uma compactação lateral, para que possam absorver água pelo contato íntimo com as partículas do solo. Não devem permitir que se formem bolsões de ar e selamento superficial. Pois com a adequada cobertura de palha, mantém a umidade e a temperatura em condições mais apropriadas para germinação das sementes. Portanto recomenda-se que sejam utilizados componentes aterradores para posicionar solo e palha sobre o sulco de semeadura, os quais são importantes para que os mesmos não permaneçam abertos. Para cumprir essas funções a semeadora deve possuir um conjunto de sistemas e componentes.

A cobertura vegetal contribui efetivamente para a proteção do solo, pois diminui a possibilidade de impacto direto de gotas de chuva; melhora a estrutura do solo pela adição de matéria orgânica (COELHO, 1991); reduz a velocidade de escoamento da enxurrada e aumenta a taxa de reflexão (albedo) que resulta em menor variação térmica do solo (SALTON e MIELNICZUK, 1995), além de favorecer o desenvolvimento da microbiota.

A implantação de culturas de cobertura e a manutenção dos seus restos culturais na superfície do solo vêm sendo utilizadas como alternativa para diminuir as variações de temperatura do solo, reduzir as perdas por erosão, reter maior quantidade de água e promover maiores rendimentos dos cultivos agrícolas, além de diminuir a evaporação de água e o escoamento superficial, elevando a taxa de infiltração (BRAGAGNOLO & MIELNICZUK, 1990). A cobertura reduz a evaporação, mantendo o solo mais úmido, com isso ocorre a redução nas oscilações de temperatura e umidade do solo.

É importante o entendimento dos fatores que afetam a semeadura visando-se, obter um bom desempenho na implantação das culturas.

Em qualquer sistema, a semeadura deve possibilitar o estabelecimento rápido e uniforme da população de plantas desejada. Para isso, a semeadora deve formar um ambiente que possibilite a absorção de água pelas sementes, as condições de temperatura e disponibilidade de oxigênio adequada ao processo de germinação. A implantação das culturas deverá ocorrer o mais rápido possível para reduzir o risco de ataque de pragas e patógenos do solo e, para isso, a semente necessita de um contato total com o solo de modo a acelerar a absorção de água (ARAÚJO et. al., 2001).

O adequado contato solo-semente é um pré-requisito para a rápida emergência e um bom estabelecimento da cultura (PERDOCK e KOUWENHOUVEN, 1994; BROWN, et al., 1996), pois favorece a transferência de água do solo para a semente. A semeadura deve ser realizada na consistência friável do solo, pelo fato de os teores de água permitirem bom rendimento da operação e boa qualidade do trabalho realizado (GASSEN e GASSEN, 1996). A semeadura realizada quando o solo se encontra acima do limite de plasticidade causa compactação e, conseqüente, redução da sua capacidade de infiltração. A semeadura realizada em solo seco resulta em menor eficiência dos dispositivos sulcadores, que, por sua vez, ocasiona menor contato solo-semente (KONDO e DIAS JUNIOR, 1999).

Silva (1990), Brown et al., (1996) e Silva (2008) que, no processo de semeadura de culturas anuais, o condicionamento físico do solo ao redor das sementes reveste-se de importância capital para o bom desenvolvimento inicial da cultura, assegurando uma população adequada de plantas.

### **2.3. Interação máquina-solo-planta**

A semente, quando colocada no solo, está em estado de dormência, com um teor de umidade que varia de 7 a 13% para a maioria das espécies. Para que a semente germine é necessário que haja disponibilidade de água no solo, para que ela a absorva, expandindo-se e iniciando a liberação do embrião. A maioria das sementes das plantas cultivadas inicia a germinação quando seus teores de umidade variam entre

30 e 60%. Portanto é importante que o solo a ser semeado esteja com um teor de umidade adequado para que a semente consiga absorver a quantidade de água necessária para uma boa germinação (BALASTREIRE, 1990).

Casão Junior & Siqueira (2006), afirmam que em lavouras não irrigadas os menores riscos à semeadura são quando a consistência do solo está friável. Nesta condição há água disponível para as sementes, os componentes das semeadoras dificilmente provocarão compactação no solo e pela menor aderência deste nos componentes rompedores e abridores de sulco mobilizarão menos o terreno. Assim, quando o solo se encontra com teor de umidade acima do considerado friável, este então se torna plástico, onde as deformações são permanentes, aumentando a aderência de solo nos abridores de sulco das semeadoras resultando em maior mobilização de solo no terreno. Além disso, a passagem da semeadora em solos úmidos resulta em compactação excessiva, selamento e espelhamento deste, dificultando significativamente à emergência das plântulas que em alguns casos, pode-se chegar a zero.

Castiglioni et. al, (2004), afirmam que na cultura da soja, durante o subperíodo semeadura-emergência, a semente necessita absorver no mínimo 50% de seu peso em água para iniciar o processo de germinação. E, para que isso ocorra, é preciso que a semente esteja em contato íntimo com as partículas do solo, absorvendo esta quantidade de água o mais rápido possível. A deficiência de umidade do solo resulta em emergência irregular e redução na população de plantas, o que pode diminuir o rendimento de grãos e, em algumas situações, torna-se necessário realizar uma nova semeadura. Também não se recomenda a semeadura de soja em solos com baixo teor de umidade em antecipação à chuva, pois não havendo ocorrência de chuva em um período de cinco a dez dias após a semeadura, a semente se deteriora no solo, tornando-se incapaz de germinar e emergir quando o teor de umidade atingir o nível adequado. Por outro lado, o excesso de umidade do solo também é prejudicial durante o sub-período semeadura-emergência. Em um solo saturado ou próximo da saturação a difusão de oxigênio é deficiente, prejudicando o processo respiratório da semente durante a germinação.

Segundo Kochhann et al. (2000), a compactação do solo é entendida como o aumento da sua densidade, resultante da complexa interação entre os processos físicos, químicos e biológicos diretamente relacionados com sua massa/volume. Ela é variável num mesmo tipo solo, alterando-se, espacial e volumetricamente, conforme a variação da estrutura e da textura. Também, tende a aumentar com a profundidade do perfil, sobretudo pela diminuição do teor de matéria orgânica. Desta forma, foram relatados valores gerais desse atributo variando entre 1,40 a 1,80 kg·dm<sup>-3</sup>. Por outro lado, nos solos de textura arenosa seus valores foram de 1,20 a 1,40 kg·dm<sup>-3</sup>, ao passo que nos de textura argilosa, entre 1,00 a 1,25 kg·dm<sup>-3</sup> (KIEHL, 1979; CAMARGO & ALLEONI, 1997; REICHARDT, 2004). Por outro lado, em relação aos níveis críticos da densidade do solo, Bowen (1981) considerou que valores em torno de 1,55 kg·dm<sup>-3</sup> para solos franco-argilosos e argilosos, e de 1,85 kg·dm<sup>-3</sup> para solos arenosos, podem afetar o crescimento das raízes e conseqüentemente a produtividade vegetal.

De maneira geral, pode-se afirmar que, quanto mais elevada for a densidade global do solo, maior será sua compactação, menor será sua estruturação, menor será sua porosidade total e conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas (KIEHL, 1979).

Os níveis críticos de resistência mecânica para o crescimento radicular das plantas variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada. Entretanto, quando obtida no momento em que a umidade do solo estiver equivalendo a 2/3 da microporosidade (solo friável/macio), a maioria dos trabalhos adota a seguinte classificação de resistência à penetração (RP), estabelecida por Arshad et al. (1996): a) extremamente baixa:  $RP < 0,01$  MPa; b) muito baixa:  $0,01 \leq RP < 0,1$  MPa; c) baixa:  $0,1 \leq RP < 1,0$  MPa; d) moderada:  $1,0 \leq RP < 2,0$  MPa; e) alta:  $2,0 \leq RP < 4,0$  MPa; f) muito alta:  $4,0 \leq RP < 8,0$  MPa e g) extremamente alta:  $RP > 8,0$  MPa.

Outro fator importante está na uniformidade das sementes de uma mesma espécie e cultivar, além de possíveis tratamentos que as mesmas podem sofrer para que se possa evitar o ataque de patógenos e pragas do solo. Os produtos utilizados para o tratamento das sementes, tais como inoculantes, inseticidas e fungicidas, alteram seu coeficiente de atrito dificultando que as mesmas se alojem nos alvéolos

dosadores das semeadoras, alterando o fluxo das sementes causando uma desuniformidade na semeadura. Por esse motivo, é recomendado, na maioria das vezes, o uso de grafite como lubrificante seco (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

A definição da dosagem de sementes depende da população de plantas desejada e da qualidade das sementes (vigor e porcentagem de germinação), as quais determinarão a quantidade de sementes a serem dosadas por metro (CASÃO JUNIOR et al., 2001).

A profundidade de semeadura recomendada para as sementes depende de vários fatores. Sementes de plantas dicotiledôneas como feijão e soja, por exemplo, ao germinarem levam seus cotilédones para fora do solo, sendo sensíveis a semeaduras profundas principalmente com a ocorrência de impedimentos sobre as mesmas como torrões, pedras e crostas superficiais sobre o terreno resultando em maior gasto de energia proveniente da semente. Isso vai resultar em uma planta de baixo vigor ou até mesmo em alguns casos onde a quantidade de obstáculos é tão grande que a plântula não consegue emergir (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

As gramíneas como o milho e o sorgo, por exemplo, que são monocotiledôneas, ao emergirem deixam a semente no solo, alongando o mesocótilo no interior do solo e colocando o coleóptilo acima da superfície (parte verde da planta). No entanto, não deixam de ser sensíveis à profundidade do solo e crostas superficiais. No caso de sementes miúdas como as de sorgo, nas quais, a reserva de amido é muito pequena, uma semeadura profunda pode impedir a emergência da plântula, pois esta consumirá toda sua reserva de amido antes de chegar à superfície (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

A temperatura do solo está intimamente influenciada pela sua cobertura. Se existir uma cobertura morta no solo, este apresentará temperaturas mais amenas e adequadas para uma boa germinação quando comparado com um solo desprotegido. Pelo mesmo motivo, a umidade do solo também é maior, obtendo-se desta forma um duplo efeito benéfico da cobertura morta sobre o solo, principalmente em regiões onde a temperatura do solo tende a se elevar muito e a umidade existente é precária (BALASTREIRE, 1990).

É necessário observar, também, o espaçamento e a densidade de semeadura recomendados para cada espécie. A densidade depende da população de plantas e da qualidade da semente (vigor e porcentagem de germinação), as quais vão determinar a quantidade de sementes a serem dosadas por metro. Outro aspecto importante no plantio direto, relativo ao ambiente das sementes, é evitar a ocorrência de selamento superficial, torrões e pedras sobre o sulco de semeadura que dificultam a emergência das plântulas (CASÃO JUNIOR & SIQUEIRA, 2006).

Um bom contato entre a semente e o solo úmido auxilia na transferência de umidade para a semente. Se o solo estiver solto ao redor da semente, ocorrem os chamados bolsões de ar, impedindo que a semente entre em contato íntimo com as partículas do solo e absorva água e nutrientes podendo assim não germinar. No entanto, se o solo for excessivamente compactado, irá prejudicar a germinação devido à eliminação de macroporos condutores de umidade e a formação de crostas sobre as sementes impedindo a plântula de emergir (BALASTREIRE, 1990).

Ortolani et. al., (1991) relata que os fatores físicos do solo são diretamente influenciados pelo seu estado de compactação, sendo a compactação definida como um incremento da densidade global do solo com redução dos espaços porosos. Estes mesmos autores mostraram também que a compactação do solo na região da semente altera a umidade, o comportamento térmico, a resistência mecânica e o comportamento das plantas.

## **2.4. Unidade de semeadura**

São elas que possuem os componentes que atuam diretamente com o solo. Na grande maioria das vezes o sulco de fertilizante está alinhado com o de sementes. Somente em situações em que o solo apresenta baixa resistência à penetração consegue-se desalinhar esses sulcos. Desta forma deve-se regular bem a profundidade do sulco de adubo e sementes, para que não fiquem juntos. As unidades de semeadura devem realizar todas as funções de uma semeadora excetuando-se a dosagem de

fertilizante e sementes, responsabilidade dos sistemas de dosagem e condução (CASÃO JUNIOR & SIQUEIRA, 2006).

O aterramento é essencial para dar condições de germinação às sementes. A cobertura do sulco com palha contribui para um ambiente adequado, mantendo o teor de água e a temperatura mais apropriados para uma melhor emergência das plantas. Com um sistema de aterramento e cobertura adequados é possível a obtenção do denominado “plantio direto invisível”, ou seja, que após a semeadura não se observem indícios de revolvimento do solo, com manutenção da cobertura vegetal sobre o terreno (CASÃO JÚNIOR & FREITAS, 2005).

Comparado a um solo coberto, o solo descoberto no sulco de semeadura é aquecido, perde água mais rapidamente, pode ser selado na superfície, erodido e permitir o aumento da ocorrência de plantas daninhas, entre outros problemas. Assim, componentes aterradores, que retornem o solo e a palha anteriormente removidos pelos sulcadores, são muito importantes (CASÃO JÚNIOR & CAMPOS, 2004).

Para a obtenção de um sistema de plantio direto com qualidade e com baixa exposição do solo após a semeadura, diversos sistemas têm sido utilizados, como pequenas angulações nas rodas de controle de profundidade e de compactação, visando retornar o solo e a palha que foram mobilizados pelos sulcadores (discos e haste) (CASÃO JÚNIOR & CAMPOS, 2004).

A maioria das semeadoras de precisão existentes no mercado nacional não possuem componentes aterradores especializados. Que pode ser explicado pela pouca quantidade de palha no sistema plantio direto. O que predomina são máquinas com discos duplos desencontrados para abertura de sulco e com rodas paralelas de controle de profundidade para sementes, sendo as mais modernas oscilantes, seguidas de roda compactadora em “V”, com possibilidade de alterar sua abertura frontal e vertical, mas não conseguem retornar principalmente a palha de volta ao sulco (CASÃO JUNIOR et al., 2008).

Segundo Casão Junior & Siqueira (2006), a inclinação das rodas compactadoras em “V” não é suficiente para um bom aterramento, principalmente quanto à palha que é lançada lateralmente ao sulco a mais de dez centímetros pelos componentes

rompedores de solo. Aumentando-se o diâmetro dessas rodas pode-se conseguir um melhor aterramento, mas perde-se no efeito de compactação (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

Nos últimos anos têm surgido mais fabricantes preocupados com esses componentes. Os discos aterradores para trazer o solo e palha ao sulco foram muito usados no passado no sistema de semeadura convencional, sendo que quatro fabricantes usam atualmente em suas máquinas. Outros seis fabricantes utilizam rodas aterradoras de formato cônico e inclinadas, em ângulo de  $20^{\circ}$  a  $25^{\circ}$  em relação à direção de deslocamento da máquina, as quais podem ser de ferro fundido, estampado ou recobertas com borracha. Outros fabricantes têm o componente, mas a regulação de abertura não é superior a  $10^{\circ}$ . Em dinâmicas de máquinas promovidas pelo IAPAR vários fabricantes manifestaram interesse em introduzir esses componentes como alternativas para suas semeadoras (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

Atualmente, várias indústrias adotam algum componente para retorno do solo e da palha à superfície do sulco recém-aberto. Importante observar-se ainda que discos e rodas aterradoras têm a eficiência grandemente diminuída com o aumento da umidade do solo, em função da aderência de solo aos mecanismos (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

Casão Junior & Siqueira (2004) observou que as semeadoras-adubadoras dotadas de haste sulcadora sem mecanismo de aterramento para acabamento de semeadura acarretaram redução de 33% da palha após a passagem da mesma, enquanto que as semeadoras com disco duplo removeram apenas 10%. O mesmo autor em avaliação de 60 máquinas observou que as semeadoras que não possuíam discos aterradores reduziram de 16% a 48% a cobertura original com palha e as que possuíam discos aterradores reduziram de 10% a 24%. Assim, a utilização de mecanismos aterradores são necessários visando o menor enterrio de palha.

O sistema de plantio direto permite o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, os quais, por possuírem baixa densidade, alta susceptibilidade à deformação e elasticidade, podem atuar como um colchão, dissipando parte das cargas aplicadas sobre o solo. Assim, Dao (1996) e Acharya & Sharma (1994) observaram que a



presença de resíduos na superfície do solo reduziu a compactação superficial do solo, em comparação com solo sem resíduos na superfície.

Contrariamente, Gupta et al. (1987) não observaram diferenças significativas na densidade do solo, quando o mesmo foi submetido a tráfego tendo diferentes quantidades de resíduos de milho na superfície. Entretanto, observaram que o aumento na quantidade de palha na superfície reduziu a pressão atuante no solo, medida a 20 cm de profundidade, bem como reduziu o afundamento superficial, confirmando a hipótese de que os resíduos superficiais podem dissipar cargas aplicadas sobre o solo.

Após o aterramento, há necessidade de se compactar o solo sobre as sementes, para que estas absorvam água com mais facilidade. São as rodas compactadoras as responsáveis pela compactação do solo sobre as sementes e, conseqüentemente, por evitar que ocorram bolsões de ar e selamento superficial sobre o solo (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

Nas curvas, as rodas compactadoras em “V” podem deslocar-se da linha de semeadura, compactando na posição incorreta ou até desenterrando sementes. Rodas cônicas, revestidas com borracha lisa, podem, em solos úmidos e sem cobertura de palha, provocar selamento superficial. Uma boa alternativa são as rodas cônicas revestidas de borracha com um sulco interno, para não compactar sobre as sementes mas sim ao lado, e com ressaltos, para evitar o selamento (CASÃO JÚNIOR & SIQUEIRA, 2006).

No entanto, se o solo for excessivamente compactado irá prejudicar a germinação devido à eliminação dos macroporos condutores de umidade e a formação de crostas sobre a semente impedindo a plântula de emergir (CASÃO JÚNIOR & FREITAS, 2005).

As rodas compactadoras têm a função de melhorar o contato entre o solo e a semente por meio da aplicação de uma pressão lateral e sobre o sulco de semeadura, provocando leve compactação e deixando o solo diretamente sobre a semente, solto o suficiente para facilitar a emergência das plântulas (FURLANI et. al., 2004).

Segundo Balastreire (1990), em grande parte das semeadoras disponíveis no Brasil pode-se realizar o controle da compactação sobre a semente por meio das rodas

compactadoras ou rodas de controle de profundidade. Este mesmo autor afirma que algumas rodas possuem um alívio central na linha de semeadura ou apresentam rodas duplas em “V”, para evitar a compactação excessiva sobre as sementes.

Em grande parte das semeadoras–adubadoras de precisão, o controle de profundidade, de distribuição de sementes e da compactação do solo sobre estas são feitos pela mesma roda que, além de compactadora, passa a se chamar também de roda limitadora de profundidade (BALASTREIRE, 1990).

Em solos pegajosos, existe a tendência da roda compactadora acumular o solo úmido sobre a banda de rodagem, fato este observado quando a semeadura é realizada com pouca quantidade de palha sobre a superfície do solo, ou convencionalmente. Este fato exige a colocação de limpadores nas rodas compactadoras, uma vez que o diâmetro da roda está associado à quantidade de sementes distribuídas, pois as rodas compactadoras, via de regra, são utilizadas como elemento de acionamento dos dosadores de sementes (BALASTREIRE, 1990).

Os limpadores, porém, aumentam o patinamento das rodas compactadoras. Por esse motivo uma solução mais adequada é a utilização de pneus de borracha sem câmara, adaptados nas rodas compactadoras ou em aros especiais. Como esses pneus são flexíveis, impedem o acúmulo de solo sobre a banda de rodagem (BALASTREIRE, 1990).

Os projetos desses pneus são os mais diversos, dependendo do fabricante. Alguns desses pneus possuem estrias para auxiliar no acionamento dos mecanismos dosadores de sementes, diminuindo o patinamento e, ao mesmo tempo, possibilitando uma maior uniformidade de distribuição de sementes e a formação de crostas sobre o sulco de semeadura. Outros possuem alívio central para evitar o excesso de compactação sobre as sementes sensíveis a este fator. Outros, ainda, possuem saliências para compactar diretamente sobre as sementes, quando estas exigem este cuidado, como as sementes de beterraba (BALASTREIRE, 1990).

Vários autores têm procurado estudar a relação máquina-solo-planta em ensaios de semeadura utilizando rodas compactadoras.

Ortolani et al., (1991) falam sobre a importância das rodas compactadoras por serem agentes modificadores do meio ambiente físico do solo. Embora isso ocorra, poucos são os trabalhos sobre a forma, tamanho e pressão de compactação que devem apresentar as rodas compactadoras das semeadoras-adubadoras. A compactação do solo por rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras altera o comportamento hídrico do solo na região de semeadura. No local onde o solo sofre maior compactação há maior quantidade de umidade armazenada que em locais onde o solo sofreu pouca ou nenhuma compactação. Relataram que a pressão aplicada ao solo pelas rodas compactadoras estudadas, elevou a densidade global e a resistência à penetração no plano vertical da linha de semeadura no sistema de plantio convencional.

Furlani et al. (2001), combinando três profundidades de semeadura da cultura do milho com quatro níveis de compactação do solo sobre as sementes, não encontraram influência desses fatores sobre o número médio de dias para emergência das plântulas.

Por outro lado, conforme observado por HANNA et al. (2008), em um ensaio conduzido com milho em Ames, Iowa, EUA, para solos com umidade em torno de 21% cargas mais leves nas rodas controladoras de profundidade resultaram em uma emergência mais rápida.

Em trabalho conduzido com diferentes tipos de rodas compactadoras na semeadura da soja, Hummel et al., (1981) afirmaram que o desempenho da roda compactadora teve considerável influência sobre o meio ambiente do solo em torno da semente. Relataram, ainda, que a compactação aplicada sobre o solo através de rodas compactadoras pode ou não ser benéfica à germinação das sementes e emergência das plântulas, dependendo do nível de compactação, do desenho da roda, do teor de água do solo e das condições climáticas entre o período de semeadura e emergência.

Silva et al. (1991), verificaram a influência de quatro modelos de rodas compactadoras sobre o condicionamento físico do solo, utilizando-se três níveis de compactação condizentes com o processo de semeadura, e afirmaram que as mesmas alteram o comportamento hídrico do solo na região de semeadura, além de elevar a densidade e a resistência à penetração no plano vertical da linha de semeadura. A velocidade de emergência e emergência total das plantas de feijoeiro foram afetadas

pelas pressões de compactação. À medida que, a compactação aumentou, as plântulas tiveram sua emergência retardada e diminuída para todas as rodas testadas.

Coan et al. (1986), trabalhando com a cultura do feijão, verificaram que aumentando a profundidade de semeadura houve uma diminuição e retardamento na emergência de plântulas. Coan (1996), estudando o efeito da profundidade de semeadura e da compactação do solo sobre a semente e no comportamento da aveia preta, verificou que a emergência, o desenvolvimento e a produção de matéria seca acumulada na parte aérea das plantas foram maiores para a combinação da profundidade de 3 cm e aplicação de carga de 100 N, enquanto que a semeadura na profundidade de 1 cm sem compactação prejudicou o estande e o crescimento inicial das plantas. Por outro lado, a carga de 150 N foi prejudicial às plantas, alterando o comportamento físico do solo avaliado por meio da densidade do solo e do índice de cone.

No trabalho desenvolvido por Morrison Jr. (1988), conduzido em Temple, região central do Texas, EUA, com culturas de trigo, sorgo e algodão, observa-se que a elevação da umidade eleva a emergência. Neste trabalho, também se observou que maiores temperaturas também elevam a emergência, diferente do que se esperaria em experimentos conduzidos no Brasil. Essa diferença pode ser explicada devido aos ensaios ocorrerem com plantio realizado no início da primavera, sucedendo o rigoroso inverno típico de um país com clima temperado, como os EUA.

No trabalho de Du, et al.(2004), conduzido em Temple, região central do Texas, EUA, com culturas de trigo e sorgo, em solo com palhada de milho, observou-se que para a cultura do sorgo, a elevação na profundidade de semeadura resultou em uma pequena, mas significativa, elevação na altura da plantas após 28 dias da semeadura.

Fernandes & Ortolani (1988), estudando a emergência e desenvolvimento do sorgo sacarino não verificaram influência das profundidades de semeadura, tanto na ausência como na presença de compactação da linha de semeadura. Entretanto, os tratamentos que não receberam compactação apresentaram valores superiores aos compactados quanto a altura das plantas, velocidade de emergência das panículas e produção.

Abrecht (1989) estudou o efeito da profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora no estabelecimento de algumas culturas, em sistema de semeadura direta no norte da Austrália, não encontrando nenhum efeito da pressão da roda sobre a taxa de emergência, população de plantas ou no crescimento das plântulas. Também Coelho (1979), não encontrou diferenças significativas ao verificar a influência da profundidade de semeadura e da compressão do solo sobre as sementes, na emergência e desenvolvimento inicial da cultura de soja. Por outro lado, Justino (1982), verificou a influência da profundidade de semeadura e intensidade de compactação do solo sobre as sementes, na emergência e crescimento inicial das plantas de amendoim. Seus resultados evidenciaram a interação entre profundidade e compactação no peso de matéria seca das partes aéreas das plantas.

A pressão no solo sobre as sementes pode ser benéfica devido ao bom contato solo-semente proporcionado e restauração da capilaridade, permitindo o movimento ascendente de água até a semente em condições ideais do teor de água do solo (Flake & Brinkman, 1979, 1980, citados por Wurr & Fellows, 1985). Estes autores afirmam que as semeadoras comerciais possuem rodas compactadoras que influem na uniformidade e a porcentagem de emergência. Eles consideram importante examinar o efeito sobre a germinação, emergência e crescimento de plântulas, da profundidade de semeadura, sob diferentes condições ambientais, utilizando diferentes cargas sobre as rodas compactadoras de semeadoras.

Stefanutti (1979), trabalhando com um único modelo de roda, mudando apenas as cargas de compactação, constatou a alteração de valores para densidade e temperatura do solo em relação à profundidade, comprovando que a modificação do comportamento físico proporcionado a semente e plântulas é provocada apenas pela regulação de carga da roda compactadora sobre o solo.

Segundo dos Reis et al. (2004) observaram que os tratamentos estudados não interferiram no índice de velocidade de emergência; que o mecanismo de abertura do sulco tipo disco duplo proporcionou maiores valores de profundidade de plantio, nos maiores teores de água e menor porcentagem de emergência, e o uso do elemento compactador de borracha proporcionou maior profundidade de plantio, sendo que,

mesmo apresentando maior peso aplicado sobre o solo, causou menor pressão aplicada sobre a semente, em virtude de possuir maior área de contato com o solo.

## **2.5. Culturas semeadas**

### **2.5.1. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**

Gramínea rústica de rápido crescimento, que suporta seca prolongada, opção forrageira com vários rebrotes (2 ou mais), podendo ainda ser usada como planta e cobertura na entressafra (agosto a outubro; fevereiro a abril). Pode ser semeada usando-se 8 a 10 kg.ha<sup>-1</sup> e produzir de 20 a 60 t.ha<sup>-1</sup> (1 corte) de massa verde e 4 a 10 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca. Pode ser empregado em pastejo direto ou corte para forragem, em 2 a 3 cortes. Para manejo e posterior implantação de cultivos de renda recomenda-se dessecar com herbicidas. Produz resíduos de elevado teor de celulose e lignina, o que contribui com uma palhada de difícil decomposição na superfície do solo (CALEGARI, 2006).

### **2.5.2. Trigo (*Triticum aestivum* (L.))**

A cultivar de trigo BRS 220 se destaca por apresentar palha forte e excelente resistência ao acamamento. É de ciclo médio. No Paraná, apresentou média de 69 dias da emergência ao espigamento e 122 dias até a maturação. É resistente à ferrugem da folha, moderadamente resistente ao vírus do mosaico, ao oídio e às manchas foliares e suscetível ao vírus do nanismo amarelo da cevada. É moderadamente tolerante ao alumínio tóxico e suscetível à germinação pré-colheita. Tem apresentado melhor desempenho em ambientes de temperaturas amenas e de boa fertilidade. Em sistema de rotação de culturas apresenta excelente rendimento com reduzida aplicação de fungicidas. No Paraná, em cinco anos de ensaios, apresentou produtividade média de 4.050 kg.ha<sup>-1</sup> (CNPTIA, 2009).

### **2.5.3. Feijão (*Phaseolus vulgaris* (L.))**

As características da cultivar de feijão – IAPAR 81 são: cultivar do grupo carioca, de porte ereto, hábito de crescimento indeterminado, guias curtas a médias, com possibilidade de colheita mecânica direta. O tempo médio até o florescimento é de 43 dias, o ciclo médio é de 92 dias da emergência a colheita. Em 15 ensaios conduzidos em diversas regiões do Paraná, apresentou rendimento médio 6% superior ao da cultivar Carioca. Em avaliações efetuadas no campo apresentou-se como moderadamente tolerante ao déficit hídrico e alta temperatura ocorridos durante a fase reprodutiva. As sementes possuem tegumento bege claro com listras marrom claras, teor médio de proteína de 22% e tempo médio de cozimento de 28 minutos. O peso médio de mil sementes é de 251g. É adaptada ao sistema orgânico de cultivo (CIRINO et. al., 2000).

### **2.5.4. Soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**

As características da cultivar de soja – BRS 184 são: cultivar do grupo de maturação precoce, hábito de crescimento determinado, a cor da flor é roxa, a cor da pubescência é marron, altura média das plantas de 83 cm, altura média de inserção de vagens de 12 cm sendo tolerante ao acamamento (CNPSO, 2009).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área experimental

##### 3.1.1. Caracterização

O estudo foi realizado na cidade de Londrina, PR, na Estação Experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), cujas coordenadas geográficas são: latitude 23° 22' S, longitude 51° 10' W e altitude 585 m. O clima na região segundo a classificação de Koeppen é subtropical, constantemente úmido, macrotérmico (cfa), com precipitação média anual de 1610 mm e temperatura média anual de 21° C.

As áreas demarcadas para os ensaios corresponderam a dois talhões da fazenda experimental que se encontravam em sistema plantio direto à vinte e dois anos.

O solo da área experimental foi classificado segundo Embrapa (1999), como Latossolo Vermelho distroférrico com mais de 70% de teor de argila.

##### 3.1.2. Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal que antecedeu o trabalho foi o trigo (*Triticum aestivum* (L.)), para a cultura do feijão, e o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), para a cultura da soja.

Feita a semeadura das coberturas vegetais, e passado o período de 3 meses para o desenvolvimento das mesmas, estas foram então dessecadas e manejadas com rolo-faca, deixando as áreas preparadas para a semeadura na ocasião de cada cultura do experimento. Na Tabela 1 são apresentados os períodos em que ocorreram cada um destes eventos, tanto nos experimentos com o feijão, quanto nos com a soja.



Tabela 1. Operações agrícolas nas plantas de cobertura e culturas da soja e feijão.

| <b>Operação</b>      | <b>Feijão</b>        | <b>Soja</b>          |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| Semeadura do Trigo   | Fev/2003             | -                    |
| Dessecação do Trigo  | Maio/2003            | -                    |
| Semeadura do Sorgo   | -                    | Nov/2004             |
| Dessecação do Sorgo  | -                    | Fev/2005             |
| Manejo com rolo-faca | 2ª quinzena Mai/2003 | 1ª quinzena Mar/2005 |
| Semeadura cultura    | 1ª quinzena Jun/2003 | 2ª quinzena Mar/2005 |
| Tempo de condução    | 30 dias              | 30 dias              |

### 3.1.3. Dados Climatológicos

O dados meteorológicos de precipitação pluvial, umidade relativa e temperatura do ar foram obtidos na Estação Meteorológica Convencional do IAPAR fiscalizada pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia). Tais informações são monitoradas nos horários das 09:00, 15:00 e 21:00 horas diariamente.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de temperatura do ar, precipitação pluvial e umidade relativa do ar, nos períodos dos experimentos do feijão e da soja.

Tabela 2. Dados climatológicos do local do experimento.

| <b>Mês</b>                     | <b>Tmax</b> | <b>Tmin</b> | <b>Tmed</b> | <b>UR</b>  | <b>Precipitação</b> |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------------|
|                                | <b>(°C)</b> | <b>(°C)</b> | <b>(°C)</b> | <b>(%)</b> | <b>(mm)</b>         |
| <b><i>Feijão (2003)</i></b>    |             |             |             |            |                     |
| Abril                          | 32,5        | 9,6         | 22,3        | 67,5       | 122,5               |
| Maio                           | 29,9        | 6,9         | 17,9        | 67,7       | 54,2                |
| Junho                          | 28,2        | 11,0        | 19,3        | 73,2       | 29,5                |
| Julho                          | 29,4        | 5,3         | 18,0        | 69,6       | 83,8                |
| Agosto                         | 31,3        | 5,3         | 16,6        | 59,4       | 48,2                |
| Setembro                       | 36,0        | 5,2         | 20,2        | 60,5       | 70,0                |
| <b><i>Soja (2004/2005)</i></b> |             |             |             |            |                     |
| Novembro                       | 34,2        | 13,2        | 22,9        | 65,8       | 127,0               |
| Dezembro                       | 33,2        | 14,2        | 23,2        | 70,6       | 128,9               |
| Janeiro                        | 32,5        | 17,4        | 23,7        | 83,6       | 408,6               |
| Fevereiro                      | 36,0        | 14,8        | 24,5        | 64,8       | 26,5                |
| Março                          | 37,0        | 15,6        | 24,8        | 63,9       | 69,5                |
| Abril                          | 33,6        | 11,2        | 23,6        | 66,8       | 72,6                |

## 3.2. Equipamentos e insumos agrícolas

### 3.2.1. Equipamentos

- Rolo faca construído pelo IAPAR, montado ao engate de três pontos do sistema hidráulico do trator, possuindo dois metros de largura de trabalho, 0,6 m de diâmetro do rolo, lastrado com 70% de água nos pneus traseiros, 11 facas com 0,1 m de altura cada em relação a superfície do rolo, trabalhando em nível com as facas cruzando a linha de deslocamento da semeadora, como é realizado nas propriedades rurais com uso de terraceamento;
- Pulverizador marca Jacto, modelo Condor M12, tanque com capacidade para 600 L de calda, barra com 12 m de comprimento, 24 pontas de pulverização tipo leque, espaçadas de 0,5 m, com a pressão do manômetro de 275,79 kPa, para dessecação da vegetação existente na área experimental no momento da semeadura das culturas de feijão e soja e para dessecação das coberturas vegetais no final de seu ciclo;
- Protótipo constituído de oito modelos de sistema de acabamento de semeadura, sendo um da semeadora de plantio direto PST<sup>2</sup> D44, da Marchesan, ano 1996. Os demais foram propostas de alteração deste, introduzindo-se mudanças no sistema de controle de profundidade de sementes e também nos componentes de aterramento e compactação. A unidade de semeadura é composta de um disco de corte de 17" (431,8 mm) de diâmetro, uma haste sulcadora desenvolvida pelo IAPAR, apresentando ponteira com 20 mm de espessura da ponteira, ângulo de ataque de 20° e formato parabólico, e disco duplo desencontrado de 381 mm para deposição das sementes.

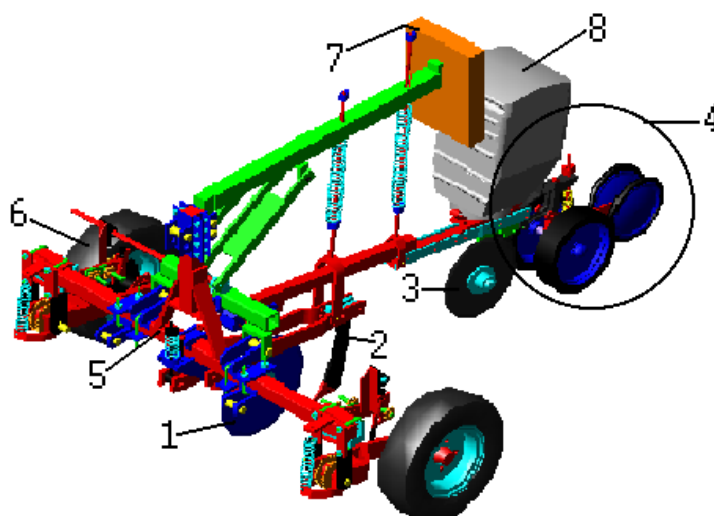


Figura 1. Protótipo de unidade de semeadura composto de: 1- disco de corte; 2- haste sulcadora; 3- disco duplo desencontrado; 4- sistemas de controle de profundidade de sementes, aterramento e compactação; 5- chassi; 6- rodas acionadoras; 7- contra peso; 8- depósito de sementes. Fonte: Casão Junior & Campos, 2004.

Os oito modelos de sistema de acabamento de semeadura foram utilizados nas operações de semeaduras, as quais foram executadas no sistema plantio direto. Os modelos foram regulados para distribuição de sementes de acordo com as características (vigor e poder germinativo) e recomendações da cultivar implantada, na profundidade recomendada.

Cada roda compactadora foi regulada no campo na posição de trabalho e regulação final, levantando-se com o gancho ligado a uma balança de tração eletrônica, marca DIGI-TRON, modelo UL 200, capacidade máxima de 200 kgf e mínima de 1 kgf, sendo o erro de 0,005 kgf, na iminência de levantar do solo, para não dar mais pressão nas molas. Nos tratamentos em que não existiam rodas de controle de profundidade na unidade semeadora, o procedimento foi realizado da mesma forma. Nestes a roda compactadora ficou bem mais pesada pois não sofreu somente a ação da mola e sim do peso do conjunto que tem o disco duplo e se articula à frente. Os valores obtidos, de carga aplicada pelas rodas compactadoras, encontram-se no capítulo de resultados

As características dimensionais de cada componente utilizado nos ensaios, foram levantadas e registradas conforme está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Características dimensionais de cada um dos elementos utilizados durante os experimentos.

| <b>Elemento</b>                                       | <b>Dimensões</b>                       |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Disco de corte                                        | Ø 482mm                                |
| Disco duplo                                           | Ø 381mm                                |
| Disco aterrador                                       | Ø 280mm                                |
| Rodas de controle de profundidade paralelas           | Ø 356mm x largura 90mm                 |
| Roda aterradora / controladora de profundidade cônica | Øext 340mm x Øint 340mm x largura 67mm |
| Roda compactadora em “ V”                             | Ø 305mm x largura 25mm                 |
| Roda compactadora lisa média larga                    | Ø 330mm x largura 180mm                |
| Roda compactadora média larga                         | Ø 330mm x largura 180mm x sulco 30mm   |
| Roda compactadora grande larga                        | Ø 533mm x largura 70 mm x sulco 30mm   |
| Roda compactadora lisa pequena                        | Ø 241mm x largura 95mm                 |
| Roda compactadora pequena com sulco                   | Ø 267mm x largura 70mm x sulco 25mm    |

### 3.2.2. Insumos agrícolas

Para a implantação do experimento utilizaram-se sementes de sorgo forrageiro, trigo, feijão e soja com as seguintes características e quantidades:

- 25 kg·ha<sup>-1</sup> de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench);
- 150 kg·ha<sup>-1</sup> de sementes de trigo (*Triticum aestivum* (L.))
- Sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* (L.)), cuja cultivar utilizada foi a IAPAR 81 com poder germinativo de 94% e vigor de 65%. Objetivando-se obter uma população final de 240.000 plantas de feijão por hectare, em espaçamento de 45 cm entre linhas. Os protótipos foram regulados de acordo com as

possibilidades de combinações de engrenagens, para distribuir 11,5 sementes por metro, a uma profundidade de 4 cm em relação à superfície do terreno.

- Sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cuja cultivar utilizada foi a BRS 184 com poder germinativo de 96% e vigor de 85%. Objetivando-se obter uma população final de 390.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, em espaçamento de 45 cm entre linhas. Os protótipos foram regulados de acordo com as possibilidades de combinações de engrenagens, para distribuir 18,3 sementes por metro, a uma profundidade de 6 cm em relação à superfície do terreno.

### **3.3. Delineamento experimental**

O trabalho foi conduzido em delineamento experimental em blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições para a cultura do feijão e três repetições para a cultura da soja, sendo que, cada tratamento constituiu-se de um sistema de acabamento de semeadura.

### 3.4. Descrição dos tratamentos

Tabela 4. Constituição dos tratamentos, avaliados no estudo de oito sistemas de acabamento de semeadura na cultura do feijão.

|                             |                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tratamento: 1F (Testemunha) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discos duplos desencontrados</li> <li>• Rodas de controle de profundidade paralelas</li> <li>• Rodas compactadoras em “V”</li> </ul>                             |
| Tratamento: 2F              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discos duplos desencontrados</li> <li>• Rodas de controle de profundidade inclinadas 10°</li> <li>• Rodas compactadoras em “V”</li> </ul>                        |
| Tratamento: 3F              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discos duplos desencontrados</li> <li>• Rodas de controle de profundidade cônicas e paralelas</li> <li>• Roda compactadora estreita e lisa</li> </ul>            |
| Tratamento: 4F              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discos duplos desencontrados</li> <li>• Rodas de controle de profundidade cônicas e paralelas</li> <li>• Roda compactadora estreita com sulco interno</li> </ul> |

---

**Tratamento: 5F**

---



- Discos duplos desencontrados
- Discos aterradores
- Roda compactadora larga e lisa

---

**Tratamento: 6F**

---



- Discos duplos desencontrados
- Discos aterradores
- Roda compactadora larga com garras e sulco interno

---

**Tratamento: 7F**

---



- Rodas de controle de profundidade paralelas
- Discos duplos desencontrados
- Discos aterradores
- Roda compactadora estreita e lisa

---

**Tratamento 8F**

---



- Rodas de controle de profundidade paralelas
  - Discos duplos desencontrados
  - Discos aterradores
  - Roda compactadora estreita com sulco interno
-

Tabela 5. Constituição dos tratamentos, avaliados no estudo de oito sistemas de acabamento de semeadura na cultura da soja.

---

Tratamento: 1S (Testemunha)

---



- Discos duplos desencontrados
  - Rodas de controle de profundidade paralelas
  - Rodas compactadoras em "V"
- 

Tratamento: 2S

---



- Discos duplos desencontrados
  - Rodas de controle de profundidade inclinadas 10°
  - Rodas compactadoras em "V"
- 

Tratamento: 3S

---



- Discos duplos desencontrados
  - Rodas de controle de profundidade cônicas e inclinadas 20°
  - Roda compactadora estreita e lisa
- 

Tratamento: 4S

---



- Discos duplos desencontrados
  - Rodas de controle de profundidade cônicas e inclinadas 20°
  - Rodas compactadoras em "V"
- 

Tratamento: 5S

---



- Discos duplos desencontrados
  - Discos Aterradores
  - Roda compactadora larga e lisa
-



---

**Tratamento: 6S**

---



- Discos duplos desencontrados
- Discos aterradores
- Roda compactadora larga com garras e sulco interno

---

**Tratamento: 7S**

---



- Rodas de controle de profundidade paralelas
- Discos duplos desencontrados
- Discos aterradores
- Rodas compactadoras em "V"

---

**Tratamento: 8S**

---



- Rodas de controle de profundidade paralelas
  - Discos duplos desencontrados
  - Discos aterradores
  - Roda compactadora larga com garras e sulco interno
- 

### **3.5. Instalação e condução dos experimentos**

Os blocos estavam dispostos no campo, um seguido do outro, com espaço de sete metros entre eles para permitir as manobras necessárias com o trator.

As parcelas experimentais correspondiam a uma passada da unidade de semeadura em um percurso de vinte metros em linha reta, semeando feijão e soja. Estas estavam distanciadas três metros uma da outra, dentro do bloco, para que o trator pudesse trafegar entre as mesmas evitando assim que a roda passasse sobre uma linha já semeada, e também, em casos de perda de parcelas causadas pelo não funcionamento de algum componente da máquina, para que o procedimento pudesse ser repetido no mesmo local, sem a ocorrência de amassamento, garantindo a confiabilidade do ensaio.

### 3.6. Atributos de caracterização do solo

#### 3.6.1. Teor de água no solo

Para determinar o teor de água no solo, foi utilizado o método gravimétrico padrão, baseado na massa de solo seco em estufa à temperatura de 105°C (+/- 2°C) até massa constante, conforme EMBRAPA (1997a).

O solo foi coletado com uso de trado nas camadas entre 0 a 5 cm e 5 a 10 cm sendo colocado em cápsulas de alumínio com tampas, e obtendo-se a massa em uma balança digital de precisão de 0,0001 g.

Após atingir massa constante em estufa a 105°C, as cápsulas com as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente obtendo-se a massa novamente. A amostra de solo foi descartada e, após a limpeza e obtenção da tara do recipiente para determinar sua massa, foi calculada a percentagem da massa de solo correspondente à água.

O teor de água no solo foi determinado pela equação 1:

$$Ta = \frac{Mu - Ms}{Ms - T} \cdot 100, \quad (1)$$

Em que:

$Ta$  = Teor de água no solo (%)

$Mu$  = Massa úmida (g)

$Ms$  = Massa seca (g)

$T$  = Tara da cápsula (g)

#### 3.6.2. Densidade do solo

A densidade do solo, foi determinada na camada de 0 a 10 cm de profundidade, utilizando-se o método do anel volumétrico, descrito em EMBRAPA (1997a).

O método consiste na introdução de um cilindro no solo (cilindro de Uhland) que possui um volume  $V$ , depois da retirado do solo, corta-se o excesso de solo nas extremidades a fim de se ter certeza de que o solo ocupa o volume  $V$ , leva-se o conjunto a uma estufa a 105°C, por 48h até massa constante, determina-se a massa de

material sólido ( $m_s$ ) e calcula-se a densidade. A densidade obtida é a densidade aparente do solo.

A densidade do solo foi determinada pela equação 2:

$$D_s = \frac{Mc - T}{V_c}, \quad (2)$$

Em que:

$D_s$  = Densidade do solo ( $\text{g.cm}^{-3}$ );

$Mc$  = Massa do cilindro com a amostra sólida de solo (g);

$T$  = Tara do cilindro (g);

$V_c$  = Volume do cilindro, que correspondia a  $93,954 \text{ cm}^3$ .

### 3.6.3. Resistência mecânica do solo à penetração

Na determinação da resistência do solo à penetração, utilizou-se um penetrômetro, marca Soilcontrol, com haste de cone padronizado pela ASAE (1996), com ângulo de  $30^\circ$ , área basal de  $130 \text{ mm}^2$ , profundidade máxima de 600 mm, resistência máxima admissível de 76 MPa e cartões padronizados para registrar os dados.

Determinou-se a resistência mecânica do solo à penetração no dia da semeadura das culturas do feijão e soja. As medições foram realizadas até 40 cm de profundidade, na linha de semeadura, sendo os valores máximos observados registrados na unidade de kPa. Foram realizadas aleatoriamente quatro amostragens em cada parcela experimental.

### 3.6.4. Área de contato das rodas compactadoras

O cálculo da área de contato pneu-solo exercida pelas rodas compactadoras, em condições de deslocamento, ocorreu a partir da Equação 3, descrita por MIALHE (1980).

$$S = 1,005 \cdot r \cdot b, \quad (3)$$

Em que:

$S$  = Área de contato pneu-solo ( $m^2$ );

$r$  = raio da roda (m);

$b$  = largura da roda, descontado o sulco interno, quando houver (m).

A largura da roda considerada, para efeito de cálculo, é tão somente a que tocou a superfície do solo. Nas rodas dotadas de sulco interno, a largura deste foi descontada da largura total da roda.

Os dados de raio e largura da roda são apresentados na Tabela 3. Os valores de área de contato calculados são apresentados na Tabela 4 e Tabela 5.

### 3.6.5. Massa seca da cobertura vegetal

Para avaliação da matéria seca da cobertura vegetal, coletou-se com um gabarito de madeira medindo 50 cm de lado, duas amostras em cada parcela da massa vegetal da cultura do sorgo presente na superfície do solo, no momento da semeadura das culturas do feijão e soja.

Para coletar as amostras, a moldura foi lançada aleatoriamente e foi retirada toda a matéria seca da cobertura vegetal contida dentro da área do gabarito; posteriormente, o material colhido na área foi colocado em sacos de papel, foi feita a secagem até atingir massa constante em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 60°C (+/- 1°C). Após a secagem, o material foi colocado em balança digital de precisão de 0,01 g, cujos valores foram transformados em  $kg \cdot ha^{-1}$  conforme metodologia descrita por Chaila (1986).

$$Ms = \frac{Mmp}{L^2} \cdot 10^5,$$

Em que:

$Ms$  = Massa seca ( $kg \cdot ha^{-1}$ );

$Mmp$  = Massa de material seco pesado (g);

$L$  = Lado do gabarito = 50 cm.

### **3.7. Atributos de avaliação do desempenho das unidades de semeadura**

#### **3.7.1. Profundidade do sulco de semeadura**

Coletaram-se aleatoriamente 10 plantas por linha realizando-se a média para cada tratamento.

A profundidade foi medida por um bastão de ferro auxiliado por um gabarito de madeira na forma de “T”, que quando colocado de forma invertida no solo torna possível efetuar a medida em relação à superfície do terreno. O bastão foi colocado dentro do sulco até atingir a profundidade em que o solo não foi mobilizado, registrando-se a profundidade com precisão de 0,5 cm.

#### **3.7.2. Profundidade de semeadura**

Determinada pela medida do hipocótilo que se encontrava dentro do solo, após a emergência das plântulas. Foram retiradas e medidas plântulas em dez posições na parcela, realizando-se a média de cada tratamento.

#### **3.7.3. Índice de sementes expostas**

Esse parâmetro foi obtido mediante a contagem das sementes que ficaram expostas na superfície do solo, ao longo de toda a parcela experimental, logo após a semeadura. O índice de sementes expostas por hectare foi determinado pela relação percentual entre o número de sementes expostas e o número total de sementes distribuídas na operação de semeadura.

#### **3.7.4. Selamento superficial do sulco**

Baseando-se na metodologia descrita por Laflen et al. (1981), foi utilizada uma corda com demarcações distanciadas a 15 cm uma da outra, onde cada marcação da

corda coincidente com trechos de selamento foi considerada como ponto percentual de selamento do sulco.

### **3.7.5. Qualidade de aterramento do sulco**

Com o auxílio da mesma corda, foi determinada a porcentagem de sulcos aterrados, onde cada marcação coincidente com trechos aterrados foi considerada como ponto percentual para sulco aterrado.

### **3.7.6. Porcentagem da cobertura vegetal após a semeadura**

Com o auxílio da mesma corda, foi determinada a porcentagem da área coberta com a cobertura vegetal, onde cada marcação coincidente com trechos cobertos com palha foi considerada como ponto percentual para indicar a quantidade da cobertura vegetal após a semeadura.

### **3.7.7. Redução da porcentagem da cobertura vegetal**

Com o auxílio da mesma corda, foi determinada a porcentagem da redução da cobertura vegetal, calculada pela diferença entre duas linhas feitas antes e após a semeadura. Estas linhas são posicionadas cruzando o sulco em diagonal em “x” realizando-se duas leituras antes e duas após. As marcações das cordas coincidentes com pontos com cobertura vegetal foram consideradas como pontos percentuais da cobertura vegetal.

A porcentagem de redução da cobertura foi determinada pela equação:

$$R_p = \frac{P_A - P_D}{P_A} \cdot 100, \quad (4)$$

Em que,

$R_p$  = Redução de Palha devido a ação da semeadora;

$P_A$  = Percentual de palha antes da ação da semeadora;

$P_D$  = Percentual de palha depois da ação da semeadora.

### **3.7.8. Emergência de plântulas**

A emergência de plântulas foi determinada pela contagem do número de plântulas nos dez metros centrais de cada parcela experimental, ou seja, cada linha de semeadura. A contagem das plântulas emergidas foi realizada diariamente até que o número se apresentasse constante.

Os resultados do total de plântulas emergidas foram expressos em percentual.

### **3.8. Análise estatística dos dados**

Os resultados obtidos dos atributos de avaliação do desempenho das unidades de acabamento de semeadura foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o Teste F (Fischer). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. Ambos os testes foram realizados com nível de significância de 5% e 1% de probabilidade, conforme proposto por ZIMMERMANN (2004), utilizando-se o software SAS.

Foi elaborada uma matriz de correlação. Nesta matriz cada célula contém o valor calculado da correlação entre o atributo correspondente a sua linha e o atributo correspondente a sua colunas. Deste modo, tem-se a correlação entre todos os atributos avaliados, par a par. A matriz de correlação encontra-se nos Anexos. Os pares de atributos cujos valores absolutos de correção foram superiores a 0,7 foram mostrados na forma de gráficos. Os gráficos de correlação obtidos foram distribuídos ao longo do capítulo de resultados, dentro dos capítulos dos respectivos parâmetros descritos pelo eixo das abscissas, ou eixo “y”. O valor 0,7 foi obtido empiricamente, por meio de observações nas quais constatou-se que apenas casos onde as correlações estavam acima destes valores a distribuição dos pontos nos gráficos começavam a apresentar tendência.

Nos casos onde os atributos apresentaram correlação superior a 0,7 apenas em uma das culturas, também foram obtidos e analisados os gráficos, dos mesmos atributos, para a outra cultura. Quando estes gráficos apresentaram alguma tendência coerente, mesmo que pequena, os mesmos foram inseridos dentro dos capítulos da tese, conjuntamente com os gráficos da outra cultura.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variáveis de avaliação do solo

#### 4.1.1. Umidade gravimétrica do solo

Na Tabela 6 são apresentadas as umidades gravimétricas obtidas nas análises de solo dos experimentos.

Tabela 6. Umidade gravimétrica do solo na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005,

| Feijão      |                      |    | Soja        |                       |    |
|-------------|----------------------|----|-------------|-----------------------|----|
| Tratamento  | Umidade 0 a 5 cm (%) |    | Tratamento  | Umidade 5 a 10 cm (%) |    |
| 4F          | 29,32                |    | 3S          | 25,27                 |    |
| 8F          | 27,49                |    | 8S          | 25,20                 |    |
| 2F          | 27,45                |    | 5S          | 25,13                 |    |
| 3F          | 27,24                |    | 1S          | 25,03                 |    |
| 6F          | 27,03                |    | 2S          | 24,90                 |    |
| 5F          | 26,75                |    | 4S          | 24,90                 |    |
| 7F          | 26,52                |    | 6S          | 24,80                 |    |
| 1F          | 26,01                |    | 7S          | 24,80                 |    |
| Média       | 27,23                |    | Média       | 25,00                 |    |
| TESTE F     |                      |    | TESTE F     |                       |    |
| Tratamentos | 1,12                 | NS | Tratamentos | 0,43                  | NS |
| Blocos      | 1,28                 | NS | Blocos      | 4,71                  | *  |
| C.V. (%)    | 6,82                 |    | C.V. (%)    | 1,91                  |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

No dia da semeadura do feijão, a umidade gravimétrica média do solo na profundidade de 0 a 5 cm foi de 27,23%, sendo esta considerada ideal para a semeadura do mesmo. O fato de não apresentar variação significativa mostra que as condições do solo estavam homogêneas por ocasião da implantação da cultura e não interferiu nos tratamentos.

No dia da semeadura da soja, a umidade gravimétrica média do solo na profundidade na profundidade de 5 a 10 cm foi de 25,0%.



#### 4.1.2. Densidade do solo

Na Tabela 7 são apresentados os valores de densidade do solo obtidos nas análises de solo dos experimentos.

Tabela 7. Densidade do solo na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005, na camada de 0 a 5 cm de profundidade.

| Feijão      |                                             |    | Soja        |                                             |    |
|-------------|---------------------------------------------|----|-------------|---------------------------------------------|----|
| Tratamento  | Densidade ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) |    | Tratamento  | Densidade ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) |    |
| 6F          | 1,24                                        |    | 3S          | 1,29                                        |    |
| 8F          | 1,25                                        |    | 8S          | 1,32                                        |    |
| 5F          | 1,25                                        |    | 5S          | 1,33                                        |    |
| 4F          | 1,26                                        |    | 1S          | 1,33                                        |    |
| 2F          | 1,27                                        |    | 4S          | 1,33                                        |    |
| 7F          | 1,27                                        |    | 7S          | 1,33                                        |    |
| 1F          | 1,28                                        |    | 2S          | 1,35                                        |    |
| 3F          | 1,30                                        |    | 6S          | 1,35                                        |    |
| Média       | 1,27                                        |    | Média       | 1,33                                        |    |
| TESTE F     |                                             |    | TESTE F     |                                             |    |
| Tratamentos | 1,21                                        | NS | Tratamentos | 0,26                                        | NS |
| Bloco       | 7,52                                        | ** | Bloco       | 2,35                                        | *  |
| C.V. (%)    | 2,55                                        |    | C.V. (%)    | 5,09                                        |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Não foram observadas diferenças significativas de densidade do solo entre tratamentos, apresentando condições homogêneas por ocasião da implantação das culturas.

Na cultura do feijão a densidade média do solo na profundidade de 0 a 5 cm foi de  $1,27 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , e na cultura da soja a densidade média do solo na mesma profundidade foi de  $1,33 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , não caracterizando solos compactados, conforme dados de Bowen (1981).

#### 4.1.3. Resistência mecânica do solo à penetração

Na Tabela 8 é apresentada a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP).

Tabela 8. Resistência mecânica do solo à penetração na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                                |    | Soja        |                                |    |
|-------------|--------------------------------|----|-------------|--------------------------------|----|
| Tratamento  | Resistência à Penetração (kPa) |    | Tratamento  | Resistência à Penetração (kPa) |    |
| 7F          | 2.589                          |    | 7S          | 1.373                          |    |
| 2F          | 2.600                          |    | 1S          | 1.506                          |    |
| 1F          | 2.667                          |    | 2S          | 1.537                          |    |
| 8F          | 2.689                          |    | 5S          | 1.561                          |    |
| 3F          | 2.722                          |    | 6S          | 1.578                          |    |
| 6F          | 2.756                          |    | 4S          | 1.594                          |    |
| 4F          | 2.764                          |    | 3S          | 1.602                          |    |
| 5F          | 2.908                          |    | 8S          | 1.700                          |    |
| Média       | 2.712                          |    | Média       | 1.557                          |    |
| TESTE F     |                                |    | TESTE F     |                                |    |
| Tratamentos | 0,26                           | NS | Tratamentos | 0,79                           | NS |
| Bloco       | 0,26                           | NS | Bloco       | 5,10                           | *  |
| C.V. (%)    | 14,77                          |    | C.V. (%)    | 11,67                          |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Na cultura do feijão, com base na classificação de Arshad et al. (1996), o valor médio de resistência à penetração de 2,7 MPa caracteriza uma resistência mecânica do solo à penetração alta. No entanto, não é de se esperar que comprometa a emergência das plântulas, visto que nesta fase de desenvolvimento inicial seu sistema radicular ainda não está definido, permanecendo dentro da faixa de solo mobilizada, não atingido o solo mais compactado.

Na cultura da soja, com base na classificação Arshad et al. (1996), o valor médio de resistência à penetração de 1,6 MPa não caracteriza uma faixa em que o desenvolvimento radicular da cultura pudesse ser comprometido (moderada:  $1,0 \leq RP < 2,0$  MPa).

Em ambas as culturas, os valores dos atributos analisados não apresentaram nenhuma diferença significativa entre os tratamentos. Tal situação é desejável, pois dessa forma, as características do solo não interferem nas avaliações que determinam o desempenho das unidades de semeadura. A importância de uma área homogênea se dá também no campo de uma forma geral, pois cada planta terá os mesmos recursos para seu desenvolvimento, contribuindo assim para uma lavoura uniforme.

#### 4.1.4. Massa seca de cobertura no solo antes da semeadura.

Na Tabela 9 segue os valores de massa seca da cobertura do solo coletadas durante as avaliações.

Tabela 9. Massa seca da cobertura vegetal na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

| <b>Característica</b>                                  | <b>Feijão</b> | <b>Soja</b> |
|--------------------------------------------------------|---------------|-------------|
| Massa seca de trigo ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) | 6589          | -           |
| Massa seca de sorgo ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) | -             | 6455        |

## 4.2. Variáveis de avaliação do desempenho das unidades de semeadura

### 4.2.1. Área de contato e carga aplicada das rodas compactadoras

Na Tabela 10 são apresentados os resultados da profundidade dos sulcos para as culturas de feijão e soja.

Os valores de carga aplicada mais elevados, observados nos tratamentos 5F, 6F, 5S e 6S, devem-se a ausência de roda controladora de profundidade do sulco de semeadura. Nesta situação o controle da profundidade de semeadura passa a ser feito pelas rodas compactadoras, o que resulta na transferência de uma maior fração do peso da unidade semeadora para as mesmas.

Tabela 10. Valores calculados de área de contato e valores experimentais de carga aplicada pelas rodas compactadoras na superfície do solo, para os tratamentos referentes as culturas do feijão e da soja.

| Tratamento | Área de Contato<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga Aplicada<br>(N) |
|------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1F         | 153                                   | 147                   |
| 2F         | 153                                   | 147                   |
| 3F         | 230                                   | 137                   |
| 4F         | 121                                   | 127                   |
| 5F         | 910                                   | 412                   |
| 6F         | 750                                   | 412                   |
| 7F         | 230                                   | 137                   |
| 8F         | 121                                   | 127                   |
| 1S         | 153                                   | 147                   |
| 2S         | 153                                   | 147                   |
| 3S         | 230                                   | 137                   |
| 4S         | 153                                   | 147                   |
| 5S         | 911                                   | 284                   |
| 6S         | 750                                   | 284                   |
| 7S         | 153                                   | 147                   |
| 8S         | 750                                   | 196                   |

#### 4.2.2. Profundidade do sulco

Na Tabela 11 são apresentados os resultados da profundidade dos sulcos para as culturas de feijão e soja.

Tabela 11. Profundidade do sulco na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                            |    | Soja        |                            |    |
|-------------|----------------------------|----|-------------|----------------------------|----|
| Tratamento  | Profundidade do Sulco (cm) |    | Tratamento  | Profundidade do Sulco (cm) |    |
| 5F          | 10,6                       |    | 6S          | 14,0                       |    |
| 3F          | 10,3                       |    | 4S          | 13,4                       |    |
| 4F          | 10,3                       |    | 5S          | 12,9                       |    |
| 6F          | 10,3                       |    | 2S          | 12,7                       |    |
| 7F          | 10,1                       |    | 7S          | 12,7                       |    |
| 8F          | 10,1                       |    | 8S          | 12,6                       |    |
| 2F          | 9,8                        |    | 3S          | 12,6                       |    |
| 1F          | 9,7                        |    | 1S          | 12,5                       |    |
| Média       | 10,1                       |    | Média       | 12,9                       |    |
| TESTE F     |                            |    | TESTE F     |                            |    |
| Tratamentos | 1,23                       | NS | Tratamentos | 2,00                       | NS |
| Bloco       | 1,56                       | NS | Bloco       | 0,38                       | NS |
| C.V. (%)    | 5,29                       |    | C.V. (%)    | 4,90                       |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Em ambos os casos, não foram observados diferenças significativas entre blocos e tratamentos. Esta característica demonstra que as condições operacionais para comparação das unidades de semeadura foram satisfatórias, pois não se desejava alterações na profundidade dos sulcos. Este fato é importante, pois, segundo Casão Junior & Siqueira (2006), a homogeneidade de profundidade do sulco deve ser cuidadosamente controlada durante a implantação da cultura no campo. Neste sulco é depositado o fertilizante, que, estando em profundidades variáveis, pode levar a desuniformidade de absorção deste pelas plantas, provocando a variabilidade na produtividade da cultura.

#### 4.2.3. Selamento superficial no sulco de semeadura

Na Tabela 12 são apresentados valores de selamento superficial no sulco de semeadura para as culturas de feijão e soja.

Tabela 12. Selamento superficial na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                           |    | Soja        |                           |    |
|-------------|---------------------------|----|-------------|---------------------------|----|
| Tratamento  | Selamento Superficial (%) |    | Tratamento  | Selamento Superficial (%) |    |
| 1F          | 0,0                       | a  | 1S          | 0,0                       | a  |
| 2F          | 0,0                       | a  | 2S          | 0,0                       | a  |
| 6F          | 0,0                       | a  | 4S          | 0,0                       | a  |
| 8F          | 0,0                       | a  | 7S          | 0,0                       | a  |
| 7F          | 13,8                      | b  | 8S          | 1,7                       | a  |
| 4F          | 16,3                      | b  | 6S          | 8,0                       | a  |
| 3F          | 28,8                      | c  | 3S          | 35,0                      | b  |
| 5F          | 90,0                      | d  | 5S          | 36,7                      | b  |
| Média       | 18,6                      |    | Média       | 10,2                      |    |
| DMS         | 12,5                      |    | DMS         | 20,5                      |    |
| TESTE F     |                           |    | TESTE F     |                           |    |
| Tratamentos | 137,10                    | ** | Tratamentos | 15,27                     | ** |
| Bloco       | 0,33                      | NS | Bloco       | 0,65                      | NS |
| C.V. (%)    | 28,24                     |    | C.V. (%)    | 70,10                     |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Na cultura do Feijão, o tratamento 5, constituído de roda compactadora larga e lisa, apresentou o maior percentual de selamento superficial (90%), seguido pelo tratamento 3, constituído de roda compactadora estreita e lisa (28,75%). O tratamento 7 que também é constituído de roda compactadora estreita e lisa, apresentou selamento médio de 16,3%. Já no tratamento 4F, apesar da roda compactadora possuir sulco interno, esta ainda assim apresenta uma superfície lisa relativamente grande em relação ao referido sulco, se comparada com a roda compactadora com garras e sulco interno. Esta, por sua vez, também apresentou selamento, sendo este com valor médio de 13,75%. Essa característica associada à maior redução de palha devido à não existência de discos aterradores acabou promovendo o selamento. Os tratamentos 1F, 2F, 6F e 8F não apresentaram selamento superficial no sulco de semeadura, sendo os tratamentos 1F e 2F constituídos pelo tipo de roda compactadora em “V” e, os

tratamentos 6F e 8F constituídos pelo tipo de roda compactadora com ressaltos e sulco interno.

O elevado percentual de selamento superficial, observado no tratamento 5F, pode ser explicado pelo uso de roda compactadora lisa, associada aos valores de carga aplicada e área de contato da roda compactadora, que são os maiores entre os tratamentos.

Na cultura da soja, observa-se que os tratamentos 1S, 2S, 4S e 7S, constituídos por rodas compactadoras em “V”, apresentaram selamento superficial zero, seguido dos tratamentos 8S e 6S. Os tratamentos 3S e 5S, constituídos de rodas compactadoras lisas, apresentaram os maiores valores de selamento.

As rodas compactadoras lisas, ao agirem no solo, deixam sua camada superficial com selamento, o que pode prejudicar a emergência das plântulas, pois dependendo da espessura da camada compactada, as plântulas não conseguem atravessá-la e chegar à superfície. Já a roda compactadora, que possui garras e sulco interno, bem como as rodas compactadoras em “V”, deixam o solo compactado ao redor da semente e mobilizado acima, facilitando assim a emergência das plântulas.

#### **4.2.3. Qualidade de aterramento do sulco**

Na Tabela 13 são apresentados os dados de qualidade de aterramento do sulco de semeadura para as culturas de feijão e soja.

Na cultura do feijão, os maiores percentuais de sulcos bem aterrados foram observados nos tratamentos 5F, 6F, e 8F, seguidos do tratamento 7F, os quais apresentam em sua constituição discos aterradores quando comparados aos tratamentos 1F, 2F, 3F e 4F que não apresentam discos aterradores. No entanto, mesmo os tratamentos sem discos aterradores apresentaram bons resultados, evidenciando uma condição favorável de solo, máquina e ambiente para essa característica da semeadura.

Na cultura da soja, não foram observadas diferenças significativas de qualidade de aterramento do sulco entre blocos, pelo teste F, e tratamentos, pelo teste de Tukey,

todos os valores encontram-se acima de 96%, demonstrando alta qualidade de aterramento, mesmo nos tratamentos sem discos aterradores.

Tabela 13. Qualidade de aterramento do sulco na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                                       |     | Soja        |                                       |    |
|-------------|---------------------------------------|-----|-------------|---------------------------------------|----|
| Tratamento  | Qualidade de Aterramento do Sulco (%) |     | Tratamento  | Qualidade de Aterramento do Sulco (%) |    |
| 5F          | 100,0                                 | a   | 3S          | 100,0                                 | a  |
| 6F          | 100,0                                 | a   | 5S          | 100,0                                 | a  |
| 8F          | 100,0                                 | a   | 6S          | 100,0                                 | a  |
| 7F          | 91,3                                  | a b | 8S          | 100,0                                 | a  |
| 2F          | 85,0                                  | c b | 7S          | 99,7                                  | a  |
| 3F          | 85,0                                  | c b | 1S          | 98,7                                  | a  |
| 4F          | 80,0                                  | c b | 4S          | 97,0                                  | a  |
| 1F          | 77,5                                  | c   | 2S          | 96,7                                  | a  |
| Média       | 89,8                                  |     | Média       | 99,0                                  |    |
| DMS         | 12,4                                  |     | DMS         | 3,7                                   |    |
| TESTE F     |                                       |     | TESTE F     |                                       |    |
| Tratamentos | 12,73                                 | **  | Tratamentos | 3,69                                  | *  |
| Bloco       | 2,09                                  | *   | Bloco       | 1,00                                  | NS |
| C.V. (%)    | 5,81                                  |     | C.V. (%)    | 1,29                                  |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Sulcos bem aterrados facilitam a germinação das sementes, pois estas estarão em íntimo contato com o solo, protegidas da ação de raios solares, podendo absorver água e nutrientes o mais rápido possível (CASÃO JUNIOR & SIQUEIRA, 2006). Observando-se os resultados, mesmo em condições ótimas, onde todos os tratamentos apresentaram bons valores de aterramento, ainda sim é possível verificar que os discos aterradores conseguiram resultados ainda melhores, atingindo percentuais mais elevados, sendo em muitos casos de 100%.



#### 4.2.4. Porcentagem de sementes expostas

Na Tabela 14 são apresentados os dados da porcentagem de sementes expostas na semeadura para as culturas de feijão e soja.

Tabela 14. Sementes expostas na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                       |     | Soja        |                       |    |
|-------------|-----------------------|-----|-------------|-----------------------|----|
| Tratamento  | Sementes Expostas (%) |     | Tratamento  | Sementes Expostas (%) |    |
| 3F          | 0,0                   | a   | 6S          | 0,1                   |    |
| 5F          | 0,0                   | a   | 7S          | 0,1                   |    |
| 6F          | 0,0                   | a   | 5S          | 0,2                   |    |
| 7F          | 0,0                   | a   | 1S          | 0,3                   |    |
| 8F          | 0,0                   | a   | 8S          | 0,3                   |    |
| 2F          | 0,2                   | a b | 2S          | 0,4                   |    |
| 4F          | 0,2                   | a b | 4S          | 0,4                   |    |
| 1F          | 0,8                   | b   | 3S          | 0,5                   |    |
| Média       | 0,1                   |     | Média       | 0,3                   |    |
| DMS         | 0,8                   |     |             |                       |    |
| TESTE F     |                       |     | TESTE F     |                       |    |
| Tratamentos | 2,89                  | *   | Tratamentos | 0,89                  | NS |
| Bloco       | 1,09                  | NS  | Bloco       | 1,60                  | NS |
| C.V. (%)    | 232,39                |     | C.V. (%)    | 93,62                 |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Na cultura do feijão, as sementes foram depositadas a uma profundidade média de 3,4 cm em relação à superfície do terreno. Esta profundidade média está dentro da recomendação considerada ideal para a cultura que corresponde a 4,0 cm.

Observou-se que o tratamento 1F apresentou o maior número de sementes expostas, seguido dos tratamentos 2F e 4F, pelo teste de Tukey ao nível de confiança de 95%. Estes tratamentos também apresentaram as menores profundidades de semeadura, com valores entre 3,0 e 3,1 cm.

Estatisticamente os tratamentos 1F, 2F e 4F não diferem entre si, apresentando um percentual superior a zero. Os tratamentos 2F, 3F, 4F, 5F, 6F, 7F e 8F, são estatisticamente iguais entre si, e estes não apresentaram sementes expostas ou, apresentaram valores muito pequenos, ao longo das parcelas experimentais.

A porcentagem de sementes expostas apresentou um valor coerente com a qualidade de aterramento do sulco, onde 3 dos 4 tratamentos sem discos aterradores em sua constituição apresentaram percentual de sementes expostas diferente de zero.

Na cultura da soja, as sementes foram depositadas a uma profundidade média de 5,3 cm em relação à superfície do terreno. Esta profundidade média está dentro da recomendação considerada ideal para a cultura que corresponde a 6,0 cm. Não foram observadas diferenças significativas de porcentagem de sementes expostas entre blocos e tratamentos. Apesar de muito baixo, em todos os tratamentos os percentuais de sementes expostas foi superior à zero, o que seria de se esperar em uma semeadura de soja. Nesta semeadura o alto valor de distribuição de sementes ( $19 \text{ sementes m}^{-1}$ ), associado à velocidade da operação,  $5,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  resulta em um fluxo de aproximadamente  $26 \text{ sementes} \cdot \text{s}^{-1}$  que deixam o distribuidor de sementes. Nestas condições é inevitável à ocorrência de um percentual, mesmo que mínimo, de sementes expostas.

Nas Figura 2 e Figura 3 pode-se observar as correlações que existem entre a profundidade de semeadura e sementes ex-postas nas culturas do feijão e da soja.

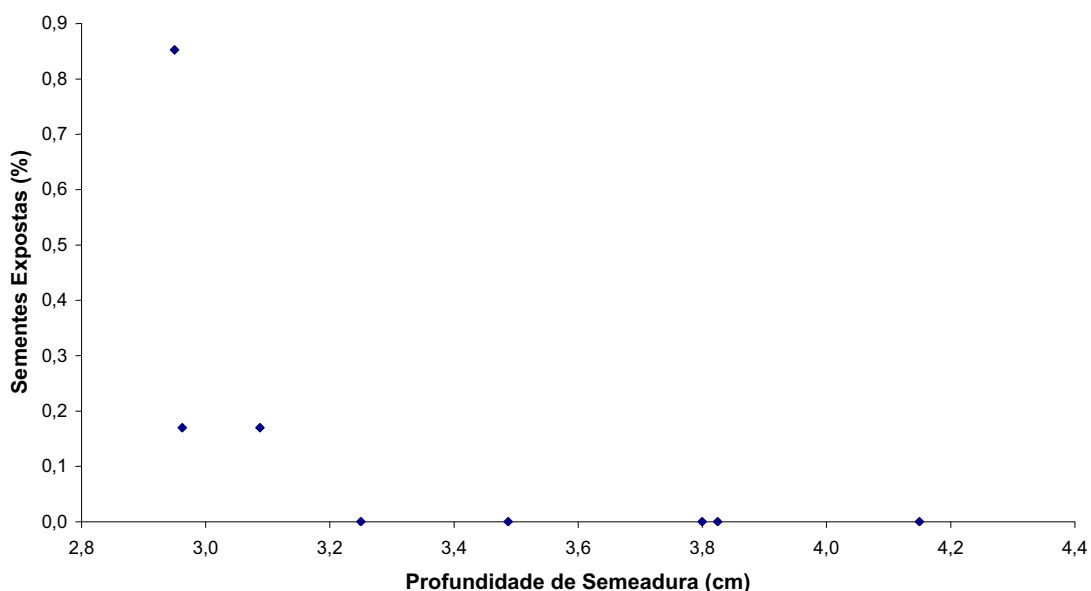


Figura 2. Gráfico correlacionando os valores médios entre profundidade de semeadura e sementes expostas, na cultura do feijão.

Na cultura da soja observou-se um percentual de sementes expostas diferente de zero em todos os tratamentos, e portanto, em todas as profundidades. Nota-se que a redução na profundidade de semeadura também influencia o percentual de sementes expostas, fazendo com que este aumente. Contudo, todos valores de sementes expostas observados foram inferiores a 1%.

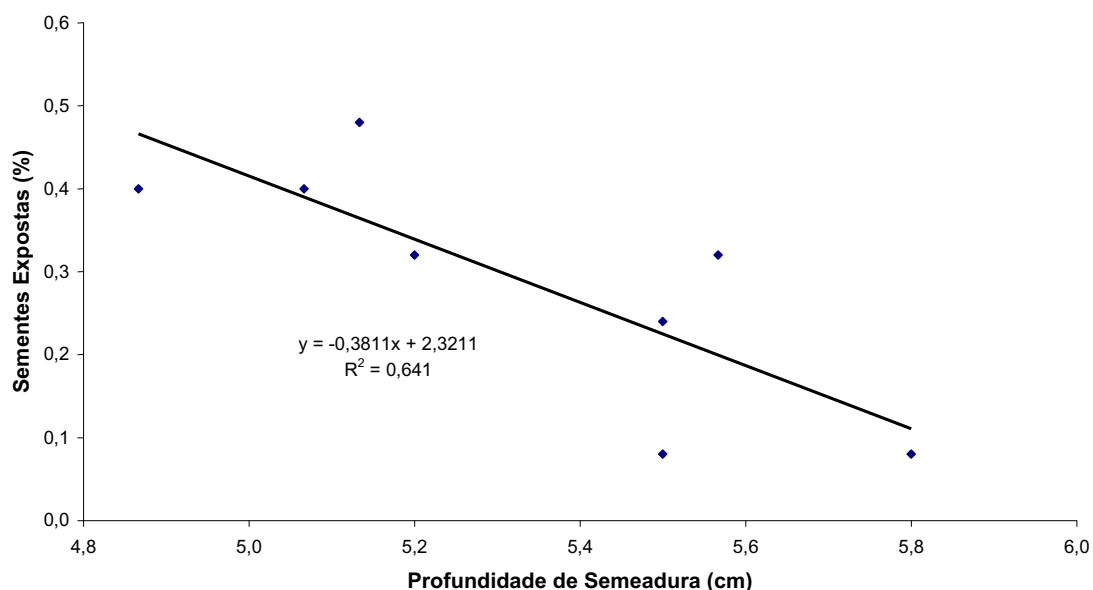


Figura 3. Gráfico de Correlação dos valores médios entre profundidade de semeadura e sementes expostas, na cultura da soja.

Na Figura 4 e Figura 5 pode-se observar as correlações que existem entre a profundidade de semeadura e sementes expostas nas culturas do feijão e da soja.

Na cultura do feijão, pode-se observar que a redução no percentual de cobertura com palha influencia o percentual de sementes expostas fazendo com que este aumente.

Na cultura da soja, não se observa tal influência. As correlações entre os atributos descrevem pontos dispersos e a linha de tendência não consegue explicá-los bem. Isto pode ser observado no coeficiente de determinação  $R^2$ , que possui um valor baixo.

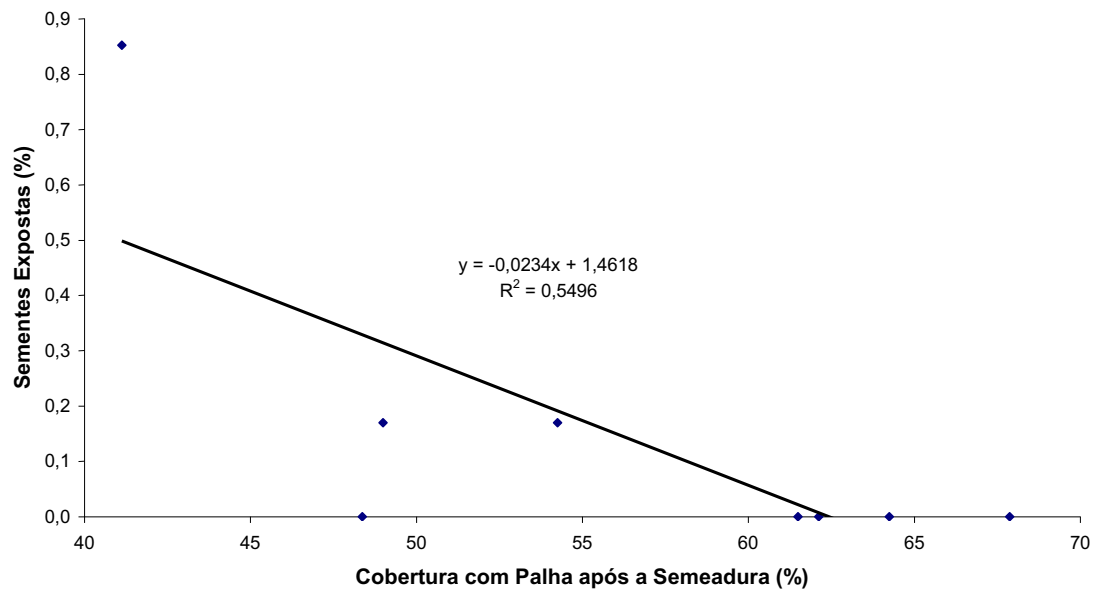


Figura 4. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e sementes expostas, na cultura do feijão.

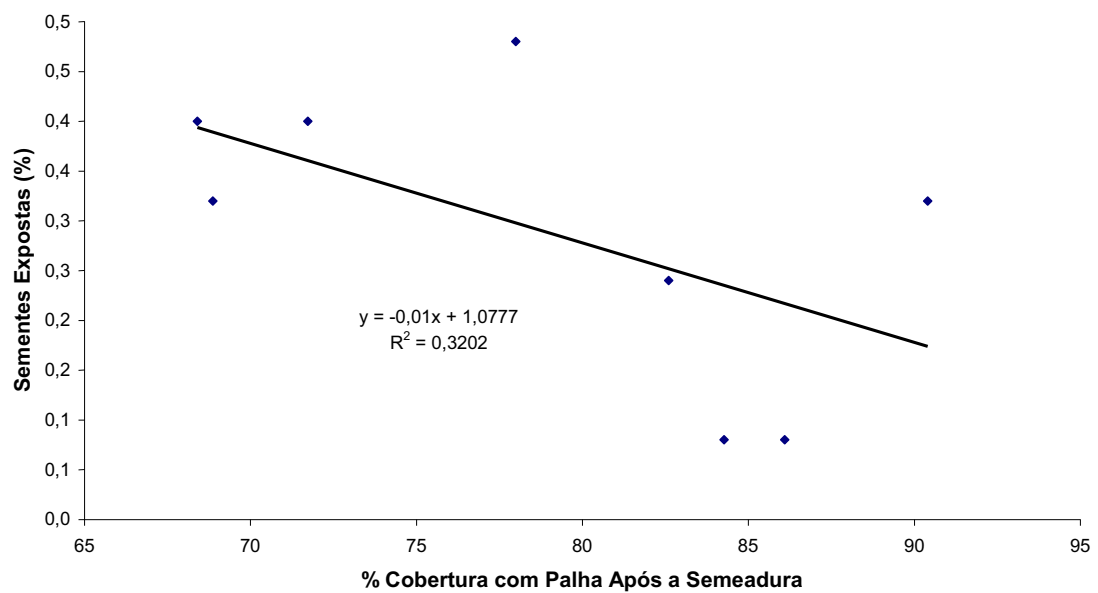


Figura 5. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e sementes expostas, na cultura da soja.

#### 4.2.5. Cobertura com Palha após a Semeadura

Na Tabela 15 é apresentada a cobertura com palha após a semeadura para as culturas de feijão e soja.

Tabela 15. Cobertura com palha após a semeadura na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                                        | Soja        |                                        |
|-------------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------------|
| Tratamento  | Cobertura com Palha Após Semeadura (%) | Tratamento  | Cobertura com Palha Após Semeadura (%) |
| 7F          | 67,9 a                                 | 8S          | 84,3 a                                 |
| 6F          | 64,3 a                                 | 7S          | 83,3 a                                 |
| 8F          | 62,1 a b                               | 6S          | 79,3 a b                               |
| 5F          | 61,5 a b                               | 5S          | 78,7 a b                               |
| 2F          | 54,3 a b                               | 3S          | 73,3 a b                               |
| 4F          | 49,0 a b                               | 4S          | 69,3 a b                               |
| 3F          | 48,4 a b                               | 2S          | 65,3 b                                 |
| 1F          | 41,1 b                                 | 1S          | 65,3 b                                 |
| Média       | 56,1                                   | Média       | 74,9                                   |
| DMS         | 21,7                                   | DMS         | 17,2                                   |
| TESTE F     |                                        | TESTE F     |                                        |
| Tratamentos | 2,48 **                                | Tratamentos | 4,96 **                                |
| Bloco       | 3,07 NS                                | Bloco       | 4,47 *                                 |
| C.V. (%)    | 16,31                                  | C.V. (%)    | 7,95                                   |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Na cultura do feijão, os maiores percentuais de cobertura com palha após a semeadura foram observados nos tratamentos 6F e 7F, os quais apresentavam discos aterradores em sua constituição. Já o tratamento 1F, o qual não possui discos aterradores em sua constituição, apresentou o menor resultado quanto a presença de palha no sulco de semeadura após a passagem da semeadora.

Os tratamentos 5F e 8F, que também apresentavam discos aterradores em sua constituição, tendem a apresentar maiores percentuais de cobertura com palha após a semeadura, se comparados aos tratamentos 1F, 2F, 3F e 4F, apesar da ausência de diferença significativa.

Na cultura da soja, os maiores percentuais foram observados nos tratamentos 7S e 8S, os quais apresentavam discos aterradores em sua constituição. Já os tratamentos 1S e 2S, que não possuem discos aterradores, apresentaram os menores percentuais de cobertura com palha após a passagem da semeadora. Dentre os tratamentos sem

discos aterradores, ou seja, de 1S a 4S, observa-se um ligeiro aumento na cobertura no tratamento 3S. Este difere dos tratamentos 1S, 2S e 4S quando ao tipo de roda compactadora, possuindo uma roda compactadora estreita e lisa. Tal aumento indica uma tendência deste tipo de roda apresentar um resultado melhor em relação as rodas compactadoras em “V”, apesar da ausência de diferença significativa.

Os tratamentos 7F, 7S e 8S apresentaram os maiores percentuais de palha após a semeadura, logo nota-se que a associação do uso de discos aterradores com rodas controladoras de profundidade paralelas contribui para um percentual de palha após a semeadura superior ao já obtido com a inclusão dos discos aterradores.

No ensaio com a soja, nota-se que a associação do conjunto composto por rodas controladoras de profundidade paralelas e discos aterradores, com a roda compactadora com garras e sulco interno, avaliada no tratamento 8S, tende a apresentar melhores resultados em relação ao mesmo conjunto associado as rodas compactadoras em “V”, avaliado no tratamento 7S.

Esta característica é considerada importante, pois se existir uma cobertura vegetal sobre o solo, este apresentará temperaturas mais amenas e adequadas para uma boa germinação quando comparado com um solo desprotegido. Além de redução no CORRIGIR PARA na temperatura, a umidade do solo também é maior. Logo, tem-se na temperatura um efeito benéfico da cobertura morta sobre o solo, principalmente em regiões onde a temperatura do solo tende a se elevar muito e a umidade existente é precária (BALASTREIRE, 1990).

Na Figura 6 e Figura 7 pode-se observar as correlações que existem entre a qualidade de aterramento do sulco e a cobertura com palha após a semeadura nas culturas do feijão e da soja. Em ambos os casos pode-se observar que uma maior qualidade de aterramento do sulco, também eleva a cobertura com palha após a semeadura.

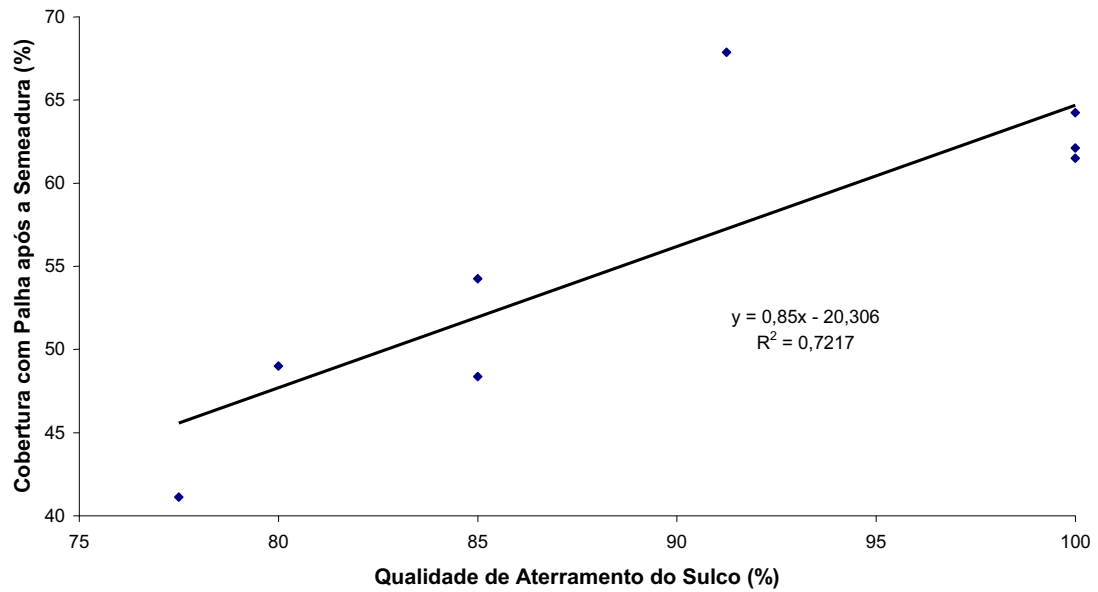


Figura 6. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e cobertura com palha após a semeadura, na cultura do feijão.

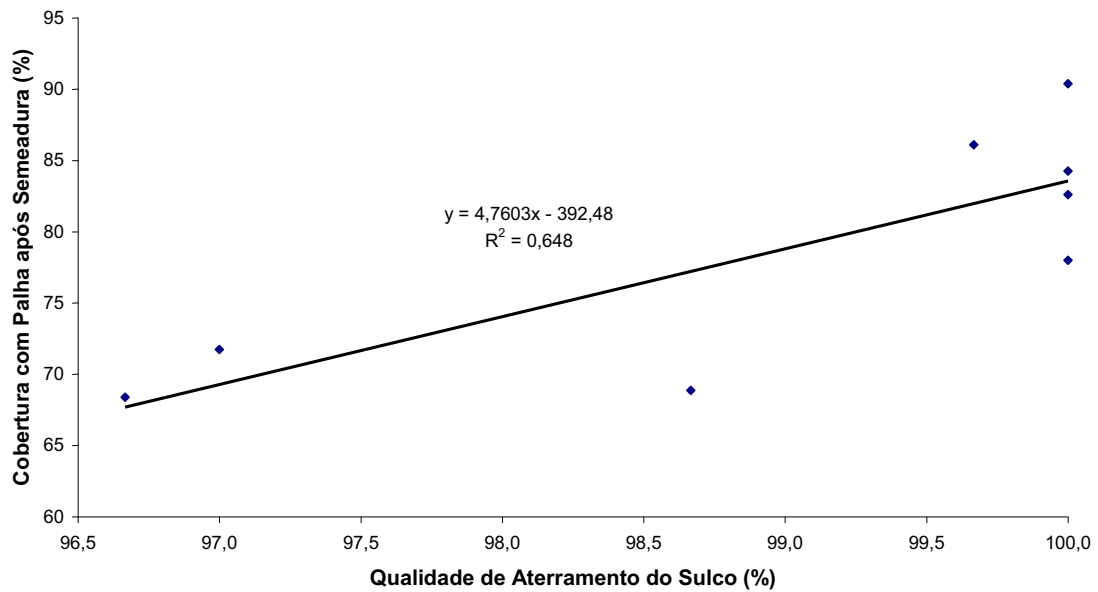


Figura 7. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e cobertura com palha após a semeadura, na cultura da soja.

#### 4.2.6. Redução da cobertura de palha no sulco

Na Tabela 16 é apresentada a redução da cobertura de palha no sulco para as culturas de feijão e soja.

Tabela 16. Redução da cobertura de palha na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                                            | Soja        |                                           |
|-------------|--------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| Tratamento  | Redução da Cobertura de Palha no Sulco (%) | Tratamento  | Redução da Cobertura de Palha no Sulco(%) |
| 7F          | 19,3 a                                     | 8S          | 9,6 a                                     |
| 6F          | 26,7 a b                                   | 7S          | 13,9 a b                                  |
| 8F          | 29,7 a b                                   | 6S          | 15,7 a b                                  |
| 5F          | 31,8 a b                                   | 5S          | 17,4 a b                                  |
| 3F          | 42,6 c b                                   | 3S          | 22,0 a b                                  |
| 2F          | 43,1 c b                                   | 4S          | 28,3 a b                                  |
| 4F          | 46,7 c b                                   | 1S          | 31,1 b                                    |
| 1F          | 54,8 c                                     | 2S          | 31,6 b                                    |
| Média       | 36,9                                       | Média       | 21,2                                      |
| DMS         | 22,0                                       | DMS         | 19,2                                      |
| TESTE F     |                                            | TESTE F     |                                           |
| Tratamentos | 6,54 **                                    | Tratamentos | 4,71 **                                   |
| Bloco       | 1,36 NS                                    | Bloco       | 3,97 *                                    |
| C.V. (%)    | 25,12                                      | C.V. (%)    | 31,48                                     |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Na cultura do feijão, o maior percentual de redução de palha foi observado no tratamento 1F, o qual não apresentava discos aterradores em sua composição. Já o tratamento 7F, constituído de discos aterradores, apresentou o melhor resultado quanto a manutenção da palha no sulco de semeadura após a passagem da semeadora.

Os tratamentos 4F, 2F e 3F, os quais também não apresentavam discos aterradores em sua constituição seguem o tratamento 1F com os maiores valores. Apesar destes três não apresentarem diferenças significativas entre si e entre os tratamentos 5F, 6F e 8F, eles tendem a apresentar uma redução de palha maior em relação aos tratamentos com discos aterradores. Observa-se então, que a redução da quantidade de palha no sulco está intimamente ligada à operação de aterramento promovida pela unidade de semeadura.

Na cultura da soja, os maiores percentuais de redução de palha foram observados nos tratamentos 1S e 2S, os quais não apresentavam discos aterradores



em sua constituição. Já o tratamento 8S constituído de discos aterradores apresentou os melhores resultados quanto a manutenção da palha no sulco de semeadura após a passagem da semeadora.

Da mesma forma que observado na cultura do feijão, os tratamentos que apresentam discos aterradores em sua constituição mostram uma menor redução de palha. Essa menor redução pode ser observada nos tratamentos 5S, 6S e 7S, que apesar de não apresentarem diferença significativa, apresentaram médias menores. Portanto, observa-se uma tendência de apresentarem menores valores de redução de palha, assim com o tratamento 8S.

Na Figura 8 e Figura 9 pode-se observar as correlações que existem entre a qualidade de aterramento do sulco e a cobertura com palha após a semeadura nas culturas do feijão e da soja.

Em ambos os casos, nota-se que quando a qualidade de aterramento foi elevada, a redução de palha foi menor. Tal ocorrência demonstra que, quando o sulco foi bem aterrado, o retorno da palha para cima do sulco também foi maior.

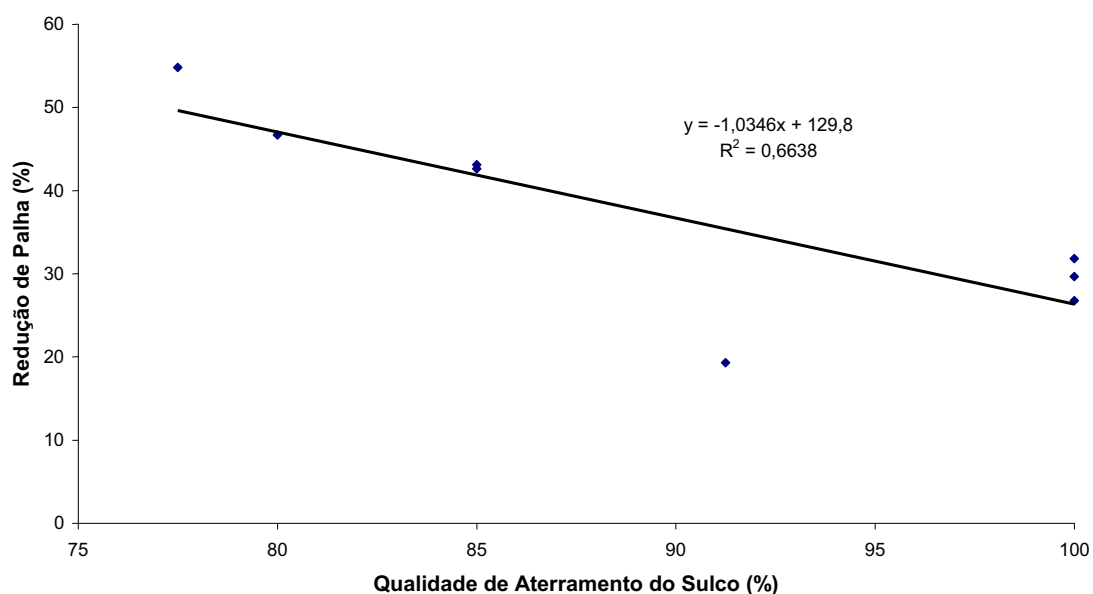


Figura 8. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e redução de palha, na cultura do feijão.

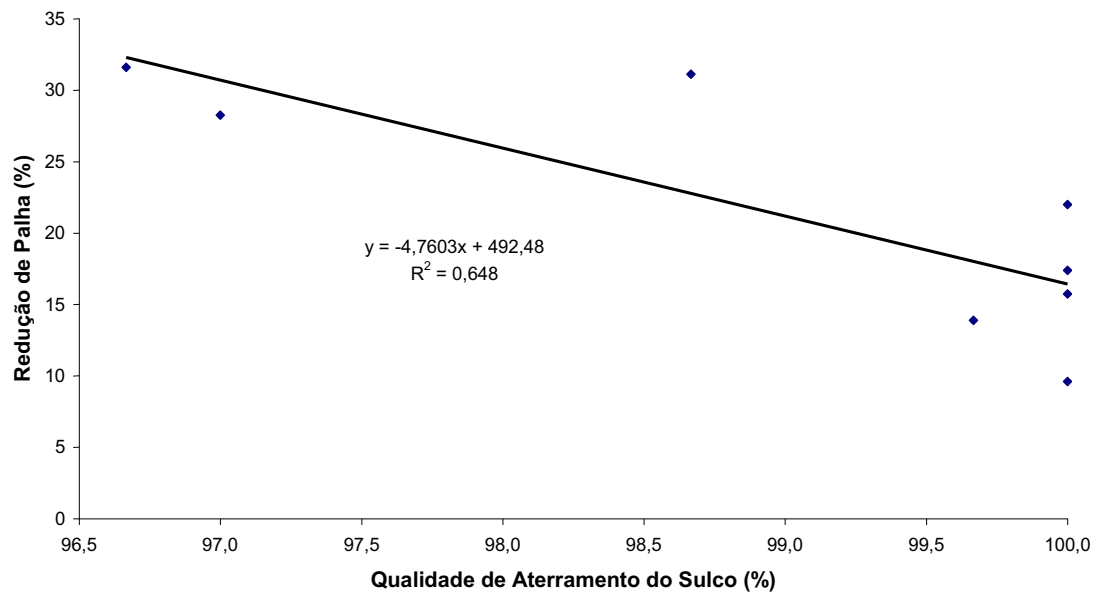


Figura 9. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e redução de palha, na cultura da soja.

#### 4.2.7. Profundidade de semeadura

Na Tabela 17 é apresentada a profundidade de semeadura para as culturas de feijão e soja.

Tabela 17. Profundidade de Semeadura na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                                |     | Soja        |                                |    |
|-------------|--------------------------------|-----|-------------|--------------------------------|----|
| Tratamento  | Profundidade de Semeadura (cm) |     | Tratamento  | Profundidade de Semeadura (cm) |    |
| 5F          | 4,2                            | a   | 6S          | 5,8                            |    |
| 6F          | 3,8                            | a b | 8S          | 5,6                            |    |
| 8F          | 3,8                            | a b | 5S          | 5,5                            |    |
| 7F          | 3,5                            | a b | 7S          | 5,5                            |    |
| 3F          | 3,3                            | a b | 1S          | 5,2                            |    |
| 2F          | 3,1                            | b   | 3S          | 5,1                            |    |
| 4F          | 3,0                            | b   | 2S          | 5,1                            |    |
| 1F          | 3,0                            | b   | 4S          | 4,9                            |    |
| Média       | 3,4                            |     | Média       | 5,3                            |    |
| TESTE F     |                                |     | TESTE F     |                                |    |
| Tratamentos | 4,29                           | **  | Tratamentos | 1,35                           | NS |
| Blocos      | 0,80                           | NS  | Blocos      | 11,15                          | ** |
| C.V. (%)    | 12,61                          |     | C.V. (%)    | 8,68                           |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

A semeadora foi regulada para depositar a semente do feijão a uma profundidade de 4,0 cm, em relação à superfície do terreno. No entanto, em função dos sistemas de aterramento, compactação e controle de profundidade, o teste apresentou diferenças significativas de profundidade de sementes.

Na cultura do feijão, a maior profundidade de semeadura foi observada no tratamento 5F, constituído de discos aterradores. A menor profundidade foi observada nos tratamentos 1F e 2F, que não possuem discos aterradores em sua constituição. Os valores das médias dos tratamentos apontam a tendência de um maior aterramento para os tratamentos que possuem rodas aterradoras e, conseqüentemente, um maior volume de solo sobre a semente, fazendo com que a diferença entre a semente e a superfície do solo fossem maiores.

Na cultura da soja, as sementes foram depositadas a uma profundidade média de 5,3 cm, mesmo assim, essa variação manteve-se estável entre os tratamentos,

consequentemente, o teste não apresentou diferenças significativas de profundidade de sementes.

Da Figura 10 a Figura 15 apresentam-se as correlações do atributo de profundidade de semeadura com outros atributos, nos experimentos com o feijão e com a soja.

As tendências aqui apresentadas seguem como resultado das relações já observadas anteriormente. Uma vez que a qualidade de aterramento do sulco traz consigo um maior percentual de cobertura com palha e menor redução de palha, variações estas desejáveis para uma boa operação de semeadura, a profundidade de semeadura, que eleva a qualidade de aterramento do sulco quando aumenta, também traz consigo um maior percentual de cobertura com palha e menor redução de palha.

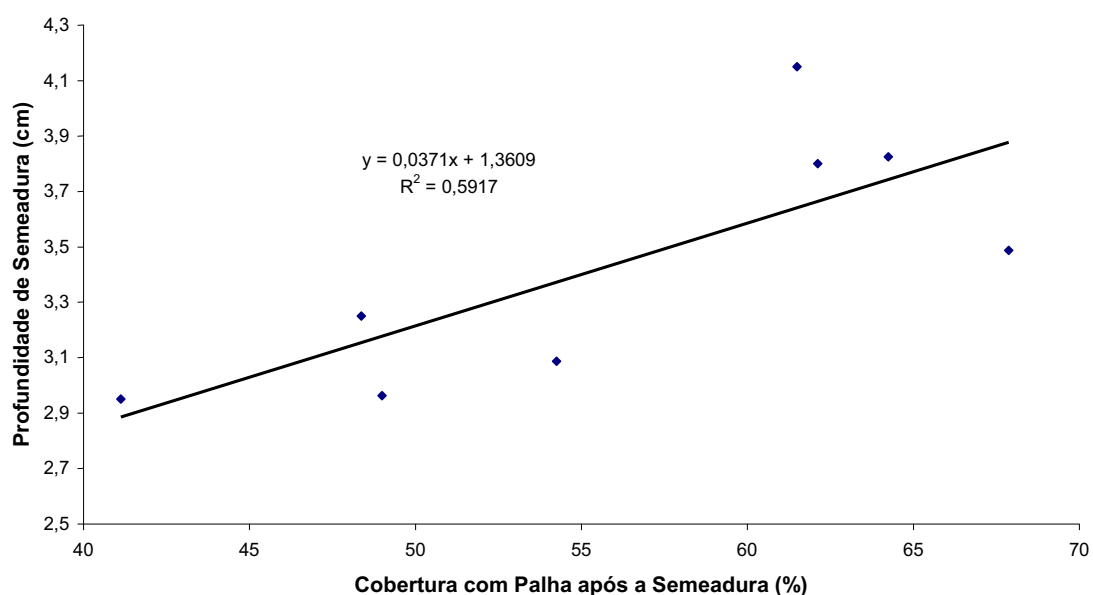


Figura 10. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e profundidade de semeadura, na cultura do feijão.

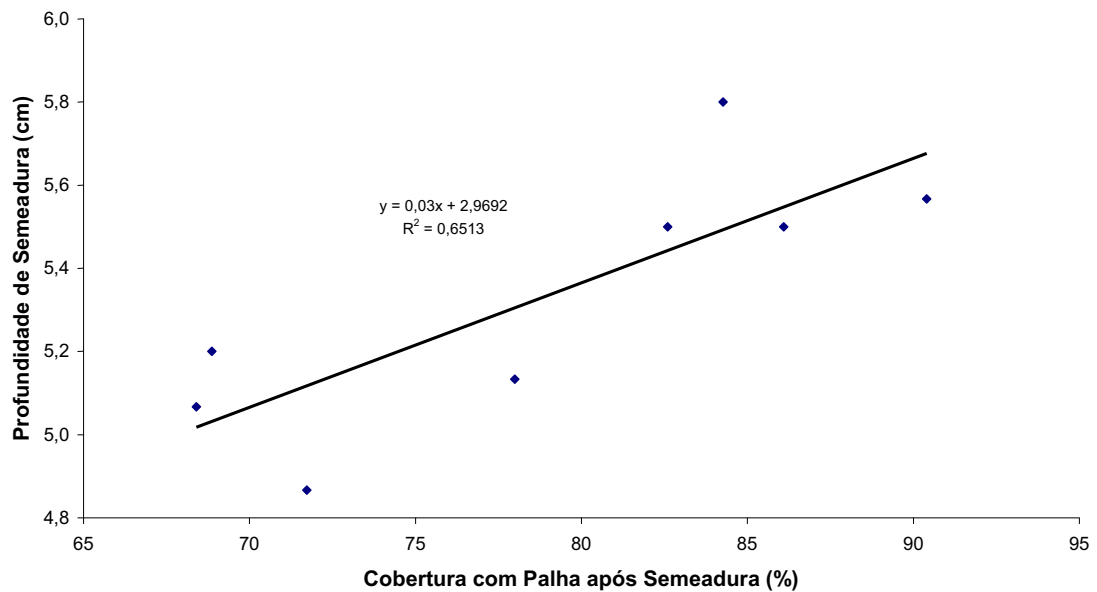


Figura 11. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e profundidade de semeadura, na cultura da soja.

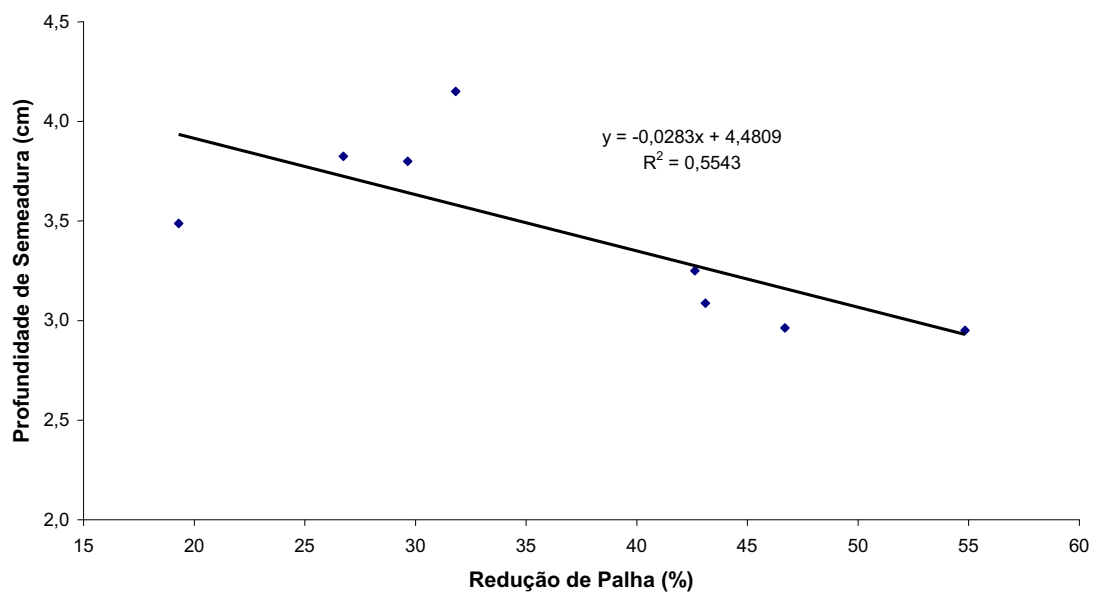


Figura 12. Correlação dos valores médios entre redução de palha e profundidade de semeadura, na cultura do feijão.

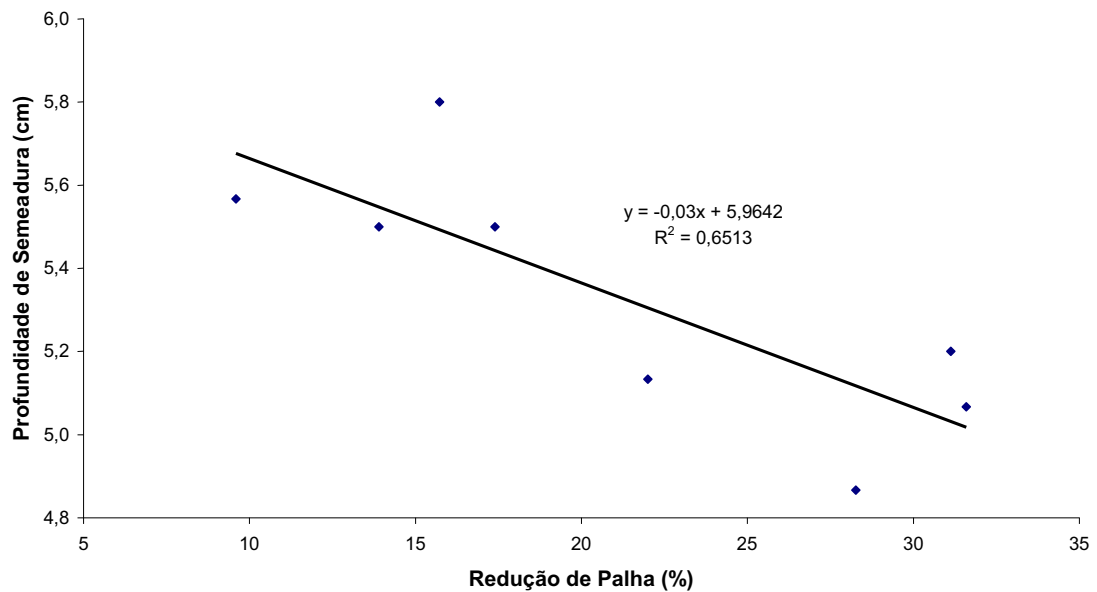


Figura 13. Correlação dos valores médios entre redução de palha e profundidade de semeadura, na cultura da soja.

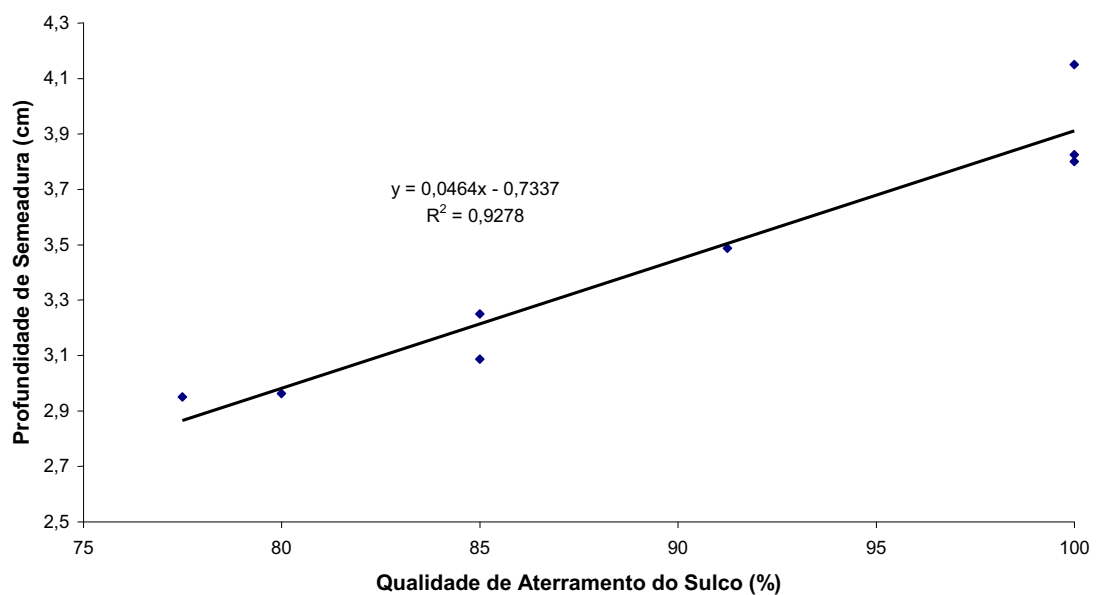


Figura 14. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e profundidade de semeadura, na cultura do feijão.

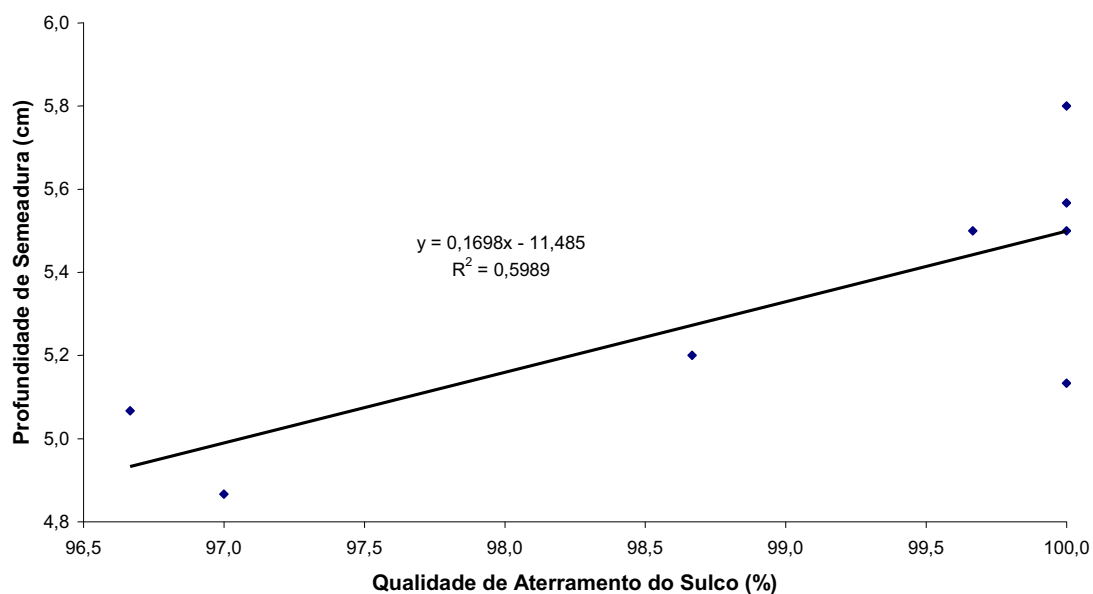


Figura 15. Correlação dos valores médios entre qualidade de aterramento do sulco e profundidade de semeadura, na cultura da soja.

#### 4.2.8. Emergência das plântulas

Na Tabela 18 são apresentados os dados dos percentuais de emergência das plântulas para as culturas de feijão e soja.

Tabela 18. Emergência das plântulas na área experimental no momento da semeadura das culturas, nos anos 2004 e 2005.

| Feijão      |                |     | Soja        |                |    |
|-------------|----------------|-----|-------------|----------------|----|
| Tratamento  | Emergência (%) |     | Tratamento  | Emergência (%) |    |
| 8F          | 96,3           | a   | 7S          | 86,5           |    |
| 7F          | 95,3           | a   | 5S          | 83,2           |    |
| 6F          | 88,2           | a   | 8S          | 82,9           |    |
| 5F          | 77,0           | a b | 6S          | 78,9           |    |
| 2F          | 53,6           | c b | 3S          | 78,1           |    |
| 4F          | 46,5           | c b | 2S          | 75,4           |    |
| 3F          | 44,2           | c b | 1S          | 75,2           |    |
| 1F          | 35,0           | c   | 4S          | 58,5           |    |
| Média       | 67,0           |     | Média       | 77,3           |    |
| DMS         | 33,6           |     |             |                |    |
| TESTE F     |                |     | TESTE F     |                |    |
| Tratamentos | 12,40          | **  | Tratamentos | 1,08           | NS |
| Bloco       | 0,76           | NS  | Bloco       | 5,23           | *  |
| C.V. (%)    | 21,14          |     | C.V. (%)    | 18,47          |    |

NS: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Na cultura do feijão, os maiores percentuais de emergência foram observados nos tratamentos 6F, 7F e 8F constituídos de discos aterradores. Já os menores percentuais foram observados no tratamento 1F, seguido dos tratamentos 3F, 4F e 2F, os quais não apresentavam discos aterradores em sua constituição.

Apesar do teste de Tukey indicar que não há diferença estatisticamente significativa do tratamento 5F em relação aos tratamentos 2F, 3F e 4F, o mesmo teste também indicou que não há diferença significativa entre o tratamento 5F e os tratamentos 6F, 7F e 8F. Assim como os tratamentos 6F, 7F e 8F, o tratamento 5F também apresenta discos aterradores em sua composição. O alto valor de selamento observado neste tratamento prejudicou o seu desempenho na emergência, mesmo assim, o seu valor de emergência é o quarto maior em valor absoluto. Logo, podemos considerar que o tratamento 5F junta-se aos tratamentos 6F, 7F e 8F, e evidencia que os tratamentos constituídos por discos aterradores foram aqueles que apresentaram maiores percentuais de emergência, em função dos melhores resultados de aterramento dos sulcos de semeadura e manutenção da cobertura vegetal.

Na cultura da soja, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na emergência das plântulas entre as médias dos tratamentos. Isso se deve a maior variabilidade dos dados do ensaio o que acabou por tornar não significativas as diferenças entre os tratamentos.

Tabela 19. Valores de média e desvio padrão do atributo de emergência no experimento com a cultura da soja em 2005.

| Tratamento | Média | Desvio Padrão |
|------------|-------|---------------|
| 8S         | 82,9  | 3,0           |
| 6S         | 78,9  | 8,9           |
| 4S         | 58,5  | 14,5          |
| 3S         | 78,1  | 16,7          |
| 5S         | 83,2  | 17,2          |
| 2S         | 75,4  | 18,0          |
| 7S         | 86,5  | 19,1          |
| 1S         | 75,2  | 30,6          |



Na Tabela 19 podemos observar os valores médios de emergência acompanhados de seus respectivos desvios padrão. Os tratamentos estão ordenados em função dos valores de desvio padrão. Se encararmos a variabilidade entre os blocos em cada um dos tratamentos não como um erro, mas sim como uma informação, vemos que nos tratamentos 6 e 8, isto é, aqueles constituídos pela combinação de discos aterradores e roda compactadora média com ressaltos e sulco interno, ocorrem os menores desvios padrão, o que pode caracterizar uma maior regularidade na operação destes tratamentos.

Os gráficos da Figura 16 a Figura 21 correlacionam o parâmetro da emergência com outros parâmetros, nos experimentos com o feijão e com a soja.

Na Figura 16 observa-se a correlação entre a cobertura com palha após a semeadura e a emergência. Nota-se que o aumento da cobertura com palha eleva os valores de emergência. O valor do  $R^2$  de 0,92 demonstra a função, obtida com a regressão linear, ajusta bem os pontos experimentais, comprovando uma relação direta entre a cobertura com palha e a emergência.

Na Figura 17 observa-se a correlação que existe entre a redução de palha e a emergência. Nota-se que o aumento da redução de palha reduz a emergência do feijão. O valor de 0,9 para o coeficiente de determinação  $R^2$  indica que a linha de tendência ajusta bem os pontos experimentais, mostrando uma boa relação entre os atributos.

Na Figura 18 e Figura 19 observa-se a correlação entre a qualidade de aterramento do sulco e a emergência, nas culturas do feijão e da soja. Nota-se valores dos  $R^2$  mais baixos, descritas pelos valores de 0,7 e 0,5 na cultura do feijão e da soja respectivamente, mas ainda sim fica evidenciado que o aumento na qualidade de aterramento do sulco influencia positivamente a emergência.

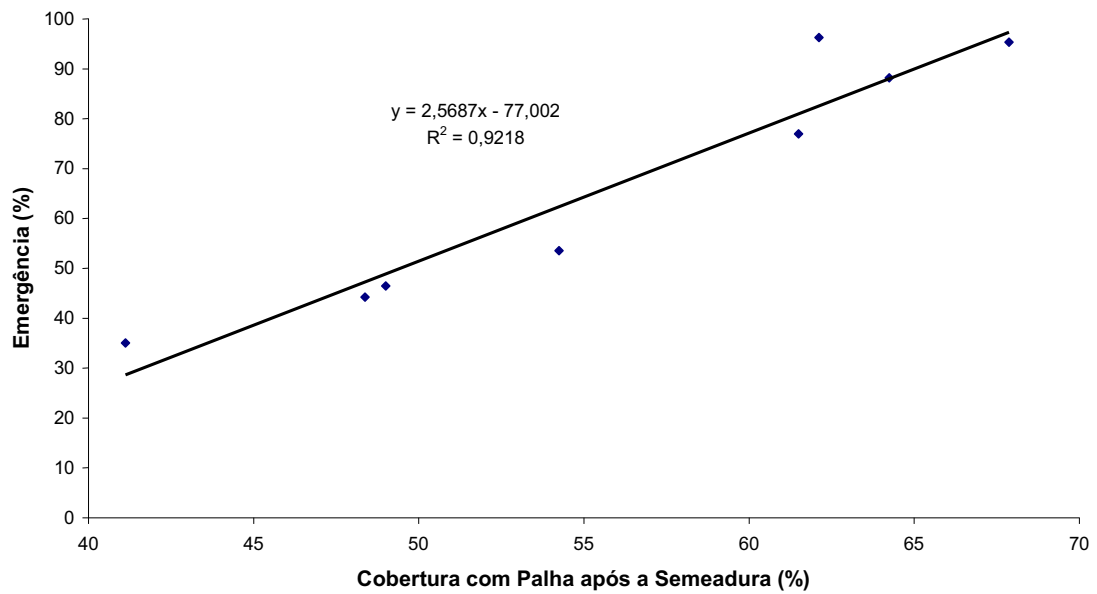


Figura 16. Correlação dos valores médios entre cobertura com palha após a semeadura e emergência, na cultura do feijão.

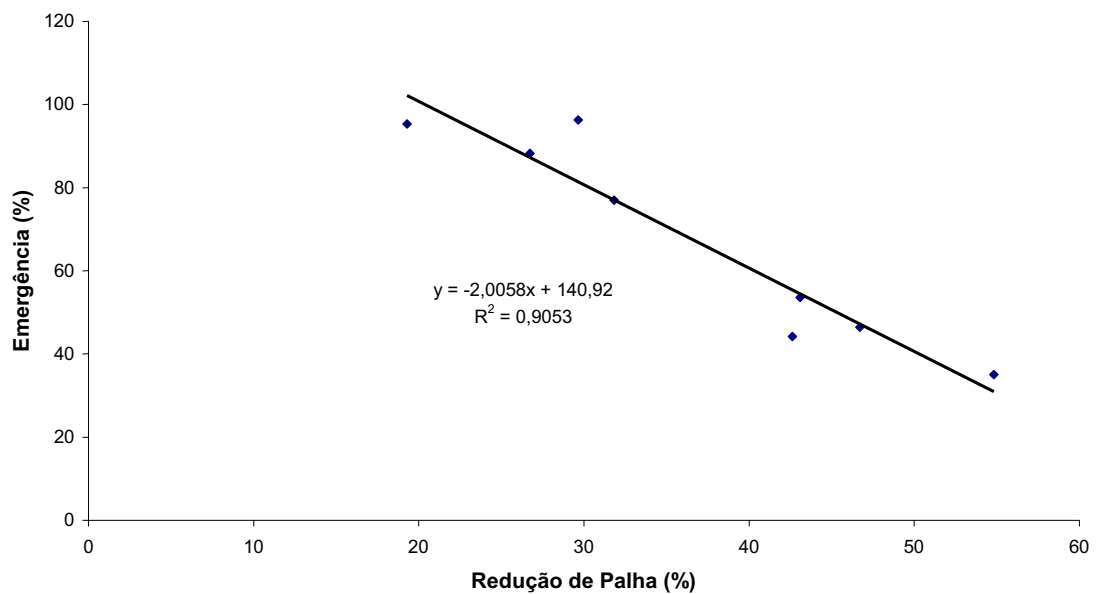


Figura 17. Correlação dos valores médios entre a redução de palha e emergência, nos ensaios com a cultura do feijão.

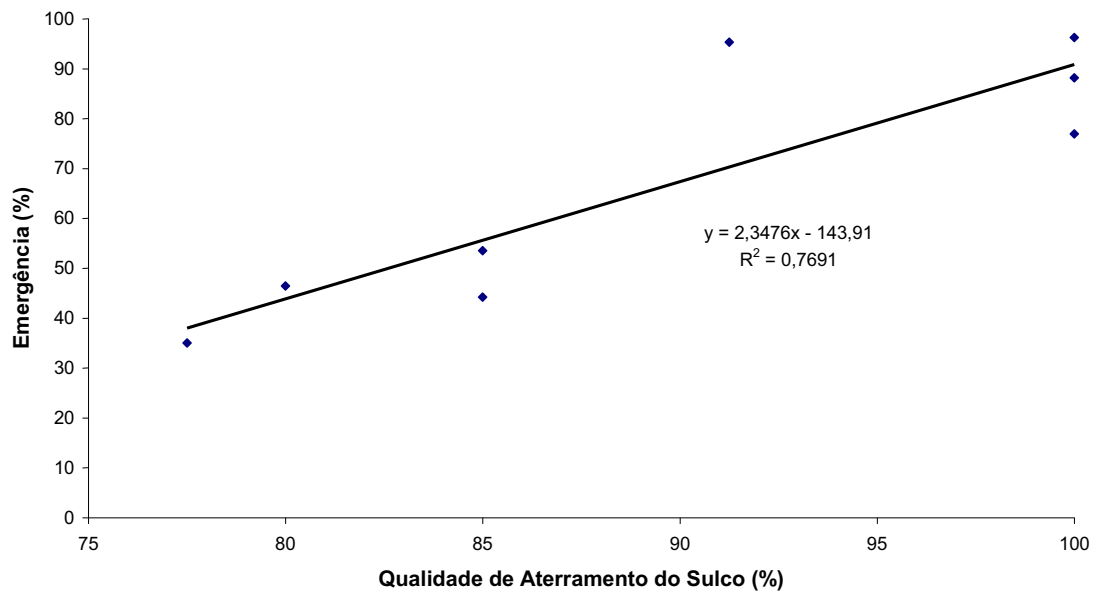


Figura 18. Correlação dos valores médios entre a qualidade de aterramento do sulco e emergência, nos ensaios com a cultura do feijão.

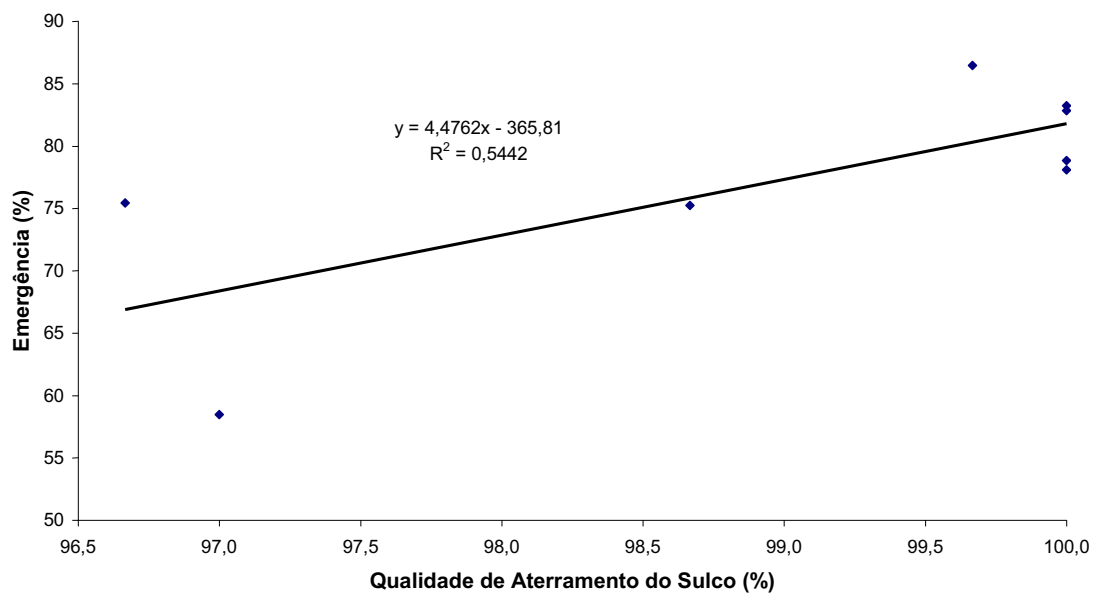


Figura 19. Correlação dos valores médios entre a qualidade de aterramento do sulco e emergência, nos ensaios com a cultura da soja.

Na Figura 20 e Figura 21 observam-se a correlação entre a profundidade de semeadura e a emergência, nas culturas do feijão e da soja. Nota-se que as regressões dos pontos apresentam um ponto ótimo para a profundidade, onde ocorre a influência mais positiva na emergência. Esse ponto demonstra uma profundidade ótima de 3,8 cm na cultura do feijão e 5,5 cm na cultura da soja.

Os valores de  $R^2$  de 0,8 na cultura do feijão e 0,93 na cultura da soja, mostram que o ajuste quadrático proposto para estes pontos descreve bem os dados dos ensaios e que existe uma boa relação entre os atributos.

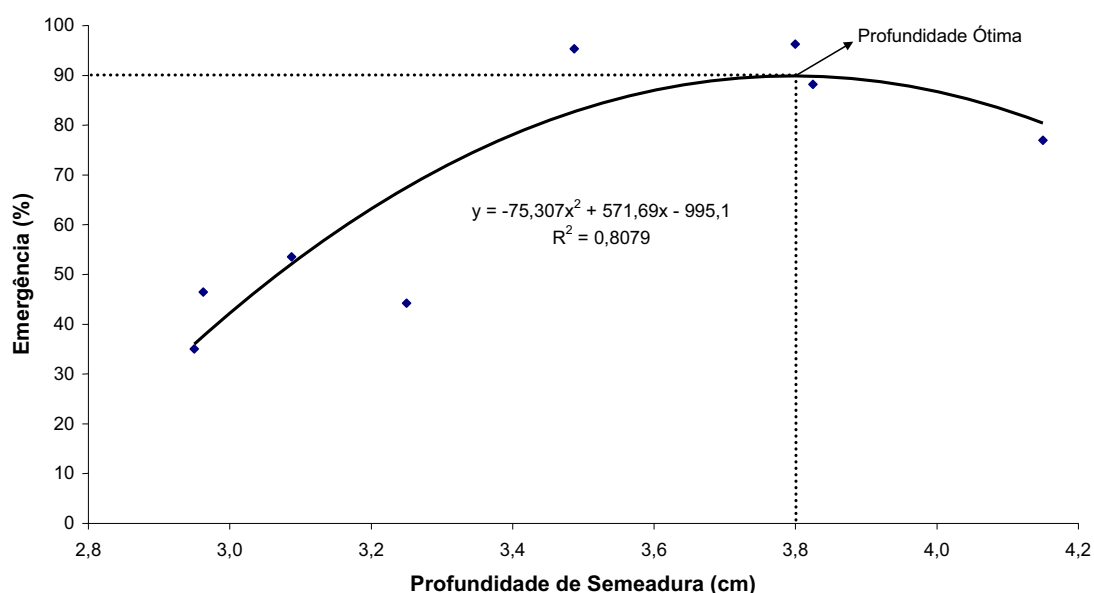


Figura 20. Correlação dos valores médios entre a profundidade de semeadura e emergência, nos ensaios com a cultura do feijão.

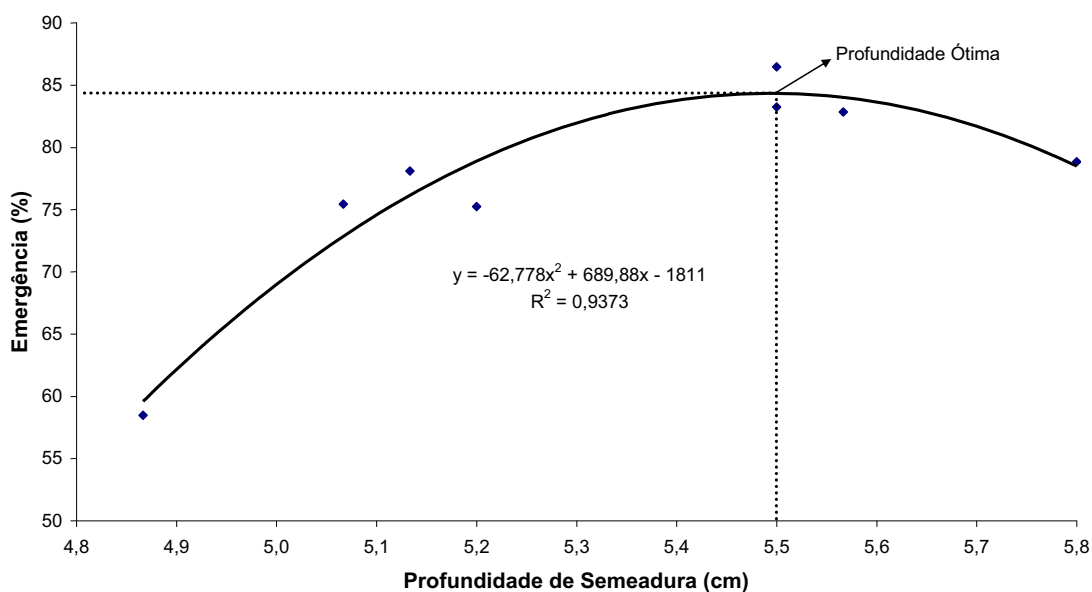


Figura 21. Correlação dos valores médios entre a profundidade de semeadura e emergência, nos ensaios com a cultura da soja.

### 4.3. Análise Geral dos Dados

A grande variabilidade estatística nos ensaios, fez com que o teste de Tukey não apontasse muitas diferenças significativas nas tabelas com os resultados obtidos. No entanto, os valores médios apontaram resultados coerentes permitindo-se que estes pudessem ser levados em consideração durante as análises.

Não foram observadas correlações significativas que demonstrassem a existência de uma tendência entre os parâmetros de cargas aplicadas pelas rodas compactadoras no solo, em relação aos demais parâmetros estudados.

A densidade do solo em ambas as culturas não influenciaram negativamente os resultados. Da mesma forma, devido a faixa de solo utilizada na fase de desenvolvimento inicial estar mobilizada, o índice de cone observado nas culturas também não prejudicou o desenvolvimento das mesmas.

Em ambas as culturas, foi observada a ocorrência de selamento superficial nos tratamentos constituídos por rodas compactadoras lisas, mesmo nos casos em que estas apresentavam sulco interno.

A qualidade de aterramento do sulco apresentou variabilidade em ambas as culturas. Na cultura do feijão pode-se observar que os maiores percentuais encontram-se nos tratamentos constituídos por discos aterradores. Na cultura da soja, os valores encontram-se mais próximos uns dos outros, mas pode-se observar que os maiores percentuais também concentram-se nos tratamentos constituídos por discos aterradores.

Observou-se que o percentual de sementes expostas, na cultura do feijão, foi diferente de zero em 3 dos 4 tratamentos sem discos aterradores em sua composição, sendo zero em todos os tratamentos com discos aterradores. Na cultura da soja, foram observadas sementes expostas em todos os tratamentos, o que pode ser explicado pela própria condição de semeadura, com uma taxa de sementes por metro muito alta, resultando em uma elevada taxa de sementes por segundo. Na correlação dos parâmetros percebe-se que as menores profundidades de semeadura estão associadas a presença de sementes expostas, assim como os maiores percentuais de palha após a semeadura também relacionam-se com os menores percentuais de sementes expostas. Da mesma forma, nota-se a maior profundidade de semeadura, bem como o maior percentual de palha após a semeadura, nos tratamentos compostos por discos aterradores, relaciona a presença dos mesmos a um menor, ou nulo, percentual de sementes expostas.

Conforme já observado, os discos aterradores associam-se a maiores percentuais de cobertura com palha, sendo os maiores resultados encontrados na presença destes juntamente com as rodas controladoras de profundidade paralelas. Na correlação dos parâmetros nota-se que a elevação na qualidade de aterramento do sulco também eleva a cobertura com palha após a semeadura, isso pois a operação de aterramento também contribuir no retorno da palha para o sulco de semeadura. E neste sentido, os discos aterradores promovem elevação em ambos os atributos.

O atributo de redução de palha está intimamente ligado ao parâmetro de cobertura com palha após a semeadura. No caso deste experimento, os resultados de desempenho de cada um dos tratamentos mostraram-se similares, porém não totalmente iguais, o que pode se explicado em virtude de algumas variações que devem

ter ocorrido na cobertura com palha anterior a operação de semeadura. No entanto, o parâmetro de redução de palha também apresenta os tratamentos compostos por discos aterradores com os menores, e melhores resultados. No caso da soja, também pode-se notar melhores resultados nos tratamentos que associam os discos aterradores às rodas controladoras de profundidade paralelas.

A emergência apresentou o mesmo padrão observado para os atributos anteriores, no caso da cultura do feijão, onde os tratamentos com discos aterradores apresentaram melhores resultados, com destaque aos tratamentos 7F e 8F, como também rodas controladoras de profundidade paralelas, com tendência de serem os melhores resultados, visto que o teste de Tukey não distingue os tratamentos 5F a 8F.

Os valores de emergência, no caso da cultura da soja, não apresentaram valores estatisticamente diferentes, mas os valores médios mais elevados também podem ser observados nos tratamentos que possuem discos aterradores. Além disso, já foi mostrado que a variabilidade entre as repetições dos ensaios, é menor nos tratamentos com discos aterradores, com destaque no tratamento 8S, que apresentou o menor desvio entre as suas repetições. Nas correlações dos parâmetros nota-se que a cobertura com palha e a qualidade de aterramento do sulco influenciam diretamente no resultado da emergência, enquanto que a redução de palha influencia inversamente.

Conforme observado por Silva, et. al. (2008), nas maiores profundidades de semeadura têm-se um aumento na umidade e uma diminuição na temperatura do solo, que até um certo ponto são condições favoráveis para a emergência das plântulas, o que pode ser confirmado com os resultados experimentais. No trabalho de Morrison Jr. (1988), também observa-se a elevação da umidade elevam a emergência. Nos atributos de emergência os tratamentos com discos aterradores, que também possuíam maior profundidade de semeadura, apresentaram os melhores resultados.

Casão Junior & Siqueira (2006) comentam que a elevada profundidade acaba por consumir mais energia da semente para emergir, resultando na redução do seu vigor e conseqüentemente, da emergência. A semeadura profunda atrasa a emergência das plantas, devido às temperaturas mais baixas nas camadas mais profundas.

Na Figura 20 e Figura 21 observou-se um ponto ótimo de emergência em função da profundidade da semeadura, sendo de 3,8 cm na cultura do feijão e de 5,5 cm na cultura da soja. Logo, há uma tendência de ocorrerem melhores resultados de emergência a estas profundidades, onde a faixa de temperatura e umidade do solo é mais favorável. Como seria de se esperar, estes valores aproximam-se dos valores de profundidade recomendados para os respectivos cultivares de cada cultura.



## 5. CONCLUSÕES

A cultura do feijão, associada a cobertura vegetal com trigo, foi mais sensível a variação dos mecanismos de acabamento de semeadura em relação a cultura da soja, associada a cobertura vegetal com sorgo.

Os discos aterradores melhoram os resultados das unidades de semeadura, elevando a qualidade de aterramento do sulco e a cobertura com palha após a semeadura, reduzindo a porcentagem de sementes expostas e a redução de palha no sulco, e elevando a emergência da plântulas.

As rodas controladoras de profundidade paralelas melhoram os resultados dos discos aterradores, inclusive de emergência.

As rodas compactadoras lisas não são indicadas, pois promovem problemas de selamento superficial, mesmo com cargas aplicadas menores, e podendo se intensificar com cargas aplicadas maiores.

As rodas compactadoras em “V” apresentaram bons resultados, mas as rodas compactadoras com garras e sulcos internos tendem a ser melhores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECHT, D.G. No-till crop establishment on red earth soils at Katherine, Northern Territory: effect of sowing depth and firming wheel pressure on the establishment of cowpea, mung bean, soybean and maize. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 29, n.3, p. 397-402, 1989.

ACHARYA, C.L.; SHARMA, P.D. Tillage and mulch effects on soil physical environment, root growth, nutrient uptake and yield of maize and wheat on an Alfisol in north-west India. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.32, p.291-302, 1994.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards**; 1996: standards engineering practices data. 43th ed. Niles Road, 1996. 414p.

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA R. **Mecanização do plantio direto: problemas e soluções**. Londrina, PR: IAPAR, Foz de Iguaçu, ITAIPU BINACIONAL, 2001. 18p. (Informe de Pesquisa, 137).

ARSHAD, M. A., LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141 (Special Publication, 49).

BALASTREIRE, L. A. Máquinas Agrícolas. São Paulo: Manole, 1990. 307p.

BASTOS FILHO, G.; NAKAZONE, D.; BRUGGEMANN, G.; MELO, H. Uma avaliação do plantio direto no Brasil. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 14-17, set./out. 2007.

BRAGAGNOLO, L.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 369 – 374 , 1990.

BROWN, A. D. et al. Effect of soil macroporosity and aggregate size on seed-soil contact. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 203-216, 1996.

BOWEN, H.D. Alleviating mechanical impedance. In: ARKIN, G.F.; TAYLOR, H.M., (Ed.). **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph : American Society of Agricultural Engineers, 1981. p.21-57.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina:IAPAR, 2006. p.55-74.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A. G. **Dinâmica de semeadoras diretas em Marechal Cândido Rondon, PR: resultados de avaliação**. Londrina, PR: IAPAR, 2001. 26p.

CASÃO JUNIOR, R., CAMPOS C. F.; QUEIROZ, G. A. C.; IURKIV L. **Aperfeiçoamento na unidade de semeadura**. Londrina: IAPAR, 2003.

\_\_\_\_\_; SIQUEIRA, R. **Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema plantio direto**. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 88p.

\_\_\_\_\_; CAMPOS, C. F. Desempenho de diferentes sistemas de acabamento de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2004. 4 p. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_; FREITAS, J. P. de. **Desempenho de diferentes sistemas de acabamento de semeadura em semeadoras de precisão para plantio direto**: Relatório de Bolsa de Iniciação Científica- PIBIC, CNPq, IAPAR. Londrina, PR: IAPAR, 2005. 45 p.

\_\_\_\_\_; SIQUEIRA, R. Máquinas para manejo de vegetações e semeadura em plantio direto. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, Foz do Iguaçu: ITAIPU BINACIONAL, 2006. p. 85-126.

\_\_\_\_\_; ARAÚJO, A. G. de; FUENTES, R. L. **Sistema plantio direto no sul do Brasil**: fatores que promoveram a evolução do sistema e desenvolvimento de máquinas agrícolas. Londrina: IAPAR, 2008. 100 p.

CASTIGLIONI, V. B. R. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil – 2005. Londrina: Embrapa, 2004. 239 p. (Sistemas de Produção, 6).

Catálogo de Serviços e Produtos: trigo BRS 220. Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2009. Disponível em:

<[http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo\\_de\\_produtos/.html](http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo_de_produtos/.html)>. Acesso em: 18 out. 2009 .

Catálogo de Serviços e Produtos: soja BRS 184. Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2009. Disponível em:

<[http://www.catalogosnt.cnpsa.embrapa.br/catalogo\\_de\\_produtos/.html](http://www.catalogosnt.cnpsa.embrapa.br/catalogo_de_produtos/.html)>. Acesso em: 18 out. 2009. .

CHAILA, S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. **Malezas**, v. 14, . n.2, p.1-78, 1986.

CIRINO, V. M.; LOLLATO, M. A.; FONSECA JUNIOR, N. da S.; OLIARI, L. Cultivares. In: **Feijão: tecnologia de produção**. Londrina: IAPAR, 2000. p.83-99. (Informe de Pesquisa, 135).

COAN, O.; ORTOLANI, A.F.; PELLICER, C.A.P. Influência da profundidade de semeadura e compactação do solo sobre a semente na emergência, desenvolvimento inicial e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEA, 1986. p. 76-83.

COAN, R.M. **Efeito da profundidade de semeadura e da compactação do solo sobre a semente no comportamento da aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb).** 1996. 68 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

COELHO, F.C. **Influência da profundidade de semeadura e compressão do solo, na emergência e desenvolvimento inicial da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar UFV-1.** 1979. 71f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1979.

COELHO, A.M.; FRANÇA, F.E.; BAHIA, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Balanço de Nitrogênio (15N) em um latossolo vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.2, p.187-193, 1991.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, D. de S. **Microorganismos e processos biológicos no sistema plantio direto**. Lavras: FAEP, 1998. 23p.

DAO, T.H. Tillage system and crop residue effects on surface compaction of a paleustoll. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.141-148, 1996.

DU, B.; BEKELE, A.; MORRISON JR., J. E. Drill Furrow Opener Effects on Wheat and Sorghum Establishment in No-Till Fields. **ASAE - Applied Engineering in Agriculture**, Vol. 20(2), p 179-185, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<http://www.carol.com.br/cj07.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2009.

FERNANDES, E.J.; ORTOLANI, A.F. Influência da profundidade de semeadura e compactação do solo sobre a emergência, desenvolvimento e produtividade do sorgo sacarino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17., 1988, Iperó. **Anais...** Iperó: SBEA, 1988. v. 2, p. 415-24.

FURLANI, C. E. A. et al. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 9, n. 3, p. 147-153, 2001.

FURLANI, C. E. A. et al. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.388-395, maio/ago. 2004.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996.

GUPTA, S.C.; SCHNEIDER, E.C.; LARSON, W.E.; HADAS, A. Influence of corn residue on compression and compaction behavior of soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.51, p.207-212, 1987.

HANNA, H. M.; STEWARD, B. L.; ALDINGER, L. Soil Loading Effects of Planter Depth-Gauge Wheels on Early Corn Growth. **2008 ASABE Annual International Meeting**, Providence, Rhode Island, 2008, 9p.

HUMMEL, J. W. et al. Soybean emergence from field seedbed environments. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 4, p. 872-878, 1981.

JUSTINO, A. **Influência da profundidade de semeadura e compressão sobre o solo, na emergência e desenvolvimento inicial do amendoim (*Arachis hipogaea* L.) variedade Tatu**. 1982. 71 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1982.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; BERTON, A. L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2000. 20p.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três latossolos. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 497-506, 1999.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil Water Conservation**, v. 36, p. 341-43, 1981.

MIALHE, L.G. Rodado e sistema de direção. In: \_\_\_\_\_. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU, 1980. v.2, cap. 13, p. 189-196.

MORRISON JR., J. E. Factors Affecting Plant Establishment with a No-tillage Planter Opener. **ASAE - Applied Engineering in Agriculture**, Vol. 5 (3), p 316-318, 1988.

ORTOLANI, A. F.; SILVA, F. M da DANIEL, L. A. Rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras – I: Influência no acondicionamento físico do solo na região de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1991.

PERDOK, U. D.; KOUWENHOVEN, J. K. Soil-tool interactions and field performance of implements. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, n. 2, p. 283-326, 1994.

REICHARDT, K. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p.

REIS, E. F. Avaliação de mecanismos rompedores e compactadores em semeadura direta. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.3, p.212-221, jul./set. 2004.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico vermelho-escuro de Eldorado de Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.

SILVA, F.M. **Influência do tipo de rodas compactadoras de semeadorasadubadoras no condicionamento físico do solo e no desenvolvimento**



**de plantas.** 1990. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola-Máquinas Agrícolas)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

SILVA, F. M et al. Rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras: influência no condicionamento físico do solo na região de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. p.1126-1146.

SILVA, R. P. et al. Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 929-937, maio/jun. 2008.

STEFANUTTI, R. **Desenvolvimento de uma pista de ensaio e carrinho com rodas compactadoras para estudos relacionados com emergência de plântulas.** 1979. 60 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1979.

WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R. The influence of sowing depth and seed press wheel weighting on seedling emergence of crisp lettuce. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.104, n. 3, p.631-6, 1985.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola.** 21.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004.

## **ANEXOS**

Tabela 20. Dados do experimento com o feijão.

|   |   | Emergência (%) | Profundidade de Semeadura (cm) | Densidade do Solo (g·cm³) | Umidade Gravimétrica de 5 a 10cm (%) | Umidade Gravimétrica de 0 a 5cm (%) | Cobertura com Palha após a Semeadura (%) | Profundidade do Sulco (cm) | Qualidade de Aterramento do Sulco (%) | Selamento Superficial (%) | Resistência a Penetração (kPa) | Redução de Palha (%) | Sementes Expostas (%) | Tratamento | Bloco |
|---|---|----------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|------------|-------|
| 1 | 1 | 43             | 3,10                           | 1,30                      | 29,8                                 | 28,3                                | 25,5                                     | 9,7                        | 75                                    | 0                         | 2122                           | 73,83                | 0,00                  | 1          | 1     |
| 1 | 2 | 56             | 3,50                           | 1,32                      | 28,9                                 | 26,2                                | 54,5                                     | 10,2                       | 85                                    | 0                         | 1922                           | 42,33                | 0,00                  | 1          | 2     |
| 1 | 3 | 42             | 2,55                           | 1,41                      | 30,7                                 | 28,4                                | 43                                       | 10,6                       | 80                                    | 20                        | 2733                           | 42,47                | 0,00                  | 1          | 3     |
| 1 | 4 | 25             | 3,05                           | 1,31                      | 31,9                                 | 29,8                                | 45                                       | 10,6                       | 70                                    | 30                        | 3211                           | 51,00                | 0,68                  | 1          | 4     |
| 1 | 5 | 59             | 3,85                           | 1,31                      | 27,9                                 | 27,1                                | 64,5                                     | 10,9                       | 100                                   | 80                        | 3100                           | 31,36                | 0,00                  | 1          | 5     |
| 1 | 6 | 79             | 3,55                           | 1,27                      | 27,8                                 | 32,0                                | 69                                       | 10                         | 100                                   | 0                         | 2900                           | 26,20                | 0,00                  | 1          | 6     |
| 1 | 7 | 93             | 3,35                           | 1,33                      | 29,9                                 | 26,9                                | 57                                       | 9,8                        | 80                                    | 20                        | 2989                           | 22,64                | 0,00                  | 1          | 7     |
| 1 | 8 | 93             | 4,10                           | 1,24                      | 28,8                                 | 27,3                                | 69                                       | 9,9                        | 100                                   | 0                         | 2600                           | 22,04                | 0,00                  | 1          | 8     |
| 2 | 1 | 50             | 3,05                           | 1,26                      | 28,4                                 | 25,1                                | 36,5                                     | 10,1                       | 80                                    | 0                         | 2689                           | 54,68                | 0,68                  | 2          | 1     |
| 2 | 2 | 71             | 3,30                           | 1,27                      | 29,1                                 | 27,7                                | 35,5                                     | 10                         | 90                                    | 0                         | 2400                           | 61,79                | 0,00                  | 2          | 2     |
| 2 | 3 | 28             | 3,30                           | 1,28                      | 29,0                                 | 25,4                                | 43                                       | 9,7                        | 80                                    | 30                        | 2756                           | 52,22                | 0,00                  | 2          | 3     |
| 2 | 4 | 38             | 2,55                           | 1,26                      | 30,9                                 | 30,9                                | 49                                       | 9,7                        | 85                                    | 10                        | 2644                           | 46,44                | 0,00                  | 2          | 4     |
| 2 | 5 | 73             | 4,45                           | 1,24                      | 28,2                                 | 26,3                                | 62                                       | 10,6                       | 100                                   | 90                        | 3011                           | 31,88                | 0,00                  | 2          | 5     |
| 2 | 6 | 86             | 3,30                           | 1,21                      | 29,0                                 | 24,7                                | 67,5                                     | 9,5                        | 100                                   | 0                         | 2456                           | 21,47                | 0,00                  | 2          | 6     |
| 2 | 7 | 108            | 3,70                           | 1,24                      | 28,9                                 | 25,3                                | 67                                       | 9,3                        | 100                                   | 10                        | 2911                           | 22,94                | 0,00                  | 2          | 7     |
| 2 | 8 | 96             | 3,65                           | 1,22                      | 29,1                                 | 26,9                                | 63,5                                     | 9,3                        | 100                                   | 0                         | 2222                           | 34,20                | 0,00                  | 2          | 8     |
| 3 | 1 | 28             | 2,70                           | 1,25                      | 27,8                                 | 24,4                                | 41,5                                     | 9,5                        | 75                                    | 0                         | 2800                           | 55,39                | 0,68                  | 3          | 1     |
| 3 | 2 | 52             | 2,75                           | 1,25                      | 30,0                                 | 28,8                                | 62,5                                     | 9,7                        | 90                                    | 0                         | 3233                           | 36,55                | 0,00                  | 3          | 2     |
| 3 | 3 | 48             | 4,45                           | 1,25                      | 30,5                                 | 25,8                                | 44,5                                     | 10,7                       | 90                                    | 30                        | 2733                           | 44,67                | 0,00                  | 3          | 3     |
| 3 | 4 | 40             | 2,90                           | 1,28                      | 30,3                                 | 28,1                                | 54,5                                     | 10,7                       | 80                                    | 10                        | 2611                           | 40,75                | 0,00                  | 3          | 4     |
| 3 | 5 | 91             | 4,35                           | 1,21                      | 28,4                                 | 25,5                                | 62                                       | 11,2                       | 100                                   | 95                        | 2889                           | 26,21                | 0,00                  | 3          | 5     |
| 3 | 6 | 85             | 4,45                           | 1,22                      | 31,0                                 | 25,7                                | 57                                       | 10,2                       | 100                                   | 0                         | 2944                           | 37,75                | 0,00                  | 3          | 6     |
| 3 | 7 | 90             | 3,60                           | 1,25                      | 31,1                                 | 29,7                                | 70                                       | 10,3                       | 100                                   | 10                        | 2656                           | 21,79                | 0,00                  | 3          | 7     |

|          |          |      |       |      |    |     |      |      |      |      |      |      |     |
|----------|----------|------|-------|------|----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| <b>3</b> | <b>8</b> | 0,00 | 22,31 | 2611 | 0  | 100 | 10,2 | 66   | 27,0 | 31,8 | 1,26 | 3,90 | 97  |
| <b>4</b> | <b>1</b> | 2,05 | 35,44 | 3056 | 0  | 80  | 9,4  | 61   | 26,3 | 28,6 | 1,31 | 2,95 | 19  |
| <b>4</b> | <b>2</b> | 0,68 | 31,75 | 2844 | 0  | 75  | 9,3  | 64,5 | 27,1 | 29,5 | 1,24 | 2,80 | 35  |
| <b>4</b> | <b>3</b> | 0,00 | 31,15 | 2667 | 35 | 90  | 10   | 63   | 29,3 | 29,5 | 1,25 | 2,70 | 58  |
| <b>4</b> | <b>4</b> | 0,00 | 48,64 | 2589 | 15 | 85  | 10   | 47,5 | 28,5 | 31,2 | 1,21 | 3,35 | 82  |
| <b>4</b> | <b>5</b> | 0,00 | 37,87 | 2633 | 95 | 100 | 9,8  | 57,5 | 28,1 | 29,0 | 1,26 | 3,95 | 84  |
| <b>4</b> | <b>6</b> | 0,00 | 21,57 | 2722 | 0  | 100 | 11,3 | 63,5 | 25,7 | 29,9 | 1,27 | 4,00 | 103 |
| <b>4</b> | <b>7</b> | 0,00 | 9,88  | 1800 | 15 | 85  | 10,8 | 77,5 | 24,1 | 30,9 | 1,26 | 3,30 | 91  |
| <b>4</b> | <b>8</b> | 0,00 | 40,08 | 3322 | 0  | 100 | 10,8 | 50   | 28,7 | 29,9 | 1,27 | 3,55 | 100 |



Tabela 22. Correlações com dos parâmetros do feijão, onde os valores em negrito apresentam valor absoluto maior que 0,7.

|                                                     | Sementes Expostas (%) | Redução de Palha (%) | Resistência a Penetração (kPa) | Selamento Superficial (%) | Qualidade de Aterramento do Sulco (%) | Profundidade do Sulco (cm) | Cobertura Palha após Semeadura (%) | Umidade Gravimétrica de 0 a 5cm (%) | Umidade Gravimétrica de 5 a 10cm (%) | Densidade do Solo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) | Profundidade de Semeadura (cm) | Emergência (%) | Carga Aplicada na Roda (N) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|
| Sementes Expostas (%)                               | 1                     | <b>0,74</b>          | -0,23                          | -0,31                     | -0,68                                 | -0,67                      | <b>-0,74</b>                       | -0,32                               | -0,35                                | 0,34                                                | -0,60                          | -0,64          | -0,28                      |
| Redução de Palha (%)                                | <b>0,74</b>           | 1                    | -0,01                          | -0,14                     | <b>-0,81</b>                          | -0,41                      | <b>-0,98</b>                       | 0,19                                | -0,10                                | 0,51                                                | <b>-0,74</b>                   | <b>-0,95</b>   | -0,37                      |
| Resistência a Penetração (kPa)                      | -0,23                 | -0,01                | 1                              | <b>0,78</b>               | 0,38                                  | <b>0,84</b>                | 0,04                               | 0,17                                | -0,29                                | -0,32                                               | 0,55                           | 0,02           | <b>0,70</b>                |
| Selamento Superficial (%)                           | -0,31                 | -0,14                | <b>0,78</b>                    | 1                         | 0,32                                  | <b>0,79</b>                | 0,16                               | -0,08                               | -0,38                                | -0,02                                               | 0,53                           | 0,06           | 0,52                       |
| Qualidade de Aterramento do Sulco (%)               | -0,68                 | <b>-0,81</b>         | 0,38                           | 0,32                      | 1                                     | 0,56                       | <b>0,85</b>                        | -0,18                               | -0,23                                | <b>-0,72</b>                                        | <b>0,96</b>                    | <b>0,88</b>    | 0,65                       |
| Profundidade do Sulco (cm)                          | -0,67                 | -0,41                | <b>0,84</b>                    | <b>0,79</b>               | 0,56                                  | 1                          | 0,41                               | 0,25                                | 0,02                                 | -0,29                                               | 0,67                           | 0,32           | 0,63                       |
| Cobertura Palha após Semeadura (%)                  | <b>-0,74</b>          | <b>-0,98</b>         | 0,04                           | 0,16                      | <b>0,85</b>                           | 0,41                       | 1                                  | -0,13                               | 0,05                                 | -0,64                                               | <b>0,77</b>                    | <b>0,96</b>    | 0,43                       |
| Umidade Gravimétrica de 0 a 5cm (%)                 | -0,32                 | 0,19                 | 0,17                           | -0,08                     | -0,18                                 | 0,25                       | -0,13                              | 1                                   | <b>0,76</b>                          | -0,16                                               | -0,27                          | -0,17          | -0,25                      |
| Umidade Gravimétrica de 5 a 10cm (%)                | -0,35                 | -0,10                | -0,29                          | -0,38                     | -0,23                                 | 0,02                       | 0,05                               | <b>0,76</b>                         | 1                                    | 0,07                                                | -0,37                          | 0,04           | -0,54                      |
| Densidade do Solo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) | 0,34                  | 0,51                 | -0,32                          | -0,02                     | <b>-0,72</b>                          | -0,29                      | -0,64                              | -0,16                               | 0,07                                 | 1                                                   | -0,64                          | -0,69          | -0,55                      |
| Profundidade de Semeadura (cm)                      | -0,60                 | <b>-0,74</b>         | 0,55                           | 0,53                      | <b>0,96</b>                           | 0,67                       | <b>0,77</b>                        | -0,27                               | -0,37                                | -0,64                                               | 1                              | <b>0,79</b>    | <b>0,73</b>                |
| Emergência (%)                                      | -0,64                 | <b>-0,95</b>         | 0,02                           | 0,06                      | <b>0,88</b>                           | 0,32                       | <b>0,96</b>                        | -0,17                               | 0,04                                 | -0,69                                               | <b>0,79</b>                    | 1              | 0,36                       |
| Carga Aplicada na Roda (N)                          | -0,28                 | -0,37                | <b>0,70</b>                    | 0,52                      | 0,65                                  | 0,63                       | 0,43                               | -0,25                               | -0,54                                | -0,55                                               | <b>0,73</b>                    | 0,36           | 1                          |

Tabela 23. Correlações com dos parâmetros da soja, onde os valores em negrito apresentam valor absoluto maior que 0,7.

|                                         | Sementes Expostas (%) | Redução de Palha (%) | Resistência a Penetração (kPa) | Selamento Superficial (%) | Qualidade de Aterramento do Sulco (%) | Profundidade do Sulco (cm) | Cobertura Palha após Semeadura (%) | Umidade Gravimétrica de 0 a 5cm (%) | Umidade Gravimétrica de 5 a 10cm (%) | Densidade do Solo (g·cm <sup>-3</sup> ) | Profundidade de Semeadura (cm) | Emergência (%) | Carga Aplicada na Roda (N) |
|-----------------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------|
| Sementes Expostas (%)                   | 1                     | 0,57                 | 0,49                           | 0,19                      | -0,46                                 | -0,43                      | -0,57                              | <b>-0,75</b>                        | 0,60                                 | -0,49                                   | <b>-0,80</b>                   | -0,52          | -0,55                      |
| Redução de Palha (%)                    | 0,57                  | 1                    | -0,16                          | -0,19                     | <b>-0,80</b>                          | -0,12                      | <b>-1,00</b>                       | -0,30                               | -0,14                                | 0,18                                    | <b>-0,81</b>                   | -0,67          | -0,50                      |
| Resistência a Penetração (kPa)          | 0,49                  | -0,16                | 1                              | 0,21                      | 0,09                                  | 0,15                       | 0,16                               | <b>-0,87</b>                        | 0,59                                 | -0,25                                   | 0,00                           | -0,24          | 0,25                       |
| Selamento Superficial (%)               | 0,19                  | -0,19                | 0,21                           | 1                         | 0,51                                  | -0,09                      | 0,19                               | -0,11                               | 0,62                                 | -0,57                                   | 0,10                           | 0,27           | 0,38                       |
| Qualidade de Aterramento do Sulco (%)   | -0,46                 | <b>-0,80</b>         | 0,09                           | 0,51                      | 1                                     | -0,02                      | <b>0,80</b>                        | 0,34                                | 0,38                                 | -0,43                                   | <b>0,77</b>                    | <b>0,74</b>    | 0,50                       |
| Profundidade do Sulco (cm)              | -0,43                 | -0,12                | 0,15                           | -0,09                     | -0,02                                 | 1                          | 0,12                               | -0,16                               | -0,55                                | 0,50                                    | 0,30                           | -0,35          | 0,57                       |
| Cobertura Palha após Semeadura (%)      | -0,57                 | <b>-1,00</b>         | 0,16                           | 0,19                      | <b>0,80</b>                           | 0,12                       | 1                                  | 0,30                                | 0,14                                 | -0,18                                   | <b>0,81</b>                    | 0,67           | 0,50                       |
| Umidade Gravimétrica de 0 a 5cm (%)     | <b>-0,75</b>          | -0,30                | <b>-0,87</b>                   | -0,11                     | 0,34                                  | -0,16                      | 0,30                               | 1                                   | -0,43                                | 0,19                                    | 0,45                           | 0,62           | 0,07                       |
| Umidade Gravimétrica de 5 a 10cm (%)    | 0,60                  | -0,14                | 0,59                           | 0,62                      | 0,38                                  | -0,55                      | 0,14                               | -0,43                               | 1                                    | <b>-0,79</b>                            | -0,11                          | 0,18           | -0,04                      |
| Densidade do Solo (g·cm <sup>-3</sup> ) | -0,49                 | 0,18                 | -0,25                          | -0,57                     | -0,43                                 | 0,50                       | -0,18                              | 0,19                                | <b>-0,79</b>                         | 1                                       | 0,22                           | -0,10          | 0,33                       |
| Profundidade de Semeadura (cm)          | <b>-0,80</b>          | <b>-0,81</b>         | 0,00                           | 0,10                      | <b>0,77</b>                           | 0,30                       | <b>0,81</b>                        | 0,45                                | -0,11                                | 0,22                                    | 1                              | <b>0,75</b>    | <b>0,74</b>                |
| Emergência (%)                          | -0,52                 | -0,67                | -0,24                          | 0,27                      | <b>0,74</b>                           | -0,35                      | 0,67                               | 0,62                                | 0,18                                 | -0,10                                   | <b>0,75</b>                    | 1              | 0,34                       |
| Carga Aplicada na Roda (N)              | -0,55                 | -0,50                | 0,25                           | 0,38                      | 0,50                                  | 0,57                       | 0,50                               | 0,07                                | -0,04                                | 0,33                                    | <b>0,74</b>                    | 0,34           | 1                          |

## Dados estatísticos

### Variáveis da área experimental na cultura do feijão.

Tabela 24. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, na profundidade de 0 a 5cm, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 27.07231175 | 3.86747311 | 1.12    | 0.3862 |
| Bloco           | 3           | 13.19684169 | 4.39894723 | 1.28    | 0.3081 |
| Modelo          | 10          | 40.2691534  | 4.0269153  | 1.17    | 0.3633 |
| Erro            | 21          | 72.3531806  | 3.4453896  |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 112.6223341 |            |         |        |

Tabela 25. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, em %, na profundidade de 5 a 10cm, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 20.87713436 | 2.98244777 | 3.96    | 0.0066 |
| Bloco           | 3           | 4.96332961  | 1.65444320 | 2.19    | 0.1188 |
| Modelo          | 10          | 25.84046396 | 2.58404640 | 3.43    | 0.0084 |
| Erro            | 21          | 15.83396006 | 0.75399810 |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 41.67442402 |            |         |        |



Tabela 26. Teste F para os valores de densidade do solo, em  $\text{g.cm}^{-3}$ , na cultura do feijão.

Os valores de  $\text{Pr} > \text{F}$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad   | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 0.00878793 | 0.00125542 | 1.21    | 0.3415 |
| Bloco           | 3           | 0.02345910 | 0.00781970 | 7.52    | 0.0013 |
| Modelo          | 10          | 0.03224703 | 0.00322470 | 3.10    | 0.0138 |
| Erro            | 21          | 0.02182888 | 0.00103947 |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 0.05407591 |            |         |        |

Tabela 27. Teste F para os valores de resistência a penetração do solo, em kPa, na cultura do feijão. Os valores de  $\text{Pr} > \text{F}$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 294120.3704 | 42017.1958 | 0.26    | 0.9621 |
| Bloco           | 3           | 124706.7901 | 41568.9300 | 0.26    | 0.8540 |
| Modelo          | 10          | 418827.160  | 41882.716  | 0.26    | 0.9835 |
| Erro            | 21          | 3368564.815 | 160407.848 |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 3787391.975 |            |         |        |

Tabela 28. Teste F para os valores de profundidade de trabalho da haste sulcadora, em cm, na cultura do feijão. Os valores de  $\text{Pr} > \text{F}$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad   | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 2.46375000 | 0.35196429 | 1.23    | 0.3321 |
| Bloco           | 3           | 1.34125000 | 0.44708333 | 1.56    | 0.2291 |
| Modelo          | 10          | 3.80500000 | 0.38050000 | 1.33    | 0.2796 |
| Erro            | 21          | 6.02375000 | 0.28684524 |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 9.82875000 |            |         |        |

Tabela 29. Teste F para os valores de selamento superficial no sulco de semeadura, em %, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 26455.46875 | 3779.35268 | 137.10  | <.0001 |
| Bloco           | 3           | 27.34375    | 9.11458    | 0.33    | 0.8033 |
| Modelo          | 10          | 26482.81250 | 2648.28125 | 96.07   | <.0001 |
| Erro            | 21          | 578.90625   | 27.56696   |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 27061.71875 |            |         |        |

Tabela 30. Teste F para os valores de qualidade de aterramento do sulco de semeadura, em %, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 2430.468750 | 347.209821 | 12.73   | <.0001 |
| Bloco           | 3           | 171.093750  | 57.031250  | 2.09    | 0.1319 |
| Modelo          | 10          | 2601.562500 | 260.156250 | 9.54    | <.0001 |
| Erro            | 21          | 572.656250  | 27.269345  |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 3174.218750 |            |         |        |

Tabela 31. Teste F para os valores de sementes expostas, em %, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad   | Quad Medio | Valor F | Pr>F   |
|-----------------|-------------|------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 2.42719688 | 0.34674241 | 2.89    | 0.0280 |
| Bloco           | 3           | 0.39398437 | 0.13132812 | 1.09    | 0.3733 |
| Modelo          | 10          | 2.82118125 | 0.11999479 | 2.35    | 0.0475 |
| Erro            | 21          | 2.51989062 |            |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 5.34107188 |            |         |        |

Tabela 32. Teste F para os valores de redução da quantidade de palha no sulco, em %, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 3919.348254 | 559.906893 | 6.54    | 0.0004 |
| Bloco           | 3           | 350.760470  | 116.920157 | 1.36    | 0.2808 |
| Modelo          | 10          | 4270.108724 | 427.010872 | 4.98    | 0.0010 |
| Erro            | 21          | 1799.098256 | 85.671346  |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 6069.206980 |            |         |        |

Tabela 33. Teste F para os valores de cobertura com palha após a semeadura, em %, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad | Quad Medio  | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|----------|-------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 2433,13  | 347,5893    | 4,16    | 0,0051 |
| Bloco           | 3           | 303,4375 | 101,1458333 | 1,21    | 0,3308 |
| Modelo          | 10          | 2736,56  | 273,6563    | 3,27    | 0,0106 |
| Erro            | 21          | 1756,31  | 83,63393    |         |        |
| Total Corrigido | 31          | 4492,88  |             |         |        |

Tabela 34. Teste F para os valores de profundidade de semeadura, em cm, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| <b>Fonte</b>    | <b>G Liberdade</b> | <b>Sum Quad</b> | <b>Quad Medio</b> | <b>Valor F</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|
| Trat            | 7                  | 5.65054688      | 0.80722098        | 4.29           | 0.0044           |
| Bloco           | 3                  | 0.45148438      | 0.15049479        | 0.80           | 0.5079           |
| Modelo          | 10                 | 6.10203125      | 0.61020313        | 3.24           | 0.0111           |
| Erro            | 21                 | 3.95164063      | 0.18817336        |                |                  |
| Total Corrigido | 31                 | 10.05367188     |                   |                |                  |

Tabela 35. Teste F para os valores de emergência das plântulas, em %, na cultura do feijão. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| <b>Fonte</b>    | <b>G Liberdade</b> | <b>Sum Quad</b> | <b>Quad Medio</b> | <b>Valor F</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|
| Trat            | 7                  | 17416.52975     | 2488.07568        | 12.40          | <.0001           |
| Bloco           | 3                  | 456.09760       | 152.03253         | 0.76           | 0.5303           |
| Modelo          | 10                 | 17872.62734     | 1787.26273        | 8.91           | <.0001           |
| Erro            | 21                 | 4213.06210      | 200.62200         |                |                  |
| Total Corrigido | 31                 | 22085.68945     |                   |                |                  |

### Variáveis da área experimental na cultura da soja.

Tabela 36. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, na profundidade de 0 a 5cm, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 4.05833333  | 0.57976190 | 0.57    | 0.7704 |
| Bloco           | 2           | 4.09000000  | 2.04500000 | 2.00    | 0.1718 |
| Modelo          | 9           | 8.14833333  | 0.90537037 | 0.89    | 0.5595 |
| Erro            | 14          | 14.29666667 | 1.02119048 |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 22.44500000 |            |         |        |

Tabela 37. Teste F para os valores de umidade gravimétrica do solo, em %, na profundidade de 5 a 10cm, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad   | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 0.68958333 | 0.09851190 | 0.43    | 0.8673 |
| Bloco           | 2           | 2.15583333 | 1.07791667 | 4.71    | 0.0273 |
| Modelo          | 9           | 2.84541667 | 0.31615741 | 1.38    | 0.2835 |
| Erro            | 14          | 3.20416667 | 0.22886905 |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 6.04958333 |            |         |        |

Tabela 38. Teste F para os valores de densidade do solo, em  $\text{g.cm}^{-3}$ , na cultura da soja.

Os valores de  $\text{Pr} > \text{F}$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad   | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 0.00838333 | 0.00119762 | 0.26    | 0.9590 |
| Bloco           | 2           | 0.02143333 | 0.01071667 | 2.35    | 0.1323 |
| Modelo          | 9           | 0.02981667 | 0.00331296 | 0.73    | 0.6805 |
| Erro            | 14          | 0.06396667 | 0.00456905 |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 0.09378333 |            |         |        |

Tabela 39. Teste F para os valores de resistência a penetração do solo, em kPa, na cultura da soja. Os valores de  $\text{Pr} > \text{F}$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio  | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 183522.2427 | 26217.4632  | 0.79    | 0.6040 |
| Bloco           | 2           | 336226.8793 | 168113.4396 | 5.10    | 0.0217 |
| Modelo          | 9           | 519749.1220 | 57749.9024  | 1.75    | 0.1676 |
| Erro            | 14          | 461746.8226 | 32981.9159  |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 981495.9446 |             |         |        |

Tabela 40. Teste F para os valores de profundidade de trabalho da haste sulcadora, em cm, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| <b>Fonte</b>    | <b>G Liberdade</b> | <b>Sum Quad</b> | <b>Quad Medio</b> | <b>Valor F</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|
| Trat            | 7                  | 5.57625000      | 0.79660714        | 2.00           | 0.1286           |
| Bloco           | 2                  | 0.30333333      | 0.15166667        | 0.38           | 0.6908           |
| Modelo          | 9                  | 5.87958333      | 0.65328704        | 1.64           | 0.1972           |
| Erro            | 14                 | 5.59000000      | 0.39928571        |                |                  |
| Total Corrigido | 23                 | 11.46958333     |                   |                |                  |

Tabela 41. Teste F para os valores de selamento superficial no sulco de semeadura, em %, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| <b>Fonte</b>    | <b>G Liberdade</b> | <b>Sum Quad</b> | <b>Quad Medio</b> | <b>Valor F</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|
| Trat            | 7                  | 5428.000000     | 775.428571        | 15.27          | <.0001           |
| Bloco           | 2                  | 66.333333       | 33.166667         | 0.65           | 0.5356           |
| Modelo          | 9                  | 5494.333333     | 610.481481        | 12.02          | <.0001           |
| Erro            | 14                 | 711.000000      | 50.785714         |                |                  |
| Total Corrigido | 23                 | 6205.333333     |                   |                |                  |

Tabela 42. Teste F para os valores de qualidade de aterramento do sulco de semeadura, em %, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 42.00000000 | 6.00000000 | 3.69    | 0.0180 |
| Bloco           | 2           | 3.25000000  | 1.62500000 | 1.00    | 0.3927 |
| Modelo          | 9           | 45.25000000 | 5.02777778 | 3.09    | 0.0287 |
| Erro            | 14          | 22.75000000 | 1.62500000 |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 68.00000000 |            |         |        |

Tabela 43. Teste F para os valores de sementes expostas, em %, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad   | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 0.45840000 | 0.06548571 | 0.89    | 0.5404 |
| Bloco           | 2           | 0.23520000 | 0.11760000 | 1.60    | 0.2376 |
| Modelo          | 9           | 0.69360000 | 0.07706667 | 1.05    | 0.4537 |
| Erro            | 14          | 1.03200000 | 0.07371429 |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 1.72560000 |            |         |        |

Tabela 44. Teste F para os valores de redução da quantidade de palha no sulco, em %, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 1468.749583 | 209.821369 | 4.71    | 0.0067 |
| Bloco           | 2           | 353.610833  | 176.805417 | 3.97    | 0.0431 |
| Modelo          | 9           | 1822.360417 | 202.484491 | 4.54    | 0.0059 |
| Erro            | 14          | 623.849167  | 44.560655  |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 2446.209583 |            |         |        |



Tabela 45. Teste F para os valores de cobertura com palha após a semeadura, em %, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|----------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 1231,29  | 175,90     | 4,96    | 0,0053 |
| Bloco           | 2           | 316,75   | 158,38     | 4,47    | 0,0316 |
| Modelo          | 9           | 1548,04  | 172,00     | 4,85    | 0,0044 |
| Erro            | 14          | 496,58   | 35,47      |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 2044,63  |            |         |        |

Tabela 46. Teste F para os valores de profundidade de semeadura, em cm, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad   | Quad Medio | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|------------|------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 2.02291667 | 0.28898810 | 1.35    | 0.2987 |
| Bloco           | 2           | 4.77083333 | 2.38541667 | 11.15   | 0.0013 |
| Modelo          | 9           | 6.79375000 | 0.75486111 | 3.53    | 0.0173 |
| Erro            | 14          | 2.99583333 | 0.21398810 |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 9.78958333 |            |         |        |

Tabela 47. Teste F para os valores de emergência das plântulas, em %, na cultura da soja. Os valores de  $Pr > F$  inferiores a 0.05 indicam que a variação da fonte é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%.

| Fonte           | G Liberdade | Sum Quad    | Quad Medio  | Valor F | Pr > F |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------|--------|
| Trat            | 7           | 1546.448980 | 220.921283  | 1.08    | 0.4233 |
| Bloco           | 2           | 2134.721088 | 1067.360544 | 5.23    | 0.0201 |
| Modelo          | 9           | 3681.170068 | 409.018896  | 2.01    | 0.1173 |
| Erro            | 14          | 2855.102041 | 203.935860  |         |        |
| Total Corrigido | 23          | 6536.272109 |             |         |        |