

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**RESPOSTA DE UM MONITOR DE PRODUTIVIDADE
COM SENSOR ÓTICO A VARIAÇÕES DE
PRODUTIVIDADE EM ARROZ IRRIGADO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Niumar Dutra Aurélio

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

RESPOSTA DE UM MONITOR DE PRODUTIVIDADE COM SENSOR ÓTICO A VARIAÇÕES DE PRODUTIVIDADE EM ARROZ IRRIGADO

por

Niumar Dutra Aurélio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola,
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS)
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Reges Durigon

Santa Maria, RS, Brasil
2011

A927r Aurélio, Niumar Dutra
Resposta de um monitor de produtividade com sensor ótico a variações de produtividade em arroz irrigado / por Niumar Dutra Aurélio. – 2011.
184 p. ; il. ; 30 cm

Orientador: Reges Durigon
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2011

1. Engenharia agrícola 2. Agricultura de precisão 3. Avaliação de precisão
4. Sensor de produtividade I. Durigon, Reges II. Título.

CDU 631.171:633.18.03

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

© 2011

Todos os direitos autorais reservados a *Niumar Dutra Aurélio*. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Farroupilha, n. 8393/302, Bairro São José, Canoas, RS, CEP: 92425-055.

E-mail: naurelio@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**RESPOSTA DE UM MONITOR DE PRODUTIVIDADE COM SENSOR
ÓTICO A VARIAÇÕES DE PRODUTIVIDADE EM ARROZ IRRIGADO**

elaborada por
Niumar Dutra Aurélio

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Reges Durigon, Dr.
(Presidente/Orientador)**

Airton dos Santos Alonço, Dr. (UFSM)

Walter Boller, Dr. (UPF)

Santa Maria, 08 de abril de 2011.

À minha mãe, Rita;

Ao meu pai, Ivan;

À minha irmã, Clarisse;

*À minha avó materna, Notelina (in memoriam),
que me perguntava a cada visita, nos primeiros anos de faculdade,
se eu já era “doutor”;*

*Aos meus amigos de todos os tempos,
jóias de raro valor em minha vida, aos quais eu devo muito,
em especial pelo convívio, compreensão e, claro, pela amizade;*

*À minha companheira, amiga e namorada, Luciana,
que traz em seu ventre o nosso filho Renato;*

A vocês, dedico

AGRADECIMENTOS

*Ao final de uma longa jornada, não é tarefa simples recordar de todos que, de alguma maneira, contribuíram. Portanto, todos os que de alguma forma colaboraram, desde já sintam-se lembrados e façam parte dos meus agradecimentos.
Meu muito obrigado!*

*À Deus,
pela benção da vida, pelo amor, pela saúde e
pela maior graça dada à humanidade: a natureza.*

*À minha família,
que, dentro de sua simplicidade e por que não dizer limitações,
me ensinou valores, os quais trago comigo e tentarei passar aos meus filhos.
Obrigado pelo amor, carinho e dedicação!*

*Àquela que me deu a vida: minha mãe,
por me ensinar a não desistir e a buscar incessantemente os meus sonhos.
Mãe, muito obrigado por ter acreditado e, sobretudo, por nunca ter desistido.
A tua perseverança conseguiu muitas coisas, em especial uma que ninguém
pode tirar: a educação dos teus filhos.*

*À minha companheira, amiga e namorada Luciana,
pelos muitos momentos de renúncia, compreensão e dedicação;
pelas palavras de incentivo que, em muitos momentos, fizeram a diferença,
horas estas em que as forças parecem nos abandonar.*

*Aos meus amigos de Alegrete, Jóri, Rodinéli, César, Gi, Osmar e Carol,
que, em função de todo apoio, me permitiram partir para a vida de estudante em
Santa Maria e nos momentos de retorno à nossa cidade natal, sempre
garantiram o aconchego, carinho e atenção necessários para se manter o
vínculo com a terra onde nasci.*

*Aos amigos da Casa do Estudante Universitário,
À nossa turma chamada de "Curva de Rio",
em especial, ao Juarez e Simone, Júlio e Carol, Franciscatto e Karen,
Ruter e Priscila, Robson, Cícero, André, Mariano e Maicon.
Sem vocês a vida de estudante não seria tão divertida como foi,
os dias seriam mais longos e as noites mais curtas. Vocês são meus eternos
amigos e eu jamais esquecerei de todas as "indiadas" que fizemos juntos.*

*Aos meus amigos do DFS, Jorge, Angelita, Guedes, Ivan, Costa e Mari,
por serem pessoas com quem sempre pude contar, em todos os meus dias de UFSM.*

*Aos moradores de todos os tempos do apartamento 4207 da CEU 2,
por terem sido decisivos no meu retorno à UFSM para o curso de mestrado.*

*Aos meus amigos e colegas do curso de Agronomia,
Engenheira Agrônoma Melissa Carvalho e
Engenheiros Agrônomos Alexandre Kraemer e Fábio Garagorry,*

pela parceria, dedicação e confiança construídas nesses mais de dez anos de convivência. São irmãos que fui conhecer só na faculdade.

*Ao meu orientador, Reges Durigon,
pela convivência, compreensão e dedicação.*

*Aos mestres e amigos, Fernando Schlosser e Fernando Quadros,
pelos seus exemplos pessoais e profissionais,
pelo carinho, dedicação e muitos ensinamentos, que não se limitaram ao domínio de
cada uma das suas áreas e, sim, englobaram aspectos humanos e pessoais que,
certamente, me ajudaram a melhorar como pessoa.*

*Aos mestres, Airton Alonço, Ênio Giotto e Júlio César Farret,
por contribuir significativamente em minha formação, dedicando, muitas vezes,
seu tempo extra para me ajudar, sempre que necessário.*

*Ao Engenheiro Agrônomo Rafael Müller, ao Técnico Eletrônico Adriano Vieira, e ao
Engenheiro Felipe Delvan, a quem se poderia chamar de “anjos do conhecimento”,
pela decisiva ajuda e dedicação na resolução de problemas técnicos dentro das
suas especialidades. Suas contribuições foram valiosas neste trabalho.*

*À Agropecuária Milbradt de Cachoeira do Sul-RS,
em especial, às figuras de Edson e Anderson Milbradt,
por, juntamente com suas famílias, acolherem esse trabalho dentro de sua
propriedade, cedendo áreas, máquinas, equipamentos, pessoal e alojamento
durante todo o período do experimento.*

*Com certeza todo o tempo dedicado por essas famílias a esse projeto se
transformou numa sólida amizade, que, certamente, contribuiu para que os limites
técnicos impostos pelo trabalho fossem superados, dadas as limitações de tempo,
recursos e informações envolvidos na construção do conhecimento sobre a
agricultura de precisão aplicada na lavoura de arroz irrigado no sul do Brasil.*

*Aos queridos colegas do NEMA, Marçal, Alexandre, Paula, Gustavo, Ulisses,
Marcelo, Dirceu, Rodrigo, André Casali e aos Téc. Adm. Zeri e Alberí.
Cada um de vocês me ajudou de uma forma ou de outra, tanto pela simples
convivência, coleguismo e até mesmo pela ajuda nos árduos trabalhos de campo.*

*Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFSM,
por ter me acolhido no seu quadro discente como aluno do curso de mestrado,
proporcionando inúmeras oportunidades, dentre as quais meu trabalho atual;*

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado;

*À Stara S/A Indústria de Implementos Agrícolas, em especial ao Cristiano Buss,
Vagner e Edson Pereira,
pelo apoio e equipamentos necessários ao experimento de campo.*

*À AGCO do Brasil,
em especial ao colegas Gregory, Eduardo, Carla, Roberlaine e Gottin,
por todo apoio nos momentos que precisei, buscando a conclusão do curso.*

A simplicidade é o último degrau da sabedoria

Khalil Gibran

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

RESPOSTA DE UM MONITOR DE PRODUTIVIDADE COM SENSOR ÓTICO A VARIAÇÕES DE PRODUTIVIDADE EM ARROZ IRRIGADO

AUTOR: NIUMAR DUTRA AURÉLIO

ORIENTADOR: REGES DURIGON

DATA E LOCAL DA DEFESA: SANTA MARIA, RS, 08 DE ABRIL DE 2011

A Agricultura de Precisão (AP) tem sido estudada principalmente nas culturas da soja, milho e trigo, sendo que seu uso tem sido crescente em lavouras comerciais. No entanto, na cultura do arroz irrigado, o uso dessa tecnologia ainda não foi devidamente avaliado, nem tampouco suas ferramentas, máquinas e equipamentos como sistemas para mapeamento da produtividade. Este trabalho teve por objetivo avaliar a precisão e a acurácia da resposta a variações de fluxo de grãos de um sistema de mapeamento de produtividade dotado de sensor volumétrico ótico na cultura do arroz irrigado, em terreno sistematizado e não sistematizado. As avaliações foram realizadas na safra 2008/2009 em uma lavoura comercial localizada no município de Cachoeira do Sul, RS. Foi analisada a resposta do sistema quando submetido a variações de aumento e diminuição de fluxo e, também, a mudanças abruptas no fluxo de grãos, por meio de parcelas que simularam as inúmeras situações que ocorrem numa lavoura. Para avaliar o comportamento do sistema foi instalada uma instrumentação paralela na mesma colhedora, que serviu como referência. Nas condições avaliadas, o sistema apresentou distorções em sua acurácia, não respondendo adequadamente a todas as variações a que foi submetido. Na avaliação de totalização da massa de grãos colhida em cada parcela, a diferença percentual foi superior a 3% em quase todos os tratamentos. Os resultados indicam que o monitor de produtividade avaliado não obteve um desempenho satisfatório na maioria dos tratamentos aplicados. Os dados de produtividade tiveram diminuída a sua qualidade pela imprecisão dos dados de velocidade fornecidos pelo receptor GPS, o que não torna adequada a sua utilização como uma ferramenta da AP na cultura do arroz irrigado.

Palavras chave: sensor de produtividade, avaliação de precisão, agricultura de precisão.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Graduate Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria

RESPONSE OF YIELD MONITOR WITH OPTICAL SENSOR TO YIELD VARIATIONS IN IRRIGATED RICE CROP

AUTHOR: NIUMAR DUTRA AURÉLIO

ADVISER: REGES DURIGON

DATE AND PLACE OF EXAMINATION: SANTA MARIA, RS, APRIL 08TH, 2011

Precision Farming (PF) has been studied mainly in soybean, corn and wheat crops, and its use has been increasing in commercial fields. However, in irrigated rice crop, the use of this technology has not yet been fully evaluated, as well as its tools, machinery and equipment such as yield mapping systems. This study aimed to evaluate the precision and accuracy of the response to variations in grain flow of a yield mapping system equipped with an optical sensor in irrigated rice crop both in leveled or non leveled fields. The evaluations were carried out during the 2008/2009 agricultural season on a commercial farm located in the city of Cachoeira do Sul-RS. This evaluation analyzed the behavior of the system when submitted to increased and decreased variations of flow as well as abrupt changes in grain flow using plots that simulated the innumerable situations that occur in a field. To evaluate the behavior of the system, parallel instrumentation was installed on the same harvester, which served as reference. Under the evaluated conditions, the system, presented distortions in accuracy, not responding adequately to all the variations it was submitted to. In the accumulated weight evaluation of each plot, the percentage difference was greater than 3% in almost all the treatments. The results indicate that the evaluated yield monitor did not have satisfactory performance in most of the treatments applied. The Yield data had its quality reduced by the inaccuracy of the speed data provided by the GPS receiver, which makes it unsuitable tool for PF in irrigated rice.crop.

Keywords: yield monitor, accuracy evaluation, precision farming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa do Estado do RS com a localização do município de Cachoeira do Sul	57
Figura 2 - Lavoura de arroz conduzida em área não sistematizada (com taipas)	60
Figura 3 - Lavoura de arroz conduzida em área sistematizada (quadros)	61
Figura 4 - Estação total Kolida KTS 442L utilizada na alocação dos pontos para demarcação das parcelas	62
Figura 5 - Prisma utilizado para demarcação dos pontos para demarcação das parcelas	63
Figura 6 - Processo de colheita das áreas adjacentes e demarcação das parcelas do experimento	64
Figura 7 - Parcelas dos tratamentos de aumento (a) e diminuição (b) de fluxo	65
Figura 8 - Parcela das avaliações de resposta a fluxo zero	66
Figura 9 - Visão geral de uma das áreas experimentais (talhão sistematizado) durante a etapa de construção das parcelas	66
Figura 10 - Parcela do experimento de aumento e diminuição de fluxo pronta para a avaliação	67
Figura 11 - Colhedora Automotriz que recebeu o monitor de produtividade utilizada no experimento	68
Figura 12 - Sensores de produtividade (A) e umidade (B) instalados na colhedora	69
Figura 13 - Detalhes dos sensores de produtividade (A) e umidade (B)	69
Figura 14 - Interruptor de plataforma instalado lateralmente ao condutor longitudinal da colhedora	70
Figura 15 - Interior da cabine da colhedora, terminal de operação e receptor GPS do monitor de	71
Figura 16 - Detalhe dos terminais Falcon 3500® (A) e receptor GPS DGPS MAX (B), componentes do monitor de produtividade avaliado	72
Figura 17 - Esquema geral do sistema de mapeamento de produtividade	73
Figura 18 - Esquema da Colhedora com o sistema de mapeamento de produtividade e a balança eletrônica utilizada como referência	74
Figura 19 - Estrutura base da balança eletrônica e as 3 células de carga montadas em paralelo	75
Figura 20 - Detalhe da célula de carga Primax® modelo BTSl e sua montagem na estrutura base da balança eletrônica	76
Figura 21 - Balança eletrônica instalada no reservatório de grãos da colhedora para servir como referência na avaliação do monitor de produtividade	76

Figura 22 - Painel de comando, <i>datalogger</i> CR 850 e fonte de energia utilizados para a operação da instrumentação de referência	78
Figura 23 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos com aumento de velocidade, aumento e diminuição de fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado	86
Figura 24 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos com diminuição de velocidade, aumento e diminuição de fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado	87
Figura 25 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos com manutenção de velocidade, aumento e diminuição de fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado	88
Figura 26 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos da avaliação de resposta do monitor de produtividade à mudanças abruptas do fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado	89
Figura 27 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	93
Figura 28 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	93
Figura 29 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	95
Figura 30 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	96
Figura 31 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	98
Figura 32 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	98

Figura 33 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	100
Figura 34 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	101
Figura 35 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	103
Figura 36 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	103
Figura 37 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	105
Figura 38 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado	106
Figura 39 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	108
Figura 40 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	109
Figura 41 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	110
Figura 42 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	111

Figura 43 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	112
Figura 44 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	113
Figura 45 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	115
Figura 46 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	115
Figura 47 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	117
Figura 48 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	118
Figura 49 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	119
Figura 50 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado	120
Figura 51 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado ...	123
Figura 52 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à mudança abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado	124

Figura 53 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado	126
Figura 54 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à mudança abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado	127

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização dos valores de velocidade de deslocamento da colhedora nos tratamentos de aumento e diminuição de fluxo em áreas sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado86
- Tabela 2 - Caracterização dos valores de velocidade de deslocamento da colhedora nos tratamentos de avaliação de resposta a mudanças abruptas no fluxo de grãos em áreas sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado..... 88
- Tabela 3 - Conteúdo de umidade dos grãos por tratamento, repetições e média utilizados para correção dos valores para a base seca na avaliação de resposta ao aumento e diminuição do fluxo de grãos em lavoura de arroz irrigado sistematizada e não sistematizada.....90
- Tabela 4 - Conteúdo de umidade dos grãos por tratamento, repetições e média utilizados para correção dos valores para a base seca na avaliação de resposta a mudanças abruptas no fluxo de grãos em lavoura de arroz irrigado sistematizada e não sistematizada..... 90
- Tabela 5 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado92
- Tabela 6 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado94
- Tabela 7 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado97
- Tabela 8 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição de fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado99

Tabela 9 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição de fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado.....	102
Tabela 10 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição de fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado..	104
Tabela 11 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.....	107
Tabela 12 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.....	110
Tabela 13 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.....	112
Tabela 14 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.....	114
Tabela 15 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição do fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.....	116

Tabela 16 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado	119
Tabela 17 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com mudanças abruptas do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado.....	122
Tabela 18 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com mudanças abruptas do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado.....	125

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Relação, descrição e codificação dos tratamentos do experimento de avaliação de resposta do monitor de produtividade ao aumento e diminuição do fluxo de grãos82
- Quadro 2 - Relação, descrição e codificação dos tratamentos do experimento de avaliação de resposta do monitor de produtividade a mudanças abruptas no fluxo de grãos83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Agricultura de Precisão
EU	Unidade Experimental
GPS	<i>Global positioning system</i> (Sistema de posicionamento global)
DGPS	<i>Differential global positioning system</i> (Sistema de posicionamento global diferencial)
L1	Banda L1 do sistema GPS que opera na frequência 1575,42 MHz
L1/L2	Bandas L1 e L2 do sistema GPS que operam nas frequências 1575,42 e 1227,60 MHz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Smar	Base ativa do IBGE – Santa Maria-RS
Poal	Base ativa do IBGE – Porto Alegre-RS
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
.coo	Extensão de arquivo de coordenadas. Contém informações de geocódigos e geralmente são gerados e usados no AUTOCAD
GGA	String (sentença) do padrão NMEA 0183 que contém informações de identificação da mensagem, tempo UTC, Latitude, indicador Norte/Sul, longitude, indicador de Leste/Oeste, indicador de posição fixa, satélites usados, HDOP, Altitude, unidade, altura do geóide, unidade, idade da correção diferencial, identificação da estação de referência, soma de verificação e identificador de fim de mensagem
VTG	String (sentença) do padrão NMEA 0183 que contém informações de identificação da mensagem, direção, referência, referência magnética, velocidade, unidade (nós), velocidade, unidade (km.h ⁻¹), modo, soma de verificação e identificador de final de mensagem
UTC	Tempo universal coordenado (uso horário de referência a partir do qual se calculam todas as outras zonas horárias do mundo)
NMEA 0183	Protocolo “ <i>National Marine Electronics Association 0183</i> ” (conjunto de especificações de dados para comunicação de dispositivos eletrônicos de navegação tais como receptores GPS, piloto automático e muitos outros tipos de instrumentos)
DB9	Conector serial composto de 9 pinos, permitindo a transmissão de dados assíncrona de acordo com a norma RS-232
Mb	Megabyte
Hz	Hertz
LED	<i>Light-emitting diode</i> (diodo emissor de luz)
SD	Cartão SD (cartão de memória e armazenamento)

kg	Kilograma
V	Volt
mV	Milivolt
.csv	extensão de arquivo " <i>comma separated values</i> " (valores separados por vírgula)
.xls	extensão de arquivo de planilha eletrônica da Microsoft®
RS232	Padrão para troca serial de dados binários entre um DTE (terminal de dados – " <i>Data Terminal equipment</i> ") e um DCE (comunicador de dados- " <i>Data Communication equipment</i> "). É comumente usado nas portas seriais dos PCs
.dat	Tipo de formato de arquivo de dados
dB	Decibel (medida da razão entre duas quantidades, sendo usado para uma grande variedade de medições em acústica, física e eletrônica)
R²	Coeficiente de Determinação
CV	Coeficiente de variação (%)

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	141
Apêndice B - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	143
Apêndice C - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	145
Apêndice D - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	147
Apêndice E - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	149
Apêndice F - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	151
Apêndice G - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e aumento de velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	153
Apêndice H - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	155

Apêndice I - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009	157
Apêndice J - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009	159
Apêndice K - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009	161
Apêndice L - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009	163
Apêndice M - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009	165
Apêndice N - Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul, RS, 2009	189

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - <i>Software</i> utilizado no <i>datalogger</i> CR 850 para aquisição e armazenamento dos dados amostrais, parte 1. Cachoeira do Sul, RS, 2009	175
Anexo B - <i>Software</i> utilizado no <i>datalogger</i> CR 850 para aquisição e armazenamento dos dados amostrais, parte 2. Cachoeira do Sul, RS, 2009	177
Anexo C - Esquema de montagem e configuração da balança eletrônica e <i>datalogger</i> CR 850 utilizados como referência nas avaliações. Cachoeira do Sul, RS, 2009	179
Anexo D - Função criada no <i>software</i> Matlab [®] para execução do cálculo matemático da filtragem eletrônica dos dados adquiridos na balança eletrônica. Cachoeira do Sul, RS, 2009.....	181

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	35
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	37
2.1 A agricultura de precisão	37
2.2 A cultura do arroz irrigado	40
2.3 Avaliação do desempenho de monitores de produtividade	45
3 HIPÓTESES	53
4 OBJETIVOS	55
4.1 Objetivo geral	55
4.2 Objetivos específicos.....	55
5 MATERIAL E MÉTODOS	57
5.1 Área do projeto	57
5.2 Justificativa de escolha do local.....	58
5.3 Área de experimento	59
5.4 Construção de parcelas.....	61
5.5 Colhedora e monitor de produtividade avaliado	67
5.6 Instrumentação utilizada como referência para avaliação do monitor de produtividade	73
5.7 Importação e processamento dos dados.....	78
5.8 Descrição dos tratamentos e análise estatística dos dados	81
5.8.1 Resposta do monitor ao aumento e diminuição de produtividade	81
5.8.2 Resposta do monitor a mudanças abruptas de produtividade.....	82
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
6.1 Caracterização da velocidade real e conteúdo de umidade dos grãos	85
6.2 Resposta do monitor de produtividade ao aumento e diminuição no fluxo de grãos	91
6.3 Resposta do monitor de produtividade a mudanças abruptas no fluxo de grãos.....	122
7 CONCLUSÕES	129
8 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
APÊNDICES	139
ANEXOS	173

1 INTRODUÇÃO

A competitividade imposta ao setor produtivo, principalmente à agricultura, obriga o produtor a racionalizar o uso de insumos na lavoura, de forma a aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção. Para alcançar esses objetivos, buscam-se alternativas através do aumento do nível de gerenciamento da propriedade e também pela adoção de tecnologias adequadas. Neste contexto, a Agricultura de Precisão (AP) torna-se uma valiosa ferramenta, pois fornece informações importantes para o gerenciamento da variabilidade espacial e temporal das áreas de cultivo, bem como ferramentas para seu tratamento.

As técnicas de agricultura de precisão estão mais difundidas nas culturas de soja, milho e trigo, através da elaboração de mapas de produtividade, atributos de solo e aplicação de insumos em taxas variáveis. Entretanto, para a cultura do arroz irrigado, estas técnicas ainda estão pouco avaliadas e difundidas, representando uma área potencial para o desenvolvimento desta estratégia de gerenciamento agrícola.

A cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é uma atividade de grande importância econômica e social no Estado do Rio Grande do Sul, onde são produzidos mais de 50% da produção nacional. Isso evidencia a importância dessa atividade e mostra a necessidade do uso de técnicas que proporcionem um maior rendimento de grãos e, conseqüentemente, maior lucratividade ao produtor rural. Nesse cenário, pode-se observar o crescimento da média de produtividade nos últimos anos e, recentemente, se discute o uso de tecnologias como a AP.

Uma das principais ferramentas utilizadas na AP, dentre outras, é o mapeamento da produtividade das culturas, considerado por muitos como o marco inicial do ciclo da agricultura de precisão, visto que a produtividade é a informação mais completa e real da variabilidade existente na lavoura.

De acordo com IRGA (2006), no Censo da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, safra 2004/2005, as lavouras de arroz irrigado caracterizaram-se por apresentarem uma frota de colhedoras com avançada vida útil, sendo naquele ano, mais de 74% das máquinas com mais de dez anos de uso. Máquinas produzidas antes do ano 2000 no Brasil, via de regra, são desprovidas de sistema de

mapeamento de produtividade de fábrica. Ainda, o mercado brasileiro dispõe de poucos modelos dotados de fábrica de sistemas para mapeamento de produtividade em colhedoras específicas para a cultura do arroz irrigado. Com isso, existem algumas empresas desenvolvendo sistemas para serem instalados em qualquer máquina, inclusive as que já estão sendo usadas no campo.

Dentro desse propósito, os sensores volumétricos óticos, apresentam-se como uma alternativa interessante para mapear a produtividade das lavouras de arroz irrigado do sul do Brasil. Esse tipo de sensor tem seu funcionamento baseado numa medida indireta, através de um emissor e de um detector de luz instalados no topo do elevador de grãos limpos da colhedora. Esses sensores não apresentam atrito com os grãos e são conhecidos por funcionarem com uma boa precisão e acurácia, desde que a máquina esteja operando em terrenos não inclinados, condição existente na grande maioria das lavouras de arroz irrigado do sul do Brasil.

A avaliação do desempenho de sensores de produtividade é muito importante dentro do conceito da AP, uma vez que as informações contidas nos mapas de produtividade são utilizadas como subsídio para tomadas de decisões no manejo da lavoura e, portanto, precisam ser confiáveis. A acurácia dos sensores de produtividade foi amplamente discutida na última década, entretanto, avaliações em lavouras de arroz irrigado ainda não são perfeitamente conhecidas, principalmente no que diz respeito às características próprias desse tipo de cultivo e suas relações com o mapeamento de produtividade.

Com o intuito de avaliar o desempenho de um sistema de mapeamento de produtividade operando numa lavoura de arroz irrigado, apresenta-se nesse trabalho a avaliação da resposta de um sistema de mapeamento de produtividade a variações feitas artificialmente em uma lavoura de arroz irrigado.

Os resultados desse trabalho pretendem subsidiar futuras pesquisas para a adoção do mapeamento da produtividade e a AP, de um modo geral, nas lavouras de arroz irrigado, visando o aumento da produtividade, a redução dos custos de produção e, indiretamente, a sustentabilidade ambiental.

A menção a marcas ou nomes de empresas foi utilizada apenas para facilitar o entendimento do leitor sobre este trabalho, além de melhor descrever as condições em que o mesmo foi desenvolvido, não significando nenhum aval ou tratamento preferencial do produto ou marca por parte do autor e da UFSM.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A agricultura de precisão

A crescente necessidade de aumento da eficiência de todo o ciclo da agricultura, com o objetivo de produzir mais e melhor, reduzindo custos e buscando a sustentabilidade ambiental, traz a demanda por tecnologias modernas, que consigam esses objetivos de maneira racional, levando em consideração a variabilidade existente nas áreas de cultivo. Dentro desse contexto, a agricultura de precisão (AP) apresenta-se como uma importante ferramenta que, aliada a outras, pode contribuir significativamente para tornar a agricultura mais moderna, eficiente e ambientalmente menos impactante.

Autores como Dobermann e Ping (2004) conceituaram que a AP consiste em aplicar no local correto (espaço), no momento adequado (tempo), as quantidades de insumos necessários (quantidade) à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam. Também pode ser caracterizada como um conceito de manejo de solo-planta, baseada em princípios de gerenciamento agrícola de informações sobre variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade (MERCANTE; URIBE-OPAZO; SOUZA, 2003). A adoção desta ferramenta de gerenciamento justifica-se pelo fato de que, apesar da maioria dos produtores agrícolas considerarem o solo uniforme, as áreas de cultivo podem ter consideráveis variações espaciais em seus atributos, tais como tipo de solo, características físicas, produtividade e necessidade de nutrientes.

Para Focht et al. (2004) a AP consiste em um conjunto de técnicas que envolvem máquinas, equipamentos, *software* e pessoal especializado, com o objetivo de prover ferramentas mais apuradas, no que diz respeito ao gerenciamento agrícola, colocando à disposição tecnologias que proporcionam informações capazes de melhorar a eficiência da atividade agrícola. Nesta lógica de atuação, há necessidade de profissionais com visão holística, capazes de inter-relacionar todas as informações que envolvem a agricultura. Desta forma, a AP vem se destacando

como uma forma de gerenciamento localizado, realizado através da disponibilização de ferramentas que permitem a identificação da variabilidade dos atributos da lavoura e a sua intervenção de forma localizada. Molin (1998) reforçou a importância do sistema de localização, Sistema de Posicionamento Global (GPS), como responsável pela impulsão da Agricultura de Precisão. Atualmente existem outros sistemas sendo disponibilizados e a terminologia correta é *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) – Sistemas Globais de Navegação por Satélites. Esse conceito, de acordo com Gleason e Gebre-Egziabher (2009), compreende constelações de satélites projetadas para fornecer informações de tempo e posicionamento para usuários na terra e no espaço. Esses mesmos autores afirmam que, na atualidade, o sistema GNSS mais usado e difundido é o GPS.

Utilizando-se de ferramentas que permitam avaliar a variabilidade da lavoura, a AP é praticada como um sistema de gerenciamento da produção agrícola, principalmente o gerenciamento da variabilidade espacial e temporal da produção e dos fatores a ela relacionados.

Segundo Senay et al. (1998) o manejo da variabilidade espacial da produção começa com o mapeamento da produtividade. Mapas de produtividade fornecem elementos básicos para o balanço de nutrientes e na avaliação de manchas de fertilidade, o que permite organizar a lavoura em zonas específicas de manejo, levando ao aumento da eficiência no controle de todo o sistema (SCHUNG et al., 1993). Como as culturas estão sujeitas aos efeitos integrados do clima, estresse (doenças, nutrientes e água) e propriedades do solo, o zoneamento possibilita o monitoramento e a tomada de decisão *in loco*.

Um dos questionamentos da adoção de ferramentas da Agricultura de Precisão está no custo de aquisição e depreciação dos equipamentos utilizados. Dentre estes equipamentos, os mais essenciais nas culturas de grãos são os sensores e monitores de produtividade, utilizados na geração de dados para a confecção de mapas de produtividade, pois eles são os aferidores de qualquer atitude de manejo agrônômico localizado adotado na área. Segundo autores, como Makepeace (1996) e Molin (2000), os mapas de produtividade são responsáveis por materializar a resposta da cultura e em muitos casos são essenciais.

Até o momento, na geração de mapas de produtividade, todas as colhedoras deveriam possuir a instrumentação embarcada, isto é, sensores, monitores e GPS. Porém, devido à intensidade de coleta de dados dos monitores comerciais em geral,

é possível alternar passadas de uma colhedora instrumentada com colhedoras não instrumentadas para otimizar o uso da mesma no mapeamento da produtividade, não perdendo as grandes tendências do mapa de produtividade (SHIRATSUCHI et al., 2004).

O mapa de produtividade é apenas uma etapa de todo o processo que envolve a AP e representa o efeito combinado de diversas fontes de variabilidade espacial e temporal. Uma parte desta variabilidade pode ser atribuída a fatores que são constantes ou variam lentamente, enquanto outros fatores são transitórios, mudando em sua importância e distribuição espacial e temporal de uma safra para outra (DURIGON, 2007).

O método que permite a geração de mapas de produtividade detalhados exige certa sofisticação para a obtenção dos dados essenciais. Inicialmente assume-se que o mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos. Cada ponto representa uma pequena porção da lavoura (MOLIN, 2000).

Ao interpretar um mapa de produtividade com a finalidade de futuro gerenciamento localizado da lavoura, deve-se levar em consideração, principalmente, as causas consistentes de variabilidade, já que para as que não são e persistem no tempo, pode-se ter pouco ou nenhum controle. Queiroz, Dias e Mantovani (2000) afirmaram que existem três classes de tendências nos mapas de produtividade, que são: produtividade alta e estável (produtividade acima da média e coeficiente de variação inferior a 30%); produtividade baixa e estável (produtividade abaixo da média e coeficiente de variação inferior a 30%); e, produtividade instável (coeficiente de variação acima de 30%). Ainda neste sentido, a próxima dificuldade encontra-se na investigação das causas consistentes. Estas causas só podem ser compreendidas acompanhando-se e analisando-se os possíveis fatores que influenciam na variabilidade durante safras seguidas. Com esta metodologia esperam-se resultados a partir da terceira safra e a possível solução do problema da uniformidade da produção após a quinta colheita.

A comparação de mapas de produtividade para diferentes anos é uma etapa muito importante no processo de identificação de zonas de manejo. O método estatístico usualmente utilizado para avaliar diferenças de médias de duas amostras de dados é o teste t de Student. Entretanto, as condições para que esse teste seja apropriadamente aplicado são de que as amostras devem ser independentes e normalmente distribuídas. O problema é que estas condições raramente se aplicam

em mapas de produtividade devido às dependências espacial e temporal das observações (CARVALHO et al., 2001).

A utilização de modelos digitais de terreno (mapas) de produtividade para criação de zonas de manejo (alta, média e baixa produtividade) foi recomendada por Sulzbach (2003), o qual também preconizou a utilização de modelos digitais de fertilidade do solo visando a elaboração de planos de adubação a taxa variável de culturas agrícolas.

Dessa forma, de acordo com inúmeros autores, é consenso que em culturas de grãos o melhor lugar para medir a produtividade está na colhedora e assim estas têm uma importante função na AP, bem como os monitores de produtividade que as equipam. Em última análise, são eles que mensuram a informação mais importante nesse contexto, que é a produtividade e daí vem a importância de expressarem com precisão e acurácia esses dados.

2.2 A cultura do arroz irrigado

O arroz é um dos cereais mais cultivados no mundo, com uma área de 150 milhões de hectares e uma produção de, aproximadamente, 600 milhões de toneladas base casca. Essa cultura está presente, principalmente, em países em desenvolvimento, onde desempenha importante papel estratégico em nível econômico e social (AZAMBUJA et al., 2004). De acordo com esse autor, o Brasil é o nono produtor mundial de arroz, com cerca de 10,6 milhões de toneladas. Essa produção é oriunda de dois sistemas de cultivo: de várzea (irrigado) e de terras altas (sequeiro). O sistema de cultivo de arroz em várzea (irrigado) é praticado tradicionalmente na Região Sul do Brasil e contribui com 68% da produção nacional, sendo o Rio Grande do Sul (RS) o maior produtor brasileiro.

Segundo o IRGA (2011a,b) foram cultivados anualmente no Estado do Rio Grande do Sul mais de um milhão de hectares dessa cultura, com uma produtividade média de 6245 kg.ha⁻¹, na safra 2009/2010, enquanto o potencial produtivo médio da maioria das cultivares modernas já ultrapassa 10000 kg.ha⁻¹.

De acordo com Azambuja et al. (2004) muitos fatores, principalmente a infestação de arroz vermelho/preto, dificultam o alcance do potencial produtivo médio das modernas cultivares lançadas pela pesquisa e utilizadas no Estado.

A cultura do arroz mostra grande potencial de atingir a meta de 10000 kg.ha⁻¹, pois, assim como em outras culturas, o sucesso dos empreendimentos depende da capacidade gerencial de cada um, com eficiência no aproveitamento dos recursos destinados à produção. A utilização das tecnologias para manejo da cultura do arroz, disponibilizadas pela pesquisa, permite atingir níveis de produtividade superiores aos atuais, reduzindo custos e aumentando a competitividade frente às condições atuais de mercado. Ainda, essa meta pode ser mais facilmente atingida se, além dessas informações já disponibilizadas pela pesquisa, a orizicultura puder contar com informações sobre o uso de ferramentas da AP, aumentando a quantidade de dados sobre as áreas cultivadas, em termos de solo, planta e insumos a serem utilizados.

Interpretando padrões de rendimento de arroz cultivado sob princípios de AP na Califórnia, Roel et al. (2004), ao considerarem aspectos espaciais dos dados de rendimento, verificaram duas áreas principais e distinguíveis de rendimento consistente (estável) baixo ou alto, com pequenas manchas de comportamento variável. A análise de custos mostrou uma margem líquida positiva na maioria da área, com pequenas manchas onde a margem líquida foi negativa. Os autores concluíram que a maioria dos atributos de solo analisados não apresentou uma relação linear com o rendimento, mas, isto não significa que não há uma relação entre eles. Os autores afirmaram, ainda, que a AP contribui de duas formas: a primeira forma refere-se ao aumento da eficiência de uso de insumos, através da aplicação de insumos a taxas variáveis, tendo efeitos ambientais positivos na qualidade do ecossistema do arroz, o qual tem sido uma preocupação constante; a segunda forma de contribuição seria através da análise de mapas de produtividade para determinar modificações nas práticas de manejo.

Chung et al. (2005), analisando a variabilidade espacial dentro de uma lavoura de arroz, verificaram que o rendimento máximo da cultura foi maior que o dobro do rendimento mínimo. Várias propriedades do solo, incluindo condutividade elétrica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e silício, mostraram grande variabilidade espacial. Observações visuais e análise estatística indicaram a presença de grande tendência espacial em certas áreas da lavoura para algumas

propriedades do solo, conteúdo de clorofila e rendimento. Segundo estes mesmos autores, os mapas mostraram claramente a presença de variabilidade, tanto em larga escala (tendência) quanto em pequena escala, mesmo em pequenas áreas onde seria esperado encontrar uniformidade. Estes resultados indicam um potencial para aplicação dos princípios da AP para entender e controlar essa variabilidade.

Avaliando o manejo de nutrientes em local específico, comparado à prática de fertilização tradicional no Sudeste da China, Wang et al. (2001) verificaram que o rendimento médio de grãos aumentou de 5900 kg.ha⁻¹ para 6400 kg.ha⁻¹, enquanto a absorção de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) aumentou de 8 para 14%. O retorno total referente ao custo do fertilizante foi, aproximadamente, 10% maior com o manejo em local específico em relação à prática de fertilização tradicional e a eficiência agrônômica de utilização de N (aumento de rendimento de grãos por kg de fertilizante aplicado) foi de 80%.

São perceptíveis as inúmeras vantagens conseguidas com o uso da AP na cultura do arroz irrigado. No entanto a maioria dos resultados encontrados na literatura refere-se a cultivos em quadros, que não retrata a maioria das lavouras do sul do Brasil, que utilizam taipas para a formação da lâmina d'água de irrigação. Nesse sentido, a conceituação dos dois sistemas de condução da lavoura de arroz irrigado no Brasil se faz necessária, uma vez que as características inerentes a essas áreas podem influenciar significativamente no desempenho de ferramentas de AP, como os sistemas de mapeamento de produtividade. Aurélio et al. (2009) estudaram o desempenho de um distribuidor centrífugo aplicando taxas variáveis de fertilizantes em lavoura de arroz irrigado em terreno com taipas e encontraram diferenças significativas na qualidade da aplicação em relação à área testemunha (sem taipas).

A colheita do arroz irrigado, atualmente, caracteriza-se por ser mecanizada quase que na sua totalidade. Essa operação, segundo Franco et al. (2004), desempenha papel importante na produção de arroz, pois influencia tanto a quantidade como a qualidade do arroz que se colhe, e esta influência é exercida por dois aspectos diferentes da colheita: o modo pelo qual e o momento em que é feita. O momento mais adequado para a colheita é chamado de ponto de colheita, e é determinado, dentre muitos fatores, pelo aspecto da panícula, pela duração dos estádios de desenvolvimento da cultura e pelo teor de umidade dos grãos. O teor de umidade do grão adequado para realizar-se a colheita do arroz está entre 18 e 23%.

A colheita realizada com teores muito elevados, provavelmente terá grãos em formação e, se colhida tardiamente, haverá mais quebra de grãos no beneficiamento.

É importante destacar as perdas ocorridas na cultura do arroz irrigado, que é a que apresenta os maiores índices quando comparada a outras culturas como soja, milho e feijão. De acordo com Reti (1995) e Weber (1995) a maior parte das perdas no arroz ocorre na operação de colheita. O trabalho de Alongo et al. (1999) mostrou que a operação de colheita de arroz irrigado utilizando plataforma de corte faz com que uma elevada quantidade de palha entre na colhedora, acarretando em elevados índices de perdas no sistema de limpeza e separação da mesma, sendo um dos principais fatores que agravam os problemas na colheita do arroz. A caracterização da operação de colheita da cultura do arroz irrigado aqui realizada é importante para o entendimento da dinâmica de funcionamento e do fluxo dos grãos na colhedora, uma vez que influencia o desempenho dos monitores de produtividade e a acurácia das suas medições.

Além da colheita em si, é necessário caracterizar, também, os diferentes sistemas de condução da lavoura de arroz irrigado atualmente utilizados. Esses sistemas são determinados, sobretudo, pelo tipo de irrigação do arroz, ou seja, inundação contínua (PARFITT et al., 2004). Para formar a lâmina d'água de irrigação existem dois tipos de estruturação da lavoura, o primeiro com o uso de taipas e o segundo através da sistematização do solo. Esses dois tipos de lavoura diferenciam, dentre outras coisas, as características de operações agrícolas mecanizadas, visto que no sistema de taipas as máquinas precisam transpor obstáculos (taipas) ao longo de todo o terreno, com variações de inclinação, velocidade, patinamento, entre outras. As taipas, por sua vez, são pequenos diques ao longo de toda a área, distanciados de acordo com o desnível do terreno, com o objetivo de conter a água da irrigação e formar uma lâmina que inunde um delimitado patamar.

A lavoura de arroz conduzida em quadros sistematizados, consiste do cultivo em áreas que sofreram o nivelamento da superfície, utilizando o solo das cotas mais elevadas (originando áreas de corte) para aterrar o solo de cotas inferiores (originando áreas de aterro). O terreno plano formado apresenta vantagens em relação à superfície original, como um melhor manejo da água, menor incidência de pragas e doenças, menor oscilação da temperatura da água e solo, maior eficiência nos tratamentos culturais, economia de insumos e melhor aproveitamento do solo devido à

redução da área ocupada com taipas, além da incorporação de áreas não adequadas para o cultivo de arroz irrigado nas condições originais (ANBUMOZHI; YAMAJI; TABUCHI, 1998).

Nesse processo, por outro lado, ocorre mobilização de solo e uma mistura de horizontes, originando solos com estratificação de material nas áreas de aterro e, muitas vezes, a exposição do horizonte sub-superficial nas áreas de corte. As condições naturais do solo são modificadas, afetando várias de suas características e reduzindo a produtividade das culturas em áreas de exposição da sub-superfície em razão da baixa concentração de nutrientes e de matéria orgânica (NUNES et al., 2002). Em áreas com maior declividade o processo de sistematização, além de oneroso, tem agravados os problemas da execução do corte e aterro, expondo horizontes sub-superficiais com baixa fertilidade, que resultam em áreas com baixa produtividade.

Estudos avaliando o uso da AP como ferramenta para o manejo da lavoura de arroz irrigado no Brasil ainda não são tão conhecidos. Uma dessas experiências é de Durigon (2007), que relatou a existência de variabilidade espacial e temporal dos atributos de solo e de produtividade em uma lavoura de arroz irrigado no RS. Essa variabilidade foi tratada com o uso de ferramentas de AP, como amostragem em grade e aplicações de calcário em taxas variáveis por zona de manejo. A cultura obteve respostas com diferenças estatisticamente significativas em relação à testemunha. Este autor, no entanto, utilizou estimativas manuais para obtenção dos mapas de produtividade, tendo em vista que máquinas equipadas com sistemas para mapeamento de produtividade ainda são raras nesse meio. Acosta et al. (2010) avaliaram a variabilidade espacial de atributos químicos de solo (amostragem georreferenciada) e produtividade (mapeamento de produtividade mecanizado), em duas lavouras de arroz irrigado de alta produtividade na região central do RS. Os autores observaram alta variabilidade nos atributos químicos de solo, mesmo em áreas vizinhas e aparentemente semelhantes. Essas áreas receberam manejo tradicional e manejo localizado da adubação, na testemunha e área com AP, respectivamente. Os resultados encontrados por esses pesquisadores apontaram discretas vantagens econômicas no primeiro ano de uso da AP (curto prazo). No entanto, citam inúmeras vantagens deixadas pelo manejo localizado a médio prazo, representando um altíssimo potencial da AP na lavoura de arroz irrigado.

Levando-se em consideração o potencial da AP como balizadora do manejo de culturas como o arroz irrigado, tanto avaliações do seu uso, quanto do desempenho de máquinas e equipamentos que se apresentam como ferramentas da AP, como o mapeamento de produtividade, precisam ser melhor estudados e entendidos na dinâmica de uma lavoura de arroz irrigado, tendo em vista as características específicas dessas áreas de cultivo.

2.3 Avaliação do desempenho de monitores de produtividade

A importância do mapeamento de produtividade na AP é destacada por muitos autores que creditam à essa ferramenta a capacidade de fornecer a mais completa resposta da cultura ao manejo empregado. Por esse importante papel na AP, o mapeamento de produtividade deve então fornecer informações confiáveis, com determinado grau de precisão e acurácia, o suficiente para revelar tendências de produtividade na lavoura colhida, de maneira que essas informações possam ser utilizadas no manejo futuro. Desse modo, avaliações do desempenho de monitores de produtividade, através de sua resposta a variações de produtividade em diferentes culturas e tipos de terreno, tornam-se essenciais, no sentido de desenvolver conhecimento e equipamentos adaptados a todas as situações.

Reyns et al. (2002) relataram que pesquisas com medições da produtividade de grãos voltadas para a Agricultura de Precisão iniciaram por volta de 1987. Neste ano, apareceram os primeiros sensores comerciais no mercado. Atualmente, as pesquisas estão focadas sobre medições da qualidade dos grãos, produtividade de outras culturas (beterraba, forrageiras, tomate, e outras) e, também, na comparação e avaliação das tecnologias existentes. Esses mesmos autores citam a importância de saber que cada sensor tem sua limitação, especialmente a respeito da limitação da sua acurácia, a qual varia de acordo com as diferentes condições da lavoura. Ainda, alertam que nem todos os pesquisadores estão interpretando da mesma maneira a acurácia dos monitores de produtividade.

Para avaliar o desempenho dos sensores de produtividade é necessária a definição dos conceitos de precisão e acurácia. Mikhail e Ackerman (1976) apresentaram a acurácia como sendo o grau de proximidade de uma estimativa com

seu parâmetro (ou valor verdadeiro), enquanto precisão expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média. Esses autores acrescentam que acurácia reflete a proximidade de uma grandeza estatística ao valor do parâmetro para o qual ela foi estimada e que precisão está diretamente ligada com a dispersão da distribuição das observações.

Continuam em desenvolvimento as pesquisas envolvendo sensores de produtividade, medições de taxas de fluxo, assim como diferentes propriedades dos grãos e biomassa. Medições de grãos limpos, como fluxo volumétrico ou de massa, somente podem ser feitas na última etapa do fluxo dentro da colhedora, explicando o porquê da grande maioria dos sensores de produtividade de grãos serem instalados no topo do elevador de grãos limpos.

Existem atualmente no mercado diversos tipos de sensores de produtividade. A maior parte desses sensores baseia-se na medição de fluxo de massa ou volume, que podem ser divididos em quatro grupos, dependendo do princípio de medição. Dentre esses quatro grupos de sensores, pode-se citar os que se baseiam na medição do fluxo de massa, sensores de impacto, medidas indiretas e os de medição do fluxo de volume.

O trabalho de Reyns et al. (2002) apresentou uma revisão sobre os diferentes tipos de sensores de produtividade, tanto os que em algum momento estiveram disponíveis no mercado e os que atualmente são comercializados. De acordo com esses autores, os sensores baseados no princípio de medição de fluxo de massa são uma combinação de medições de peso e velocidade. Em muitos casos os dispositivos que medem a massa de grãos são componentes da máquina que transportam os grãos. Devido a limitações desse tipo de medição como dependência do conteúdo de umidade dos grãos, o próprio movimento da máquina, quando em operação, e dificuldades de construção, esse princípio de funcionamento não se tornou largamente utilizado.

Molin (2000) descreveu os sensores de impacto, que são instalados no topo do elevador de grãos limpos da colhedora. Segundo este autor o princípio de funcionamento é baseado na força centrífuga provocada nos grãos pelo elevador, que gera um impacto proporcional à massa de grãos que está passando. Estão disponíveis no mercado dois tipos de sensores para medir a força de impacto: um baseado na leitura de uma célula de carga, que mede o torque aplicado à placa; e, outro baseado num potenciômetro, que mede o deslocamento da placa.

Os sensores que usam medidas indiretas têm dois princípios de funcionamento, que são o radiométrico e o capacitivo. Moore (1998) afirmou que esse tipo de sensor é dotado de uma fonte de raios gama montada abaixo do cabeçote do elevador de grãos limpos e de um receptor montado na parte superior, formando uma “janela” por onde os grãos colhidos passam. Quando nenhum grão está passando pelo elevador a leitura de raios gama pelo receptor é máxima. Quando os grãos passam pelo elevador, interceptam parte da radiação e o nível de raios gama é então reduzido. A redução dos níveis de raios gama é medida pelo receptor e com isso calculado o fluxo de grãos. Esse tipo de sensor é considerado como um dos que têm melhor precisão e acurácia, tendo sido superior a outros sensores, em avaliações com variação no fluxo de grãos, entre outras (KORMANN; DEMMEL; AUERNHAMMER, 1998). Apesar de pequena, a fonte de radiação deste sensor foi considerada como um risco potencial aos usuários e, por isso, esse sensor não está mais disponível no mercado. Os sensores capacitivos, de acordo com Stafford, Ambler e Smith (1991), medem a mudança das propriedades dielétricas do material entre duas placas do capacitor. A constante dielétrica varia de acordo com a variação do fluxo de grãos, mas é fortemente afetada pelo tipo de grão e conteúdo de umidade.

Nos sensores de fluxo de volume, o volume de grãos é medido quando os grãos passam pelo sensor durante um intervalo de tempo fixado ou é medido o tempo necessário para preencher um volume conhecido. Para converter esse fluxo de volume em fluxo de massa, deverá ser conhecida a densidade da massa de grãos. A densidade de massa depende da variedade dos grãos e estágio fenológico. Para conseguir medições acuradas, a densidade de massa deve ser medida para cada lavoura diferente, ou mesmo, em diferentes medições numa mesma lavoura.

Para a avaliação destes sensores, diferentes pontos críticos devem ser considerados, como por exemplo: fácil calibração, suficiente precisão e acurácia, não obstrução da máquina quando o sensor estiver danificado e fácil montagem em diferentes tipos e modelos de colhedoras. Dentre esses quatro grupos de sensores, pode-se citar os que se baseiam na medição do fluxo de massa, sensores de impacto, medidas indiretas (sensores radiométricos e capacitivos) e os de medição do fluxo de volume (sensores óticos e de “roda de pás”). Neste último grupo, o volume de grãos é medido quando o fluxo passa pelo sensor durante um intervalo de tempo fixado ou é medido o tempo necessário para preencher um volume

conhecido. Para converter o fluxo de volume em fluxo de massa, deverá ser conhecida a densidade da massa de grãos. A densidade de massa depende da variedade dos grãos e estágio fenológico. Para conseguir medições acuradas, a densidade de massa tem de ser medida para cada lavoura diferente, ou mesmo em diferentes medições numa mesma lavoura.

Os sensores óticos são os mais usados dentre os sensores volumétricos devido a muitos fatores que serão mencionados a seguir. São conhecidos por óticos, pois têm um emissor e um detector de luz, que são instalados no topo do elevador de grãos limpos da colhedora. A leitura é feita pela interceptação do sinal de luz feita pela massa de grãos. Uma vez registrada a quantidade de luz que não chegou ao detector, é estimado o volume de grãos nas pás do elevador. Combinado com a velocidade do elevador, o fluxo do volume é derivado. Junto com a conversão de volume em massa, a conversão de altura para volume é um segundo ponto limitante deste sensor. O volume de grãos em função da altura não é sempre o mesmo por inúmeras razões, tais como, alteração da disposição da massa de grãos nas pás do elevador devido à operação em terrenos inclinados (em ambos os sentidos, transversal e longitudinal), mudanças na disposição da massa de grãos devido a propriedades de fricção (dependendo do conteúdo de umidade, variedade, entre outros fatores) e alimentação assimétrica do elevador pelo caracol.

Esse sensor foi estudado em diferentes formas, dependendo da configuração dos emissores e detectores de luz. Um sistema unidimensional foi estudado por Strubbe et al. (1996). Quando testado em terreno com inclinação de 11%, a diferença entre o volume estimado e o volume real alcançou 13% em altas taxas de fluxo. Usando um sistema bidimensional, colocando dois sensores em cada lado do elevador, os resultados foram melhorados.

Reitz e Kutzbach (1992) descreveram um sistema bidimensional com um par de emissores e detectores do lado do elevador, e dois no lado traseiro do elevador (paralelo ao sentido de deslocamento da colhedora). Pela introdução do último par de sensores, a acurácia do sensor, quando colhendo em ladeiras, foi substancialmente melhorada. Hummel et al. (1995) testaram um sensor similar desenvolvido por Pfeiffer et al. (1993). Neste, a luz emitida de um lado do elevador é capturada no outro lado por quatro fotodiodos. Quando o modelo de calibração calculado foi validado em diferentes lavouras, o erro máximo foi de 4,5% em um peso referência de 160 kg. A curva de calibração foi não-linear, e esse desvio da

linearidade aumentou com o conteúdo de umidade. Estes autores informaram, ainda, um aumento no erro causado pela irregularidade de rotações do motor quando a carga no mecanismo de trilha variava. A influência da variação da inclinação não foi discutida.

A acurácia de monitores de produtividade contínuos varia de 0,5% a 4%, se os monitores forem instalados e usados sob constante supervisão. Esta acurácia também foi confirmada experimentalmente por pesquisadores e produtores (AUERNHAMMER et al., 1993; BIRRELL et al., 1996; MISSOTTEN et al., 1996; VANSICHEN; BAERDEMAEKER, 1991). Também foi notado que tal acurácia foi válida somente quando se teve por base lavouras maiores ou longas faixas. De acordo com Missotten et al. (1996) os erros em medições contínuas aumentam com a diminuição da área colhida. Eles encontraram 5% de erro em áreas de 20x20m usando um sensor baseado em mudança de impulsos. Quando erros de medida de corte e sensor de velocidade foram incorporados, o erro total aumentou para 7,5% em segmentos de 400m². Doerge (1996) comparou monitores de produtividade com o peso de reboques e relatou de 2% a 4% de diferença para cargas acima de 4000 kg e mais de 10% de diferença para cargas menores que 4000 kg.

Para Howard et al. (1993) a acurácia necessária para relacionar produtividade e aplicações variáveis, provavelmente, está dentro de mais ou menos 5% a 10%. Stafford (1996) sugeriu resoluções de 10 m para mapeamento de produtividade. Ele afirmou, ainda, que a acurácia instantânea de sensores de fluxo não tem sido corretamente informada. Já Ambuel (1995) destaca que os efeitos de suavização das colhedoras, embora sejam bem conhecidos, provavelmente ainda não são bem entendidos. Produtividades instantâneas são frequentemente medidas pelos sensores de produtividade dentro da colhedora, onde o fluxo de massa no local do sensor não reflete com acurácia o fluxo de massa na barra de corte, mesmo quando o tempo de retardo é usado para ajustar o tempo necessário para o grão cruzar a colhedora. Além disso, o tempo de retardo não é constante, tendo mudanças com o nível de material existente no sistema de separação e limpeza (HOWARD et al., 1993).

A dinâmica de uma colhedora deve ser vista como tão importante quanto a acurácia de um monitor de produtividade para determinar a quantidade de grãos associada com uma pequena área na lavoura, dado que a medição acontece depois dos grãos terem passado pelo sistema de limpeza da máquina.

Whelan e Mcbratney (1997) pesquisaram a distribuição do tempo na colhedora usando faixas de grãos coloridos. Depois que a colhedora entrou na faixa colorida, 20% do total de grãos (no meio da seção da faixa) chegaram em 7 segundos, enquanto que a distribuição total dos grãos da faixa levou 25 segundos. Eles observaram uma suave distribuição da faixa colorida, com algumas irregularidades. O correto ajustamento do tempo de retardo é necessário através de um processo de deconvolução, se pequenas células são desejadas, porém, não é necessário para determinação somente de tendências de produtividade na lavoura. Essas descobertas mostram que parâmetros dos modelos do fluxo de grãos na colhedora têm inerentes erros associados com a distribuição de grãos ao longo desta.

É importante determinar a magnitude de todos os erros no mapeamento de produtividade, de forma que possa ser feito um melhor gerenciamento de pontos específicos. A acurácia do monitoramento de produtividade pode ser pesquisada através de experimentos de campo, enquanto que a magnitude dos erros introduzidos por cada sensor que envia dados para o monitor de produtividade só pode ser medida com instrumentação de laboratório.

Arslan e Colvin (2002) conduziram inúmeros experimentos em campo para determinar o desempenho de monitores de produtividade e a resposta de colhedoras às variações na lavoura. Esses mesmos autores afirmaram que na lavoura o aumento da variabilidade dificulta a determinação do desempenho de monitores de produtividade. Muitas aproximações podem ser usadas para determinar a confiabilidade de monitores de produtividade em pequenas parcelas. Primeiro, uma completa observação visual poderia dar uma idéia da variabilidade espacial na lavoura. Essa é, na melhor das hipóteses, apenas uma avaliação qualitativa e o mapa de produtividade resultante poderia ser usado apenas para verificar áreas que apresentam certos padrões de produtividade que puderam ser observados visualmente. Segundo, imagens de satélite ou fotos podem ser comparadas com mapas de produtividade para avaliar o nível de concordância (ANDERSON; YANG, 1996). Outra comparação que pode ser feita é entre um monitor de produtividade e uma pesagem adjacente de faixas colhidas. Estas comparações podem ser baseadas em pesos totais nessas faixas ou cada faixa pode ser dividida em pequenos segmentos (COLVIN et al., 1995; DOERGE, 1996; MISSOTTEN et al., 1996). Observações visuais e imagens de satélite não têm uma resolução espacial

suficiente para avaliar o desempenho de monitores de produtividade. O método mais confiável para determinar a suposta acurácia é comparar dados contínuos do monitor de produtividade com um sistema independente de medida como referência, medindo o mesmo fluxo. Isso pode ser efetuado com uma balança montada dentro do reservatório de grãos da colhedora.

Como se pode verificar na literatura a respeito de avaliações de monitores de produtividade, dados sobre o desempenho desses equipamentos em lavouras de milho, trigo e soja são bem conhecidos, tanto em condições de campo como em bancadas de laboratório. No entanto, em lavouras de arroz irrigado, o desempenho de monitores de produtividade ainda não é perfeitamente conhecido, representando uma importante área a ser pesquisada e perfeitamente entendida. Como a lavoura orizícola apresenta características bem diferenciadas, quando comparadas às demais culturas de sequeiro, há a necessidade de se avaliar esses sistemas nas condições típicas dessas áreas de cultivo.

3 HIPÓTESES

Foram consideradas as seguintes hipóteses:

- Se os sensores volumétricos óticos têm desempenho satisfatório em terrenos não inclinados, as leituras deste sensor quando comparadas a uma referência, analisadas por regressão linear e os parâmetros a e b testados pelo teste T , terão o intercepto da regressão (a) e o coeficiente angular (b) estatisticamente iguais a zero e um, respectivamente.
- Se há linearidade na resposta do monitor às variações de produtividade, o coeficiente de determinação (R^2) da análise de regressão será mais próximo de um quanto maior for a precisão do modelo empregado.
- Se o monitor de produtividade responde adequadamente às variações em lavoura de arroz irrigado, haverá pequena diferença na totalização da massa de grãos colhidos feita pelo monitor de produtividade e pela balança eletrônica utilizada como referência.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Avaliar, através de dois diferentes experimentos, o desempenho de um monitor de produtividade dotado de sensor de produtividade volumétrico ótico a variações pré-estabelecidas de aumento, diminuição e mudanças bruscas no fluxo de grãos, com e sem variação de velocidade da colhedora, em condições típicas de uma lavoura de arroz irrigado, sistematizada e não sistematizada.

4.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a acurácia e a precisão de um monitor de produtividade, através de sua resposta a variações instantâneas de fluxo de grãos (aumento e diminuição) e variação de velocidade de deslocamento da colhedora em lavoura de arroz irrigado sistematizada e não sistematizada;
- Avaliar a acurácia e a precisão de um monitor de produtividade, através de sua resposta a variações instantâneas de fluxo de grãos (mudanças abruptas) em lavoura de arroz irrigado sistematizada e não sistematizada;
- Avaliar a diferença (%) da massa de grãos de cada parcela, estimada pelo monitor de produtividade e medida pela balança eletrônica (referência) em todas as avaliações acima citadas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área do Projeto

A área em que se desenvolveu o trabalho localiza-se no município de Cachoeira do Sul-RS, Região Central do RS (Figura 1), distante 125 km de Santa Maria e 196 km da capital do Estado, Porto Alegre. A Agropecuária Milbradt, de propriedade do Sr. Alberto Milbradt, tem 750 ha e é distante 5 km da cidade de Cachoeira do Sul, com coordenadas médias de 30° 03' 48,56" de latitude sul e 52° 52' 07,48" de longitude oeste (Datum WGS-84) e uma altitude média de 26 metros em relação ao nível do mar. Foram utilizados talhões cultivados anualmente com arroz irrigado, estrategicamente escolhidos para se dispor de parcelas para as avaliações localizadas em terrenos sistematizados (sem taipas) e não sistematizados (com taipas).

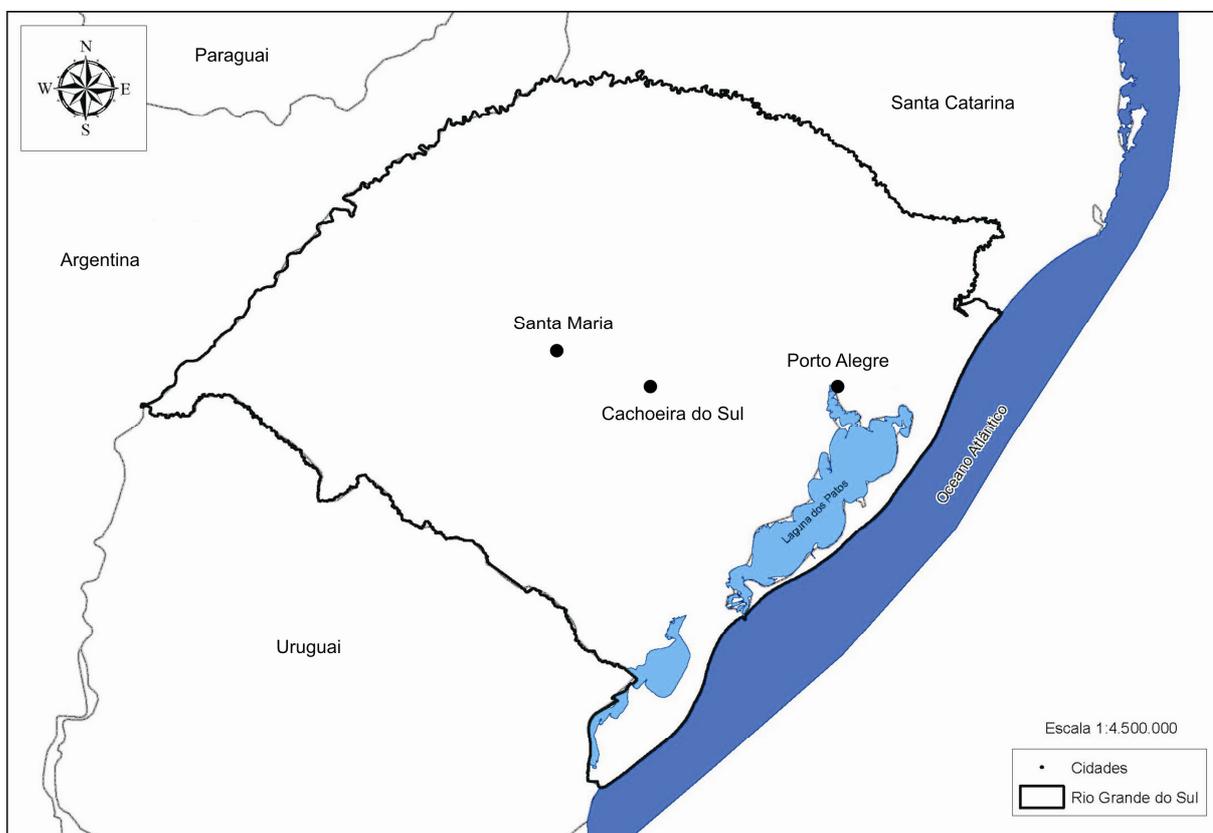


Figura 1 - Mapa do Estado do RS com a localização do município de Cachoeira do Sul.

O município de Cachoeira do Sul pertence à zona climática designada pela letra C, com o tipo climático Cfa, segundo a classificação de Köppen. Tal tipo climático se caracteriza por ser um clima subtropical úmido, com temperatura média de 19°C e pluviosidade média anual de 2000 mm. O mês de julho é o mais chuvoso, com 157,2 mm e abril, o mês mais seco, com 97,2 mm. Geralmente ocorre déficit hídrico entre os meses de dezembro e março, não sendo raros os períodos de estiagem durante o verão. A média de umidade relativa do ar é de 81%.

Os principais tipos de solo existentes no município são o latossolo vermelho-amarelo, os litossolos, o litossolo vermelho, os argisolos e os planossolos. O solo da propriedade é classificado como um Planossolo Háplico Eutrófico Arênico, se enquadrando na unidade de mapeamento Vacacaí (EMPRAPA, 2006).

A cultura foi implantada sob cultivo mínimo, com preparo reduzido de solo e a construção das taipas foi cerca de 15 dias antes da realização da semeadura, sendo esta, antecedida por uma dessecação. A semeadura foi realizada em solo seco, entre os dias 20 de outubro e 21 de novembro de 2008, quando foi realizada a adubação de base, na linha de semeadura ($100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ da fórmula 06-30-06). Para a adubação em cobertura, a recomendação das doses dos diferentes produtos foi feita parcialmente de acordo com as recomendações técnicas da cultura (SOSBAI, 2007) e pelos históricos de resposta da cultura na área. A aplicação do cloreto de potássio (KCl) em cobertura teve taxas de 130, 140, 150, 160, 170 e $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. O superfosfato triplo (SFT) foi aplicado em cobertura nas taxas de 30, 40, 50 e $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. A uréia foi aplicada nas taxas de 200, 250, 300 e $350 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

5.2 Justificativa da escolha do local

A propriedade é tradicionalmente trabalhada pela família proprietária e por funcionários, tendo toda a estrutura característica de uma propriedade orizícola, com máquinas, implementos, oficina completa, mão-de-obra e recursos financeiros. Embora familiar, a propriedade é gerenciada com princípios empresariais e tem a AP como estratégia de gerenciamento para o alcance das metas de produtividade e custos de produção.

Devido ao fato de atender aos objetivos propostos, no que diz respeito à implantação de projetos de AP e dispor de máquinas e equipamentos dotados de instrumentação para mapeamento de produtividade e aplicações em taxas variáveis, a propriedade foi escolhida para o desenvolvimento do projeto.

Toda a estrutura existente na propriedade foi disponibilizada para a execução deste trabalho, sem ônus adicional. A mão-de-obra existente possibilitou a operacionalização e execução de todas as atividades do projeto, que iniciaram com a construção da estrutura da instrumentação de referência (balança eletrônica) bem como os testes de validação desta e também na tomada de dados.

5.3 Área do experimento

O experimento foi realizado em duas diferentes condições de terreno dentro da propriedade: talhões de arroz irrigado conduzidos em áreas não sistematizadas, que utilizam taipas para formação da lâmina d'água e áreas sistematizadas, sem taipas.

Nestes talhões, foram selecionadas áreas menores, para a construção das parcelas que serviram para avaliar a resposta do monitor às variações de produtividade. Os critérios de escolha do local para instalação das parcelas foram, primeiramente, de que tivessem taipas em toda a extensão das unidades experimentais (UEs), no caso das parcelas dos tratamentos de áreas não sistematizadas e totalmente desprovidas de taipas para as UEs dos tratamentos sem taipas.

A Figura 2 apresenta uma área com lavoura de arroz em terreno não sistematizado, dotado de taipas em nível para a formação da lâmina de irrigação.

Ainda, essas áreas deveriam comportar todas as UEs, de modo que as repetições de um mesmo tratamento ficassem uma ao lado da outra, sem maiores variações de produtividade entre elas. Outro critério que foi levado em consideração foi o momento da colheita de cada área, de modo a acompanhar o deslocamento da frente de trabalho e com isso respeitar a logística da propriedade e se conseguir operacionalizar a construção das parcelas, abastecimento e revisão da colhedora, descarga de produto nos reboques graneleiros, entre outros.



Figura 2 - Lavoura de arroz conduzida em área não sistematizada (sistema de taipas).

Um equipamento GPS Garmin® modelo Etrex® foi utilizado para realizar o levantamento dos pontos do contorno de cada talhão escolhido para serem utilizados na confecção dos respectivos polígonos máscara.

Na Figura 3 é possível visualizar uma área com lavoura de arroz em terreno sistematizado, onde foi feito o aplainamento da superfície, através de cortes e aterros, formando os quadros que mantêm a lâmina d'água homogênea em seu interior.



Figura 3 - Lavoura de arroz conduzida em área sistematizada (quadros).

5.4 Construção das parcelas

Após definidas as áreas para construção e instalação do experimento, foi realizado o georreferenciamento dos pontos (vértices) delimitadores das parcelas. O processo consistiu na determinação das coordenadas geodésicas desses pontos, ocupando-os com um receptor GPS que opera na frequência da fase portadora (L1), marca Astech[®], modelo Promark 2. Os dados oriundos deste receptor sofreram correção diferencial pós-processada através de um GPS de duas frequências (L1/L2), marca South[®], modelo S82. Esse equipamento foi instalado em um marco de coordenadas conhecidas, processadas e corrigidas com as bases ativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), “Smar” e “Poal”, dentro da propriedade, de acordo com os padrões para certificação no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Com base nesses pontos, foi feita a

amarração do polígono máscara de cada talhão, de modo que se conseguisse uma precisão de sua localização, suficiente para que as parcelas pudessem ser abertas, projetadas e gerenciadas no *software* TopoEVN[®]. Uma vez desenhadas as parcelas, as coordenadas dos pontos dos vértices foram salvas no formato “.coo” e, através do *software* Kolida Transfer[®], foram transferidas para uma estação total, marca Kolida[®], modelo KTS-442L. Foram usados os recursos de medidas angulares e lineares deste equipamento para a locação no campo de todos os pontos de interesse com o uso de um prisma, identificando-os com estacas, para a materialização das parcelas e identificação da colheita em cada uma delas, conforme pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5.



Figura 4 - Estação total Kolida KTS-442L utilizada na alocação dos pontos para demarcação das parcelas.

Após feita a demarcação das parcelas e, tão logo a lavoura atingisse o ponto de colheita (em torno de 18-23% de umidade dos grãos), foi realizado o corte

(colheita) das áreas ao redor das parcelas, fazendo com que estas ficassem com o formato projetado para cada tipo de avaliação.



Figura 5 – Prisma utilizado para localização dos pontos e demarcação das parcelas.

O corte das áreas adjacentes foi realizado com uma colhedora da marca John Deere[®], modelo 1450, arroteira, a mesma utilizada nas avaliações. Para o balizamento e orientação do corte, o operador seguiu demarcações feitas com estacas, fixadas nos pontos alocados com uso da estação total (Figura 6).

Com base na metodologia utilizada por Arslan e Colvin (2002), a mudança no fluxo de grãos foi conseguida artificialmente, através da construção de parcelas com mudanças de largura, em forma de degraus, e também por faixas sem cultura (para se conseguir fluxo zero). Esses autores trabalharam com diferentes números de linhas de milho para conseguir as mudanças no fluxo de grãos.

No presente trabalho as parcelas tiveram largura total de 5,5m e comprimento de 80m, para as avaliações de aumento e diminuição de fluxo e 160m, para as avaliações de resposta a mudanças abruptas no fluxo de grãos.



Figura 6 - Processo de colheita das áreas adjacentes e demarcação das parcelas do experimento.

Conforme pode ser visto na Figura 7, nas parcelas de aumento de fluxo, a largura começa com 0% da largura total e passa pelos níveis de 25, 50, 75 e 100% da largura total (Figura 7a), sendo que o primeiro nível teve 20m e os demais 15m de comprimento cada, com o propósito de ter um comprimento suficiente para a estabilização da leitura do sensor, antes de considerar os dados como válidos para a avaliação. Nas parcelas dos tratamentos com diminuição de fluxo a dinâmica é inversa, uma vez que começa com 100% da largura nos primeiros 20m e passa pelos níveis de 75, 50, 25 e 0% da largura total, com mudanças a cada 15m (Figura 7b).

A colhedora de grãos equipada com o monitor de produtividade, ao efetuar a colheita das parcelas desse experimento, submetia o sistema a diferentes taxas de fluxo de grãos, com “degraus” de 25%, de aumento ou de diminuição. A mudança no fluxo de grãos determina as mudanças de produtividade, que devem ter resposta adequada do sistema de mapeamento de produtividade, objeto deste estudo.

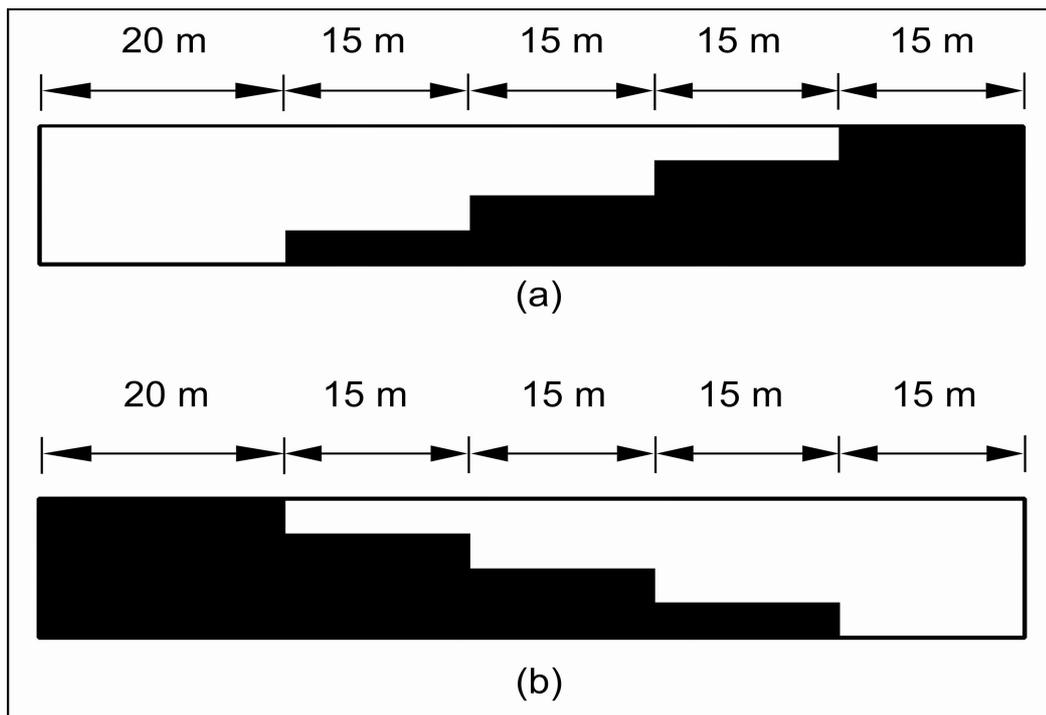


Figura 7 - Parcelas dos tratamentos de aumento (a) e diminuição (b) de fluxo.

Nas parcelas das avaliações de resposta a fluxo zero foram feitos cortes transversais, deixando faixas sem cultura de 5,5, 11, 16,5 e 22m, que equivalem a 1, 2, 3 e 4 vezes a largura de corte da plataforma, respectivamente. Como pode ser visualizada na Figura 8, a primeira faixa com cultura contou com 25m (para estabilização das leituras) e as demais com 20m, perfazendo um comprimento total de 160m.

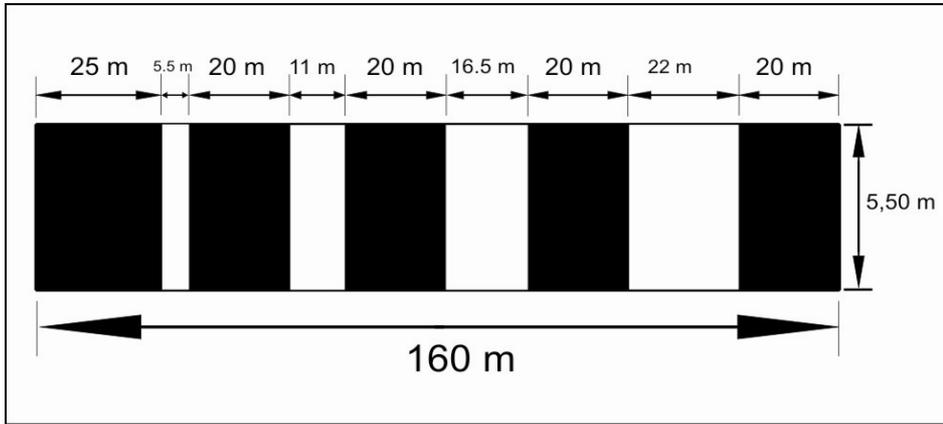


Figura 8 - Parcela das avaliações de resposta a mudanças abruptas no fluxo de grãos.

A Figura 9 mostra uma visão geral de uma das áreas experimentais (talhão sistematizado), durante o processo de construção das parcelas e a Figura 10 apresenta uma parcela do experimento de aumento e diminuição de fluxo, pronta para a avaliação.



Figura 9 - Visão geral de uma das áreas experimentais (talhão sistematizado) durante a etapa de construção das parcelas.

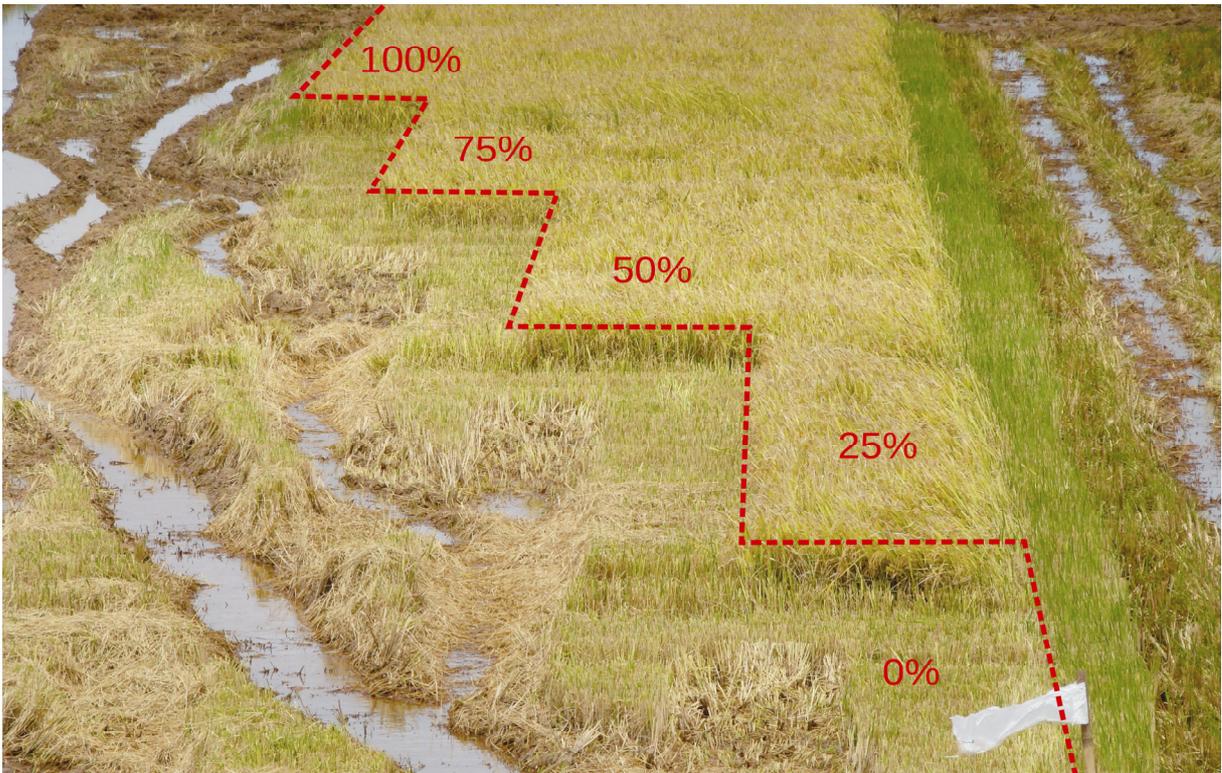


Figura 10 - Parcela do experimento de aumento e diminuição de fluxo pronta para a avaliação.

5.5 Colhedora e monitor de produtividade avaliado

O monitor de produtividade avaliado foi instalado em uma colhedora marca John Deere®, modelo 1450, arroseira equipada com esteiras (Figura 11). Essa colhedora estava equipada com uma plataforma de corte rígida de 19 pés (equivalente a 5,871m). Por questões de segurança no levantamento de dados considerou-se 5,5m como largura útil de corte, deixando como margem de segurança o equivalente a 0,371 para que não houvessem variações na largura de corte, mesmo quando com pequenas variações no traçado.

O monitor de produtividade avaliado é composto por um receptor GPS banda L1 corrigido por algoritmo interno, um terminal de interface com usuário, cartão de dados tipo SD, um sensor de produtividade volumétrico ótico, um sensor de umidade, um sensor interruptor de plataforma, cabos e elementos de fixação.



Figura 11 - Colhedora automotriz que recebeu o monitor de produtividade utilizada no experimento.

O sensor de produtividade foi instalado no topo do elevador de grãos limpos (Figura 12a) e o sensor de umidade no caracol condutor de grãos (Figura 12b), ambos no tanque graneleiro da colhedora. As Figuras 13a e 13b mostram em detalhe o sensor de produtividade volumétrico ótico e o sensor de umidade, respectivamente.

O Sensor interruptor de plataforma, como o próprio nome já diz, serve como um interruptor da função de armazenamento de dados e é instalado lateralmente ao condutor longitudinal que compõe o sistema de alimentação da colhedora, que pode ser conferido na Figura 14.

A instalação de todo o sistema seguiu os critérios e recomendações do manual do fabricante, com medidas e posições específicas para o modelo da colhedora.

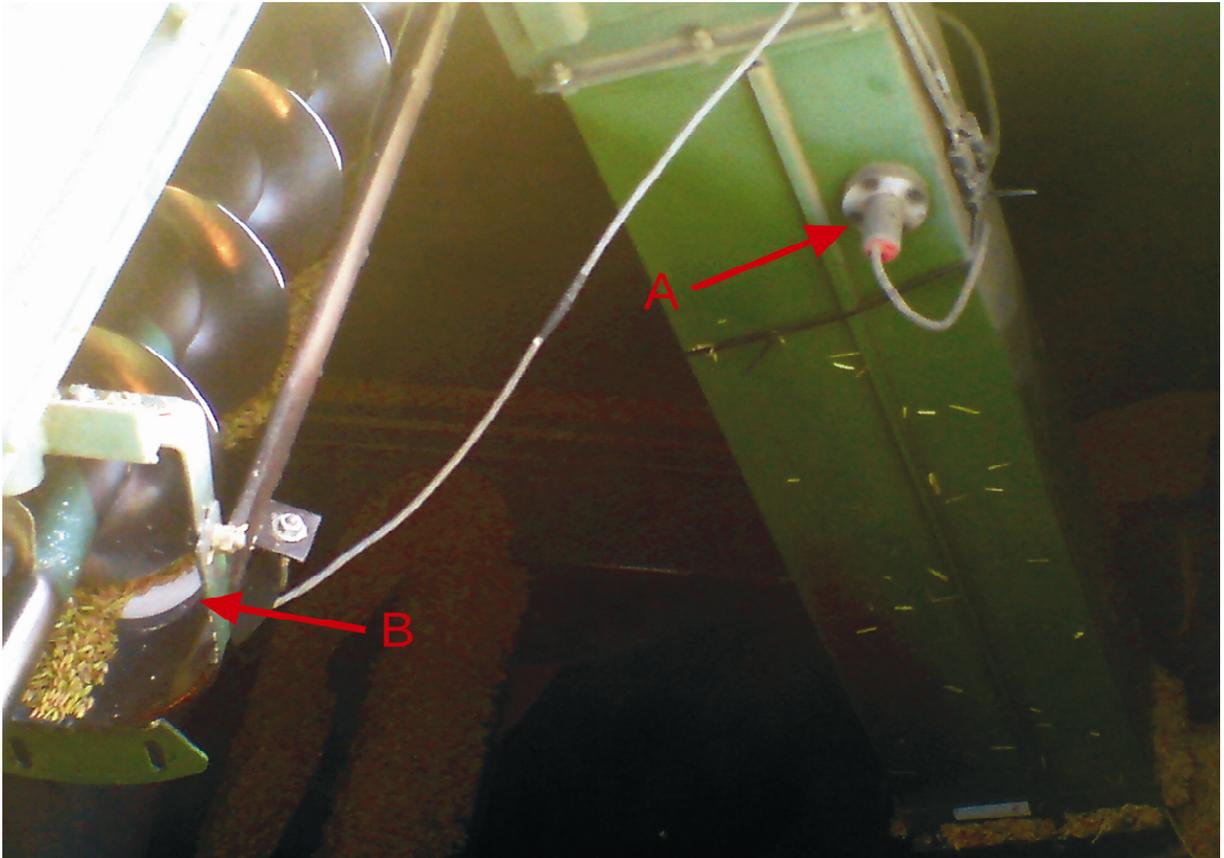


Figura 12 - Sensores de produtividade (A) e umidade (B) instalados na colhedora.

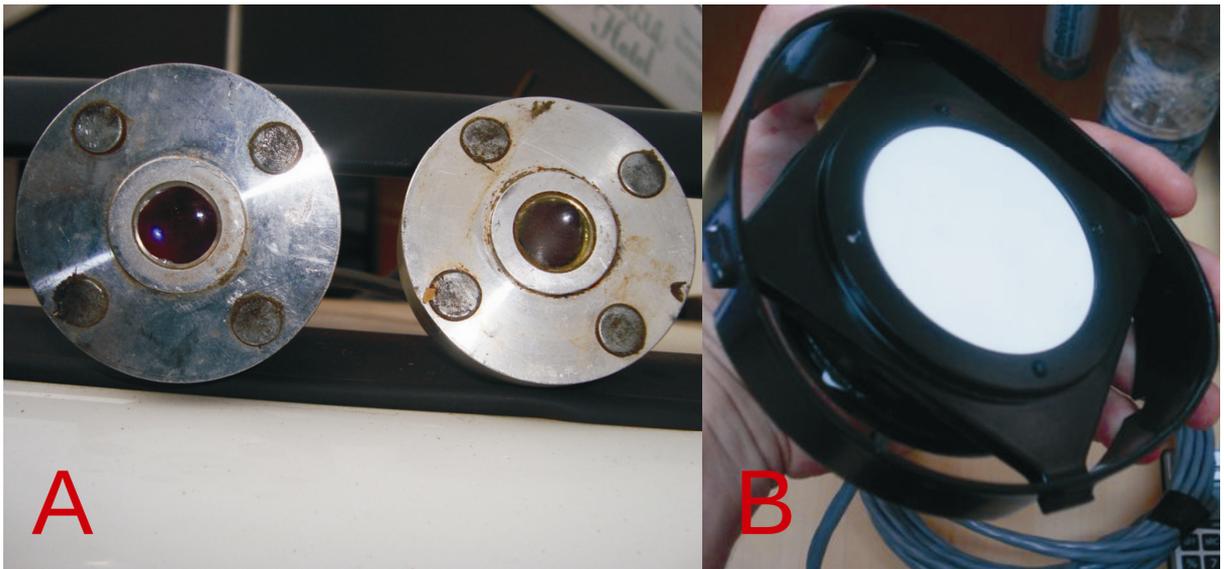


Figura 13 – Detalhes dos sensores de produtividade (A) e umidade (B).



Figura 14 - Sensor interruptor da plataforma instalado lateralmente ao condutor longitudinal da colhedora.

Na cabine da colhedora foi instalado o terminal que compõe o monitor de produtividade, Falcon 3500[®], que faz a interface do usuário (operador) com os demais componentes do sistema. Além dele, foi instalado um GPS de banda L1, marca CSI Wireless[®], modelo DGPS MAX[®]. O GPS, nesse caso, se conecta ao terminal Falcon 3500[®] através de porta serial (conexão DB9) com protocolo de comunicação NMEA 0183 (*National Marine Electronics Association*). De acordo com esse protocolo as informações do GPS são enviadas ao dispositivo, separadas em sentenças (também conhecidas como “strings”). O Falcon 3500[®] utiliza duas sentenças diferentes para seu correto funcionamento: a GGA (que informa dentre outras funções o tempo UTC, a latitude e a longitude) e a VTG, que, dentre outras informações, fornece dados de deslocamento e de velocidade. No terminal são realizadas todas as configurações e calibrações, bem como são armazenados os

dados em um dispositivo de armazenamento removível, nesse caso um cartão de memória do tipo SD com capacidade de 128 Mb.

A Figura 15 apresenta o interior da cabine da colhedora e mostra os terminais que compõem o monitor de produtividade. Ambos foram instalados em pontos da cabine que oferecessem ergonomia na operação e não apresentassem impedimento na visualização da plataforma de corte pelo operador.



Figura 15 - Interior da cabine da colhedora, terminal de operação (A) e receptor GPS do monitor de produtividade (B).

As Figuras 16a e 16b apresentam, em detalhe, o terminal Falcon 3500[®] e o receptor GPS DGPS MAX[®] que compõem o kit do monitor de produtividade. Um esquema geral do sistema de mapeamento de produtividade, objeto deste estudo, pode ser conferido na Figura 17, onde constam o sensor de produtividade volumétrico ótico, o sensor de umidade, o sensor interruptor de plataforma, o

receptor GPS, o terminal de interface com o usuário e os cabos que conectam todos os componentes. Em resumo, o sistema foi alimentado pela bateria 12 volts da colhedora, sendo um cabo de energia exclusivo para o receptor GPS e outro específico para os sensores e terminal de interface com o usuário.



Figura 16 – Detalhe dos terminais Falcon 3500[®] (A) e receptor GPS DGPS MAX (B), componentes do monitor de produtividade avaliado.

A energia alimentava primeiramente uma central elétrica, que, além de distribuir energia para os demais componentes, reunia as informações vindas destes. Dessa forma, processava os dados oriundos do sensor volumétrico ótico e do sensor de umidade e os enviava ao terminal, desde que o sensor interruptor de plataforma indicasse que a mesma estava em posição de colheita e, conseqüentemente, habilitava o armazenamento dos dados.

O terminal de dados reuniu as informações dos sensores, juntamente com outras, tais como posicionamento, velocidade, identificação dos pontos, etc. Com isso, o sistema executou o cálculo da produtividade, juntamente com outros dados de colheita, como área colhida, massa de grãos acumulada (total e parcial), média de umidade de grãos, entre outros.

Todos os dados foram então armazenados automaticamente em um dispositivo móvel (cartão de dados do tipo SD), com 128 mb de capacidade.

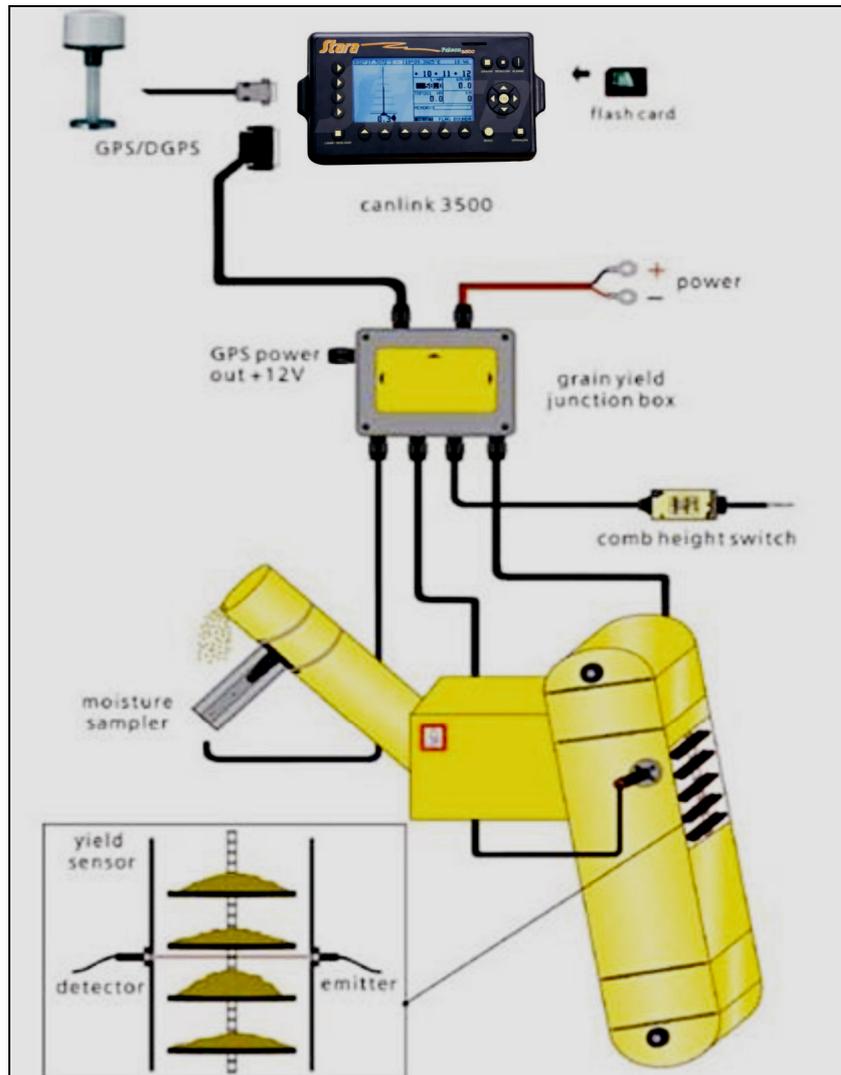


Figura 17 - Esquema geral do sistema de mapeamento de produtividade
(Fonte: <http://www.farmscan.net.au/default.aspx?MenuID=13>).

5.6 Instrumentação utilizada como referência para avaliação do monitor de produtividade

Paralelamente ao monitor de produtividade foi instalada uma instrumentação que serviu como referência na avaliação, uma vez que mediu instantaneamente o fluxo de grãos simultaneamente ao monitor de produtividade.

A instrumentação consistiu de um sub-tanque de grãos, mecanicamente fixado sobre uma estrutura composta por um conjunto de três células de carga,

interligadas a um *datalogger*. Para o georreferenciamento de todos os dados coletados, foram utilizadas as informações do mesmo receptor GPS do monitor de produtividade, através de um cabo em “Y” usando as mesmas sentenças GGA e VTG do protocolo de comunicação NMEA 0183. As informações contidas nestas sentenças são posicionamento e tempo, na sentença GGA e velocidade, na sentença VTG. Na Figura 18 encontra-se o esquema simplificado da composição e funcionamento dessa instrumentação.

A estrutura foi desenvolvida especificamente para esse fim, respeitando as dimensões do graneleiro, pontos para fixação e formato, de maneira que se conseguisse um reservatório com a maior capacidade possível e que fosse desmontável, permitindo alternar o uso da colhedora entre as avaliações e a rotina normal de colheita na propriedade.

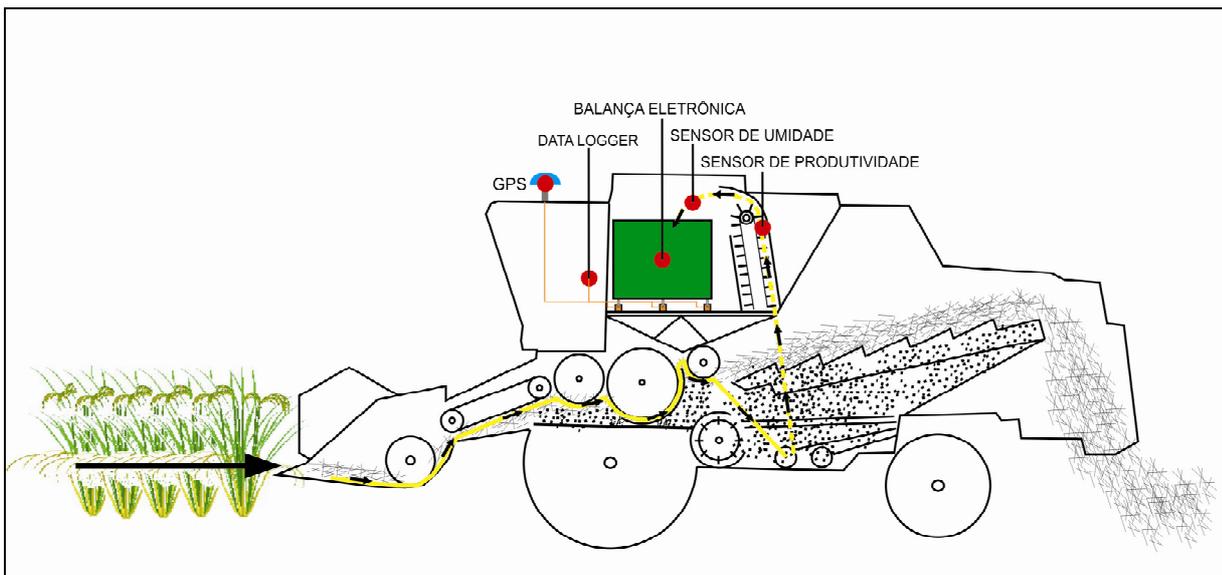


Figura 18 - Esquema da Colhedora com o sistema de mapeamento de produtividade e a balança eletrônica utilizada como referência nas avaliações.

Ainda, o desenvolvimento da balança eletrônica procurou gerar uma estrutura desmontável para poder avaliar monitores de produtividade em outros modelos de máquinas, mudando apenas a estrutura da base de fixação. Na Figura 19 é apresentada a estrutura base da balança eletrônica dentro do reservatório de grãos da colhedora.

Foram utilizadas três células de carga em paralelo, marca Primax[®], modelo BTSI[®], com capacidade máxima de 250 kg cada, com sensibilidade de 0,2mV por 1V, que trabalha para tração e compressão, transmitindo sinais para o *datalogger*, marca Campbell Scientific[®], modelo CR850[®]. Os valores gerados com as células de carga foram utilizados como massa em todo o estudo, desprezando a variação da gravidade com relação ao nível do mar (média de altitude em torno de 26 metros). Esse procedimento foi utilizado por Pereira (2002) quando trabalhou com uma bancada de laboratório avaliando monitores de produtividade. Dessa forma é possível comparar as massas lidas pela célula de carga com as massas lidas e calculadas pelo monitor de produtividade avaliado.

As Figuras 20a e 20b mostram em detalhes o modelo das células de carga utilizadas nas avaliações.



Figura 19 – Estrutura base da balança eletrônica e as 3 células de carga montadas em paralelo.

A Figura 21 mostra a balança eletrônica montada e em funcionamento durante as avaliações. Neste caso, a balança eletrônica foi exigida em toda a capacidade de seu reservatório, que foi suficiente para os tamanhos de parcela utilizados (80 e 160 m de comprimento) na cultura do arroz irrigado.

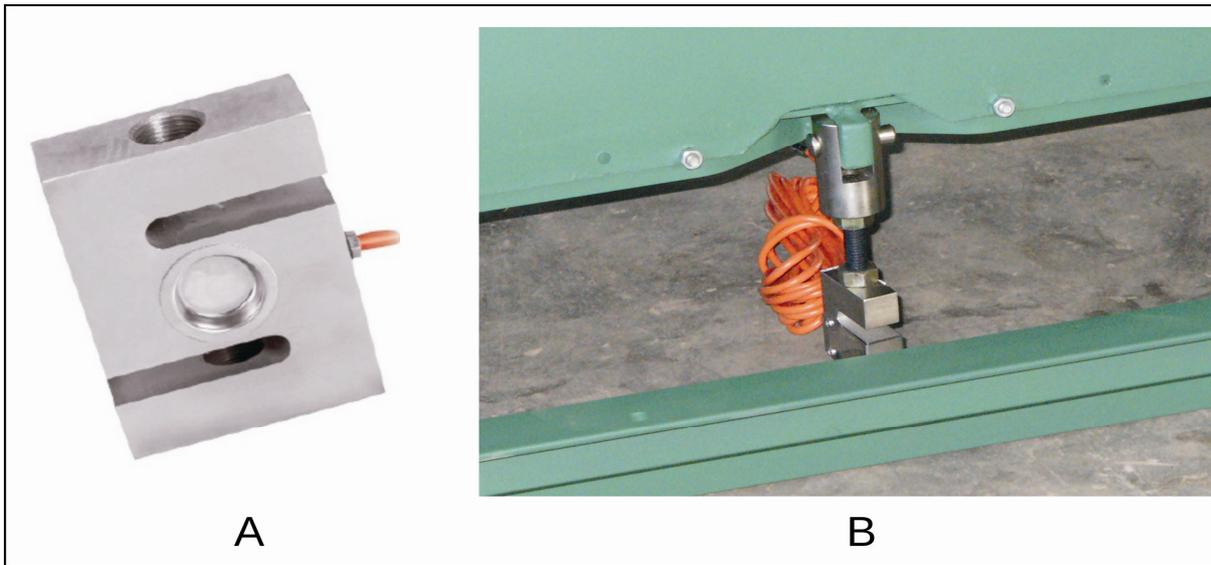


Figura 20 – Detalhe da célula de carga Primax® modelo BTSI e sua montagem na estrutura base da balança eletrônica.



Figura 21 - Balança eletrônica instalada no reservatório de grãos da colhedora para servir como referência na avaliação do monitor de produtividade.

O *datalogger* foi alimentado por uma bateria selada de 12 v, completamente independente do sistema elétrico da colhedora. Juntamente com o *datalogger* e a

bateria, foi desenvolvido um painel de comando, dotado de dois botões, sendo um para ligar e desligar a instrumentação (Sistema) e outro para acionar e interromper a coleta de dados (Gravação). Ambos os botões contavam com *Light-Emitting Diode (LEDs)* com cores diferentes, que indicavam seu status (ligado ou desligado). Todos esses recursos utilizados através do *datalogger* exigiram um *software* especificamente desenvolvido para este trabalho. A programação deste foi feita através de linguagem de programação própria do fabricante usando o compilador CRBasic[®] Editor, que integra o *software* PC 400[®], do próprio fabricante do *datalogger*. O *software* desenvolvido para a coleta de dados, bem como esquema de montagem dos sensores e demais dispositivos ao *datalogger*, podem ser conferidos nos Anexos 1, 2 e 3 deste trabalho, respectivamente. As células se interligaram através de cabos até o *datalogger*, que ficou localizado dentro da cabine da colhedora, para operação e monitoramento. A este foi conectado também o cabo em “Y” que forneceu os dados de posicionamento vindos do receptor GPS. A Figura 22 mostra o painel de comando, que possibilitou o acionamento da coleta de dados concomitantemente ao monitor de produtividade.

Tanto o monitor de produtividade quanto a instrumentação de referência (balança eletrônica) foram devidamente calibrados, previamente às avaliações. O monitor de produtividade foi calibrado conforme as recomendações do manual do fabricante, seguindo todas as rotinas de conferência dos valores lidos pelo monitor, comparados com valores reais de pesagem em balança, até que se conseguisse um erro menor do que 1%.

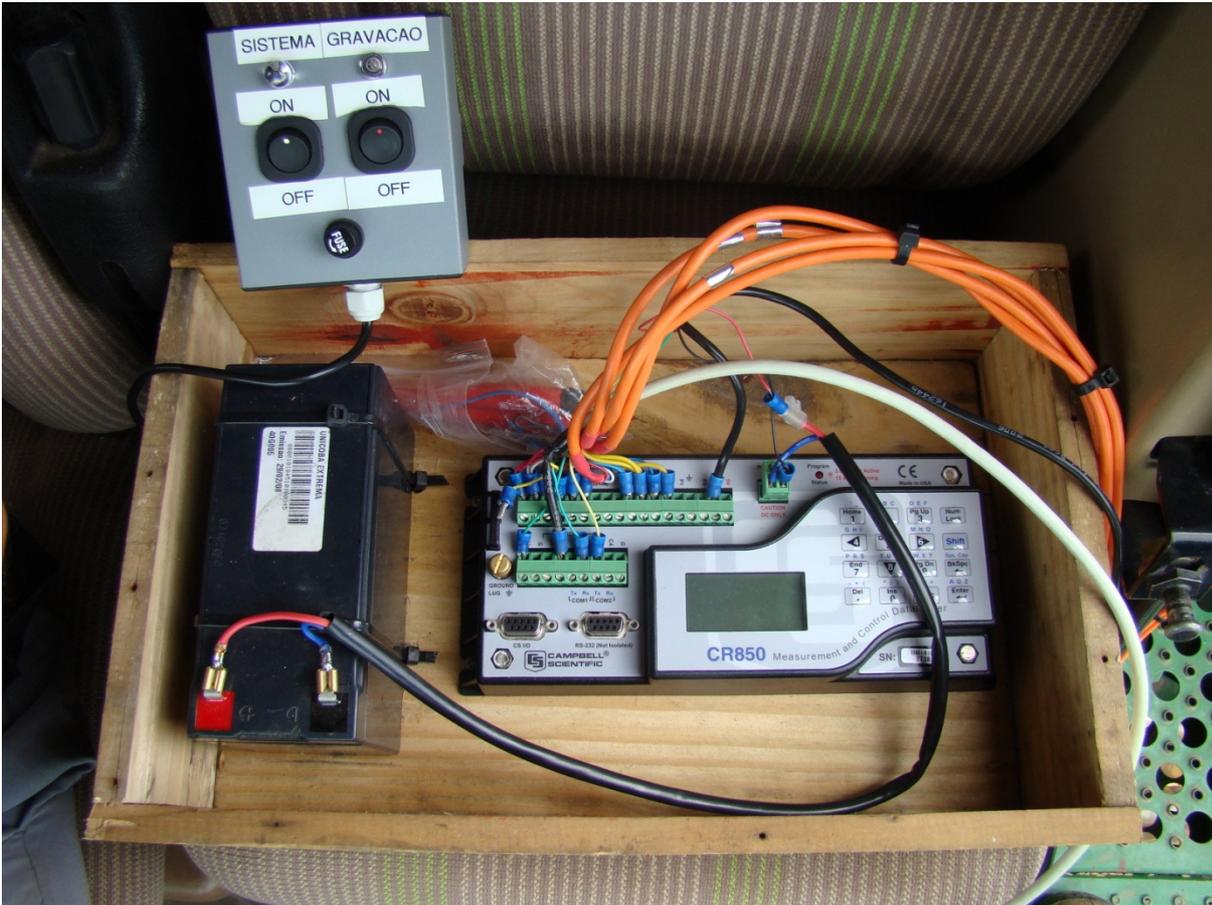


Figura 22 - Painel de comando, *datalogger* CR 850 e fonte de energia utilizados para a operação da instrumentação de referência.

5.7 Importação e processamento dos dados

Os dados do monitor de produtividade e da instrumentação de referência foram importados utilizando-se diferentes rotinas, as quais, através de diferentes *software* transformaram os formatos de origem em arquivos que podem ser trabalhados em planilha eletrônica de dados.

Os arquivos oriundos do monitor de produtividade, contidos num cartão de dados do tipo “SD” foram importados através do *software* do fabricante, o Datamanager[®] versão 5.1 build 30. Foi utilizado o recurso de exportação desse *software*, onde os arquivos no formato “.LOG” foram transformados em extensão

“.CSV” (caracteres separados por vírgula) que podem ser importados e trabalhados em planilha eletrônica e salvos em arquivos de extensão “.XLS”.

Os dados da instrumentação de referência coletados no *datalogger* foram importados através de conexão serial (protocolo RS232) entre este e um computador. Para tal foi utilizado o *software* PC 400[®], que transferiu os dados do *datalogger* para um diretório padrão no Microsoft Windows[®]. Devido ao limite da capacidade de armazenamento da memória interna do *datalogger*, essa transferência foi feita ao completar a coleta das três repetições de cada tratamento. Os arquivos têm no seu formato original a extensão “.DAT” que, após transferidas para um computador, podem ser importadas por planilhas eletrônicas.

Devido às inúmeras vibrações a que o sistema de aquisição de dados estava submetido, provenientes da vibração natural da máquina somada às vibrações do sistema em movimento sobre solo agrícola, os dados brutos coletados pelas células de carga apresentaram nível excessivo de ruído de frequências mais altas. Por isso, uma filtragem digital dos valores foi necessária para separar as componentes de mais baixa frequência, induzidas pela variação de peso de grãos no graneleiro, das componentes de alta frequência, induzidas pelas mais diversas vibrações do sistema.

Para este pós-processamento foi utilizado o *software* matemático Matlab[®], da Mathworks, que executou uma rotina de filtragem, decimação, conformação e derivação do sinal, resultando em dados de fluxo de grãos.

A rotina de filtragem tem como objetivo principal atenuar ao máximo frequências mais altas a um valor pré-determinado, chamado frequência de corte, a fim de reduzir os níveis de ruído do sinal bruto. Para tanto, foi utilizado um filtro digital conhecido como Filtro *Finite Impulse Response* (Filtro FIR), caracterizado pela equação $y(n) = \sum_{i=0}^P h_i x(n-i)$, onde h_i são os coeficientes do filtro, P a ordem do filtro, $x(n)$ os dados de entrada e $y(n)$ os dados de saída. As principais características deste filtro é que, diferentemente do Filtro *Infinite Impulse Response* (Filtro IIR), ele não requer realimentação, o que o torna inerentemente estável. Porém, requer maior complexidade computacional, em relação ao IIR, para obter uma mesma resposta, principalmente quando se usam frequências de corte muito baixas. Porém, como todo processamento não foi feito em tempo real e estavam

disponíveis computadores com alta capacidade de processamento, optou-se pelo modelo FIR visando, principalmente, à sua estabilidade.

Para o modelamento e definição da ordem do filtro, assim como o conjunto de coeficientes, foi utilizada uma função interativa do Matlab[®], chamada *Filter Design Toolbox*. Após uma análise das características dos dados obtidos através da transformada de Fourier, levantou-se como parâmetros para cálculo do filtro FIR:

Frequência passante: $<0,2$ (frequências normalizadas de 0 a 1);

Frequência de corte: $>0,3$;

Ganho faixa passante: 1dB;

Ganho faixa de corte: -80dB.

Como os dados foram obtidos com uma taxa de amostragem bastante alta para o fim (20 amostras por segundo), ainda no estágio de filtro fez-se uma decimação de 10 para 1, com o objetivo de reduzir o volume de dados.

O segundo passo para o processamento dos dados é a conformação do sinal, a partir de uma interpolação. Isto é necessário, pois o cálculo da derivada do sinal tende a amplificar as componentes de alta frequência. A derivada dos valores obtidos no experimento, mesmo estando previamente filtrados, apresenta níveis de ruídos muito elevados e impossibilita a leitura correta dos valores de fluxo de grãos, justificando o uso da interpolação, que nada mais é do que uma curva moldada para acompanhar a tendência dos dados. Optou-se pela interpolação *spline*, pois, em comparação à tradicional interpolação polinomial, se aproxima à curva original com muito mais precisão, mesmo quando usadas ordens menores. A derivação do sinal é necessária, pois sabe-se que a função do fluxo de grãos é a derivada da função peso na balança eletrônica.

Com isto foi obtido o fluxo de grãos a partir dos dados obtidos no experimento. A função criada no Matlab[®] para o cálculo completo de todos os passos apresentados encontra-se no Anexo 4.

Depois de realizada a filtragem dos dados do *datalogger*, foi feita a tabulação e sincronização dos dados do monitor com os dados da referência para que a comparação entre os mesmos pudesse ser realizada. Para tal, os dados sofreram transformação matemática para que ambos tivessem a mesma unidade e frequência, bem como cada par de dados estivesse ajustado com sua respectiva localização espacial.

5.8 Descrição dos tratamentos e análise estatística dos dados

Para a avaliação do monitor de produtividade foram desenvolvidos dois experimentos, que buscaram avaliar a resposta do mesmo a diferentes condições de trabalho, típicas de uma lavoura de arroz irrigado. O primeiro experimento teve o objetivo de entender o comportamento do monitor de produtividade quando submetido ao aumento e à diminuição do fluxo de grãos. O segundo experimento, basicamente, teve a tarefa de testar o comportamento do monitor de produtividade a variações bruscas. A seguir são detalhados os dois experimentos de acordo com as suas especificidades.

5.8.1 Resposta do monitor ao aumento e diminuição de produtividade

O experimento foi conduzido em parcelas adjacentes, de modo que cada tratamento tivesse suas repetições dispostas uma ao lado da outra, na tentativa de tornar as repetições semelhantes uma da outra em relação ao terreno e à produtividade, com 12 tratamentos e três repetições. No Quadro 1 encontram-se listados e descritos os tratamentos, bem como o código de cada um, para facilitar a identificação e a organização dos dados experimentais.

Os tratamentos foram definidos de modo a se conhecer a acurácia e a precisão da resposta do monitor de produtividade ao aumento e à diminuição do fluxo de grãos, em terreno sistematizado e não sistematizado, em diferentes situações operacionais de colheita, ou seja, com aumento, diminuição e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora automotriz. O aumento da velocidade partiu de uma velocidade planejada de $1,5 \text{ km.h}^{-1}$ e terminou com uma velocidade planejada de $3,0 \text{ km.h}^{-1}$. A diminuição caracterizou-se por partir de uma velocidade planejada de $3,0 \text{ km.h}^{-1}$ e terminar com uma velocidade planejada de $1,5 \text{ km.h}^{-1}$. A manutenção da velocidade caracterizou-se pela velocidade de colheita normalmente utilizada na propriedade, aplicada de maneira constante em todo o percurso da parcela, compreendendo $1,75 \text{ km.h}^{-1}$.

Cada UE (parcela) tem 70 valores de fluxo de grãos do monitor de produtividade e 70 valores de fluxo de grãos da balança eletrônica, ambos com intervalos de 2 segundos e pareados de acordo com a sua localização espacial, ou seja, ambos valores de fluxo referem-se ao mesmo ponto no espaço e, portanto, sua coordenada espacial é a mesma.

Trat	Descrição	Código
1	Aumento de fluxo e de velocidade em área sistematizada	AAVS
2	Aumento de fluxo e diminuição de velocidade em área sistematizada	ADVS
3	Aumento de fluxo e manutenção de velocidade em área sistematizada	AMVS
4	Diminuição de fluxo e aumento de velocidade em área sistematizada	DAVS
5	Diminuição de fluxo e de velocidade em área sistematizada	DDVS
6	Diminuição de fluxo e manutenção de velocidade em área sistematizada	DMVS
7	Aumento de fluxo e de velocidade em área com taipas	AAVT
8	Aumento de fluxo e diminuição de velocidade em área com taipas	ADVT
9	Aumento de fluxo e manutenção de velocidade em área com taipas	AMVT
10	Diminuição de fluxo e aumento de velocidade em área com taipas	DAVT
11	Diminuição de fluxo e de velocidade em área com taipas	DDVT
12	Diminuição de fluxo e manutenção de velocidade em área com taipas	DMVT

Quadro 1 - Relação, descrição e codificação dos tratamentos do experimento de avaliação de resposta do monitor de produtividade ao aumento e diminuição do fluxo de grãos.

As análises estatísticas utilizadas foram a regressão linear simples, para as estimativas dos parâmetros regressores e o teste “t” de Student, para detectar a diferença estatística entre os parâmetros “a” (intercepto do eixo Y) e “b” (coeficiente angular). Foi escolhida a análise de regressão, devido aos tratamentos serem de caráter quantitativo, ou seja, variações no fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) para avaliar a resposta do monitor de produtividade. De acordo com Storck et al. (2000), quando os tratamentos são de caráter quantitativos, deve-se usar a análise de regressão com o objetivo de obter os parâmetros regressores que expressem matematicamente o comportamento dos tratamentos e da variável resposta. Estes autores também afirmaram que a interpretação dos resultados pode se dar pelo entendimento dos seus parâmetros e também através de gráficos.

As regressões lineares simples foram executadas no programa computacional Statistix 9, de maneira que os valores da balança eletrônica (referência) foram a variável independente (X) e os dados obtidos do monitor de produtividade em

avaliação a variável dependente (Y), de cada uma das repetições e dos dados médios. Dessa forma, a acurácia foi determinada pelo teste “T” aplicado ao intercepto da regressão linear (a), para testar a hipótese $H_0: a = 0$, e ao coeficiente angular da reta (b), para testar a hipótese $H_1: b = 1$, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Valores de intercepto significativamente diferentes de 0 descrevem a presença de desvios constantes, enquanto valores de coeficiente angular da reta significativamente diferentes de 1 indicam a presença de desvios sistemáticos. A precisão das estimativas foi obtida por meio do coeficiente de determinação da regressão R^2 .

5.8.2 Resposta do monitor a mudanças abruptas de produtividade

O experimento foi conduzido em parcelas adjacentes, de modo que cada tratamento tivesse suas repetições dispostas ao lado uma da outra, na tentativa de tornar as repetições semelhantes uma da outra em relação ao terreno e à produtividade, com dois tratamentos e três repetições. No Quadro 2 encontram-se listados e descritos os tratamentos, bem como o código de cada um, de modo a facilitar a identificação e organização dos dados experimentais.

Cada UE (parcela) tem 175 valores de fluxo de grãos do monitor de produtividade e 175 valores de fluxo de grãos da balança eletrônica, ambos com intervalos de 2 segundos e pareados de acordo com a sua localização espacial, ou seja, ambos valores de fluxo referem-se ao mesmo ponto no espaço e, portanto sua coordenada espacial é a mesma.

Trat	Descrição	Código
1	Mudanças abruptas no fluxo de grãos em área sistematizada	AVZEROS
2	Mudanças abruptas no fluxo de grãos em área com taipas	AVZEROT

Quadro 2 - Relação, descrição e codificação dos tratamentos do experimento de avaliação de resposta do monitor de produtividade a mudanças abruptas no fluxo de grãos.

A análise estatística utilizada foi a regressão linear simples, tal como executada no experimento anterior. O procedimento de analisar individualmente

cada repetição além dos dados médios também foi realizado nessa avaliação, que procurou verificar a existência de diferença estatisticamente significativa entre as leituras do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência). A acurácia foi determinada pelo teste “T” aplicado ao intercepto da regressão linear (a), para testar a hipótese $H_0: a = 0$, e ao coeficiente angular da reta (b), para testar a hipótese $H_1: b = 1$, ao nível de 5% de significância. A precisão das estimativas foi obtida por meio do coeficiente de determinação da regressão R^2 .

Levando-se em consideração o conceito de acurácia e precisão, pode-se verificar, inclusive em outras áreas da ciência, como no trabalho de LENZ et al. (2010), a utilização do teste “T” de Student aplicado às estimativas dos parâmetros de intersecção da regressão linear (a) e coeficiente angular (b) com a idéia de verificar a acurácia e a estimativa da precisão baseada no coeficiente de determinação da regressão (R^2).

Os trabalhos sobre a avaliação de resposta de monitores de produtividade a variações no campo encontrados na literatura, apresentam como parâmetro avaliado o peso total de cada parcela colhida, sendo um resultado final lido pelo monitor de produtividade e comparado com a balança eletrônica tida como referência. Para se fazer a comparação dos resultados encontrados nesse trabalho com os já existentes na literatura, são apresentados também o peso total médio das parcelas de cada tratamento, tanto do monitor de produtividade quanto da referência. O resultado então, é expresso na diferença percentual entre ambos, bem como pelo coeficiente de correlação de Pearson.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização da velocidade real e conteúdo de umidade dos grãos

Conforme descrito anteriormente, para a aplicação dos tratamentos projetou-se a variação (aumento e diminuição) e também a manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora. Na Tabela 1 encontram-se os dados estatísticos descritivos velocidade mínima, máxima, média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação obtidos no campo, em cada um dos tratamentos aplicados na avaliação.

Houve determinada oscilação dos valores de velocidade, demonstrada pelo coeficiente de variação (CV), que teve valores entre 5,63% e 27,31%. É natural que os tratamentos com variação de velocidade tenham alcançado maiores valores de CV quando comparados aos tratamentos com manutenção de velocidade constante, pois deveriam aumentar ou diminuir a velocidade de deslocamento de 1,5 a 3,0 km.h⁻¹ e de 3,0 a 1,5 km.h⁻¹, respectivamente. Nos tratamentos sem variação de velocidade, os valores de CV não ultrapassaram 7,02%.

Por outro lado, com base nos resultados de velocidade real desse experimento, é possível inferir que o GPS L1, corrigido por algoritmo interno não oferece a precisão adequada para o sistema mapear a produtividade, uma vez que as oscilações excessivas de velocidade interferem negativamente no cálculo da produtividade, reduzindo a qualidade da informação. Para o objetivo deste trabalho, as tendências de aumento, diminuição e manutenção de velocidade de deslocamento foram atendidas para todos os tratamentos.

Nos tratamentos onde se planejou o aumento da velocidade (partindo de 1,5 km.h⁻¹ e chegando a 3,0 km.h⁻¹) foram obtidas velocidades iniciais variando entre 1,38 e 1,63 e velocidades finais entre 3,20 e 3,36 km.h⁻¹. Nos tratamentos onde se planejou a diminuição da velocidade (partindo de 3,0 km.h⁻¹ e chegando a 1,5 km.h⁻¹) foram conseguidas velocidades iniciais variando de 2,98 a 3,41 km.h⁻¹ e velocidades finais entre 1,34 a 1,42 km.h⁻¹.

Tabela 1 - Caracterização dos valores de velocidade de deslocamento da colhedora nos tratamentos de aumento e diminuição de fluxo em áreas sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado.

Tratamento	Mín	Máx	km.h ⁻¹			CV %
			Média	Mediana	Desvio Padrão	
AAVS	1,60	3,20	2,30	2,25	0,46	19,86
ADVS	1,42	3,20	2,15	2,06	0,55	25,78
AMVS	1,42	2,11	1,74	1,75	0,11	6,50
DAVS	1,38	3,36	2,27	2,20	0,62	27,31
DDVS	1,34	2,98	1,94	1,75	0,47	24,17
DMVS	1,50	1,96	1,69	1,68	0,10	5,63
AAVT	1,63	3,35	2,43	2,42	0,47	19,34
ADVT	1,34	3,41	2,22	2,14	0,54	24,56
AMVT	1,49	2,03	1,75	1,75	0,12	7,02
DAVT	1,59	3,28	2,45	2,44	0,50	20,56
DDVT	1,37	3,23	2,17	2,16	0,49	22,74
DMVT	1,47	1,96	1,72	1,72	0,11	6,41

Para uma melhor visualização e entendimento dos valores apresentados acima, as Figuras 23, 24 e 25 mostram o comportamento da velocidade real de deslocamento conseguida nos tratamentos da avaliação de resposta do monitor de produtividade ao aumento e diminuição de fluxo. Conforme pode-se observar, as velocidades projetadas foram conseguidas, ou seja, mesmo com determinada oscilação dos valores absolutos, as tendências de aumento, diminuição e manutenção da velocidade foram alcançadas.

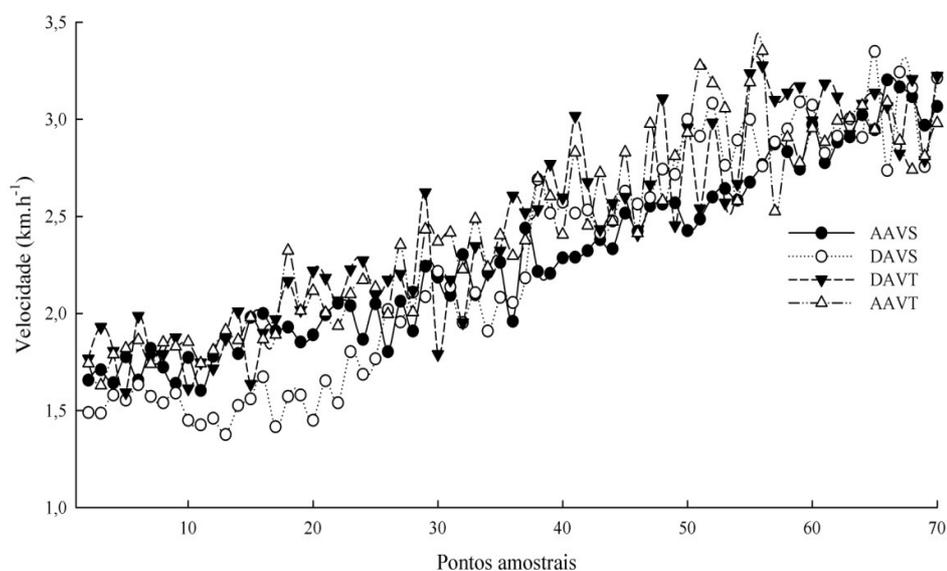


Figura 23 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos com aumento de velocidade, aumento e diminuição de fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado.

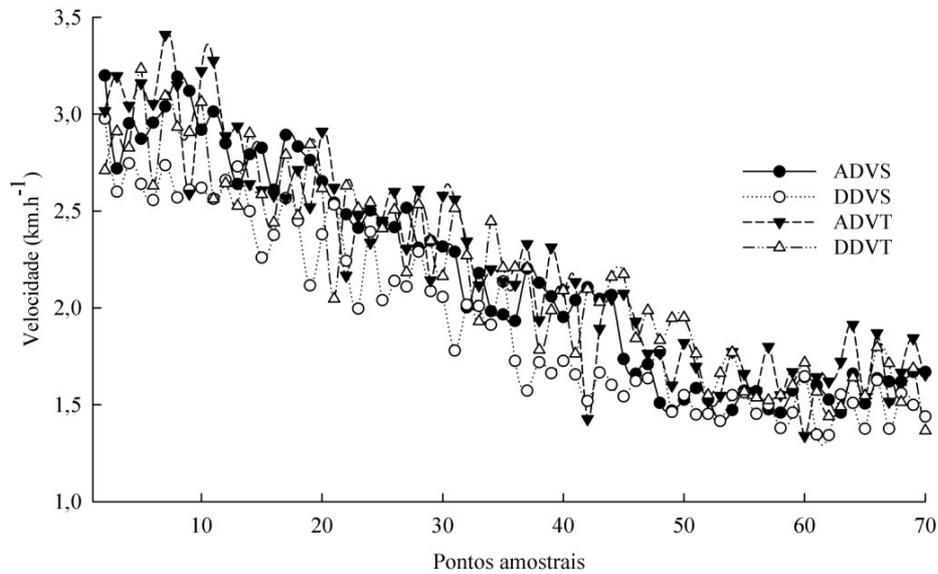


Figura 24 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos com diminuição de velocidade, aumento e diminuição de fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado.

Nos tratamentos com manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora, com velocidade planejada de $1,75 \text{ km.h}^{-1}$ (velocidade normalmente utilizada na operação de colheita de arroz na propriedade) esta deveria ser mantida constante, tanto quanto possível. De acordo com os valores reais, a velocidade mínima registrada nesses tratamentos foi de $1,42 \text{ km.h}^{-1}$ e a máxima de $2,11 \text{ km.h}^{-1}$. É possível afirmar que o comportamento de velocidade constante foi conseguido, uma vez que a média teve valores entre $1,69$ e $1,75 \text{ km.h}^{-1}$, em todos os tratamentos, ou seja, valores muito próximos do planejado e os valores mínimo e máximo perfazem pontos extremos e isolados no conjunto, não coincidindo com o padrão da maioria dos dados que compõe os resultados da avaliação, conforme pode ser conferido na Figura 25.

Na avaliação de resposta do monitor de produtividade a mudanças abruptas no fluxo de grãos, a velocidade de deslocamento também foi planejada de maneira a se manter constante. Do mesmo modo que nos tratamentos de manutenção de velocidade de deslocamento da colhedora aplicados na avaliação anterior, a idéia foi manter a velocidade dentro dos padrões normais da operação de colheita de arroz irrigado na propriedade, ou seja, de $1,75 \text{ km.h}^{-1}$. A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva dos valores reais de velocidade das avaliações supra citadas.

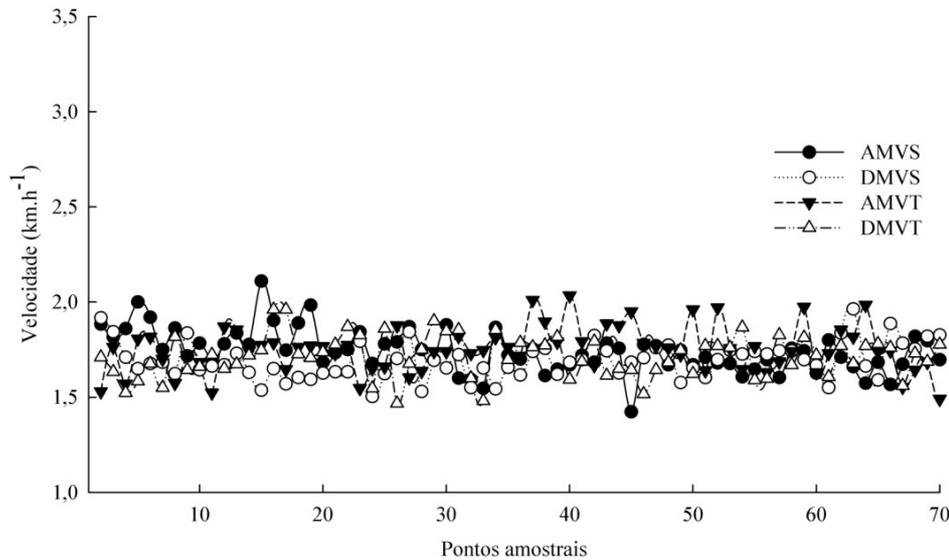


Figura 25 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos com manutenção de velocidade, aumento e diminuição de fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado.

Tabela 2 - Caracterização dos valores de velocidade de deslocamento da colhedora nos tratamentos de avaliação de resposta a mudanças abruptas no fluxo de grãos em áreas sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado.

Tratamento	Mín	Máx	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV
			km.h ⁻¹			%
AVZEROS	1,39	1,85	1,64	1,63	0,08	5,16
AVZEROT	1,14	2,46	1,77	1,77	0,16	9,34

Para o tratamento AVZEROS a velocidade mínima registrada foi de 1,39 km.h⁻¹ e a máxima de 1,85 km.h⁻¹, perfazendo uma média de 1,64 km.h⁻¹. Quando comparado com o tratamento AVZEROT, o segundo apresentou maior variação, com uma velocidade mínima registrada de 1,14 km.h⁻¹ e máxima de 2,46 km.h⁻¹. Essa maior variação do tratamento da área não sistematizada pode ser comprovado pelo seu coeficiente de variação, que foi de 9,34%, superior aos 5,16% do tratamento da área sistematizada. Mesmo apresentando desvios maiores em relação à média no tratamento da área não sistematizada, ambos os tratamentos mantiveram o comportamento de manutenção da velocidade de deslocamento, que pode ser visto na Figura 26. A maior variação de velocidade no segundo tratamento é explicada pela própria natureza do terreno não sistematizado, que contém taipas

para formar a lâmina de água e obriga a colhedora a transpor esses obstáculos durante a operação, causando pequenas oscilações na velocidade de deslocamento.

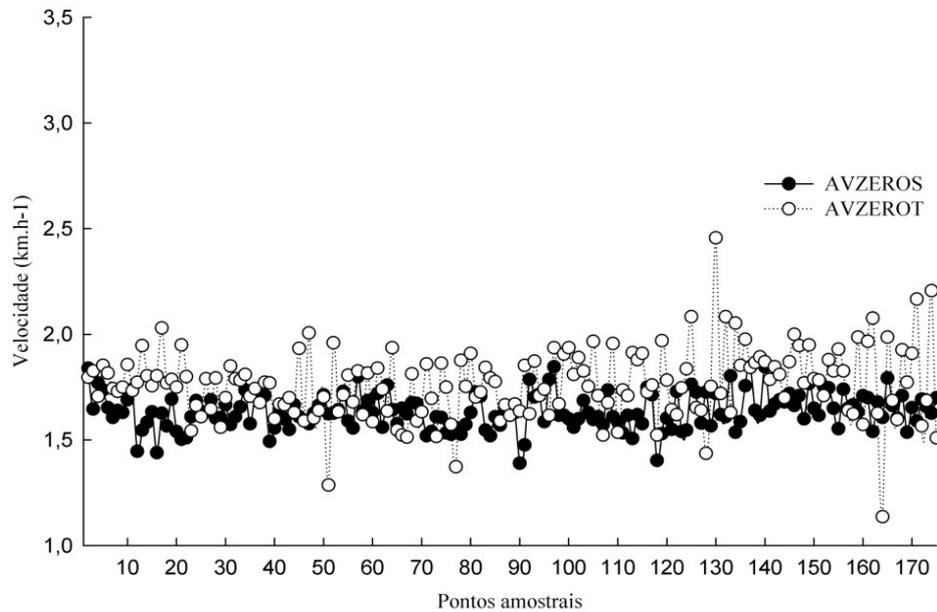


Figura 26 - Velocidade real de deslocamento da colhedora de grãos nos tratamentos da avaliação de resposta do monitor de produtividade à mudanças abruptas do fluxo de grãos em área sistematizada e não sistematizada de arroz irrigado.

A Tabela 3 apresenta os valores de conteúdo de umidade das parcelas experimentais referentes à avaliação de resposta ao aumento e à diminuição do fluxo de grãos, organizados por tratamento, repetições e média das repetições. A medição foi realizada com um aparelho da marca Motomco[®], modelo 919, aferido em janeiro de 2009.

O menor valor de umidade nessa avaliação foi de 12,87% e o máximo de 22,43%. Essa diferença é devida à execução da avaliação em diferentes talhões, que, apesar de próximos, tiveram datas de semeadura diferentes e, devido à logística da propriedade, tiveram de ser colhidos de acordo com a capacidade de trabalho da mesma. Cabe ressaltar que no ano agrícola 2008/2009, os proprietários da lavoura onde foi realizada a avaliação decidiram não utilizar prestadores de serviço para a colheita. Desse modo, por disporem apenas de suas próprias máquinas, certos talhões foram colhidos fora do ponto ideal (entre 18 e 23% de

conteúdo de umidade dos grãos) sendo alguns antes (acima dos 23%) e outros depois (abaixo dos 18%).

Tabela 3 - Conteúdo de umidade dos grãos (%) por tratamento, repetições e média utilizados para correção dos valores para a base seca na avaliação de resposta ao aumento e diminuição do fluxo de grãos em lavoura de arroz irrigado sistematizada e não sistematizada.

Tratamento	Umidade dos grãos (%)			Média
	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	
AAVS	12,87	12,97	13,40	13,08
ADVS	17,13	17,40	17,47	17,33
AMVS	13,50	13,37	13,07	13,31
DAVS	17,33	18,30	17,43	17,69
DDVS	18,13	18,03	18,13	18,10
DMVS	12,90	12,93	13,03	12,95
AAVT	19,33	19,13	19,00	19,15
ADVT	19,33	18,90	19,10	19,11
AMVT	18,40	19,43	18,60	18,81
DAVT	18,93	19,30	18,77	19,00
DDVT	19,13	19,20	22,43	20,25
DMVT	18,53	19,20	19,43	19,05

Na Tabela 4 estão os valores de conteúdo de umidade dos grãos das parcelas experimentais referentes à avaliação de resposta a mudanças abruptas do fluxo de grãos, organizados por tratamento, repetições e média das repetições. Os menores valores de umidade são do tratamento AVZEROS (área sistematizada), que vão de 13,10 a 13,40%. No tratamento AVZEROT (área não sistematizada), a área das parcelas foi colhida dentro do ponto ideal, com umidades variando entre 19,93 e 21,43%.

Tabela 4 - Conteúdo de umidade dos grãos (%) por tratamento, repetições e média utilizados para correção dos valores para a base seca na avaliação de resposta a mudanças abruptas no fluxo de grãos em lavoura de arroz irrigado sistematizada e não sistematizada.

Tratamento	Umidade dos grãos (%)			Média
	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	
AVZEROS	13,10	13,40	13,40	13,3
AVZEROT	21,43	19,93	21,07	20,81

6.2 Resposta do monitor de produtividade ao aumento e diminuição no fluxo de grãos

A resposta do monitor de produtividade nos tratamentos com aumento e diminuição de fluxo em área sistematizada de arroz irrigado mostrou ter diferença significativa em apenas um parâmetro por tratamento, ou seja, diferenças significativas foram verificadas ou no intercepto da regressão (a) ou no coeficiente angular (b), mas, em nenhum tratamento as diferenças aconteceram nos dois parâmetros. As Tabelas de 5 a 16 reúnem os resultados dos tratamentos aplicados no terreno sistematizado e não sistematizado e compreendem o intercepto da regressão (a), o erro padrão de “a” (EPA), o coeficiente angular (b), o erro padrão de “b” (EPB), o coeficiente de determinação (R^2) dos dados médios e de cada uma das repetições, de modo a se conseguir um melhor detalhamento e conhecimento do desempenho do monitor em cada uma das avaliações. Contém, também, os pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência.

No tratamento AAVS (aumento de fluxo de grãos e de velocidade em terreno sistematizado) não houve diferença significativa para o intercepto da regressão em nenhuma das repetições e, tampouco, na média das repetições, com valores que variaram entre -0,058 e -0,082 nas suas repetições e -0,052 na média (Tabela 5). O resultado indica que os valores, mesmo negativos, não subestimaram significativamente as leituras do monitor de produtividade. Houve diferença significativa no coeficiente angular em apenas uma das repetições, ou seja, na repetição 2, o coeficiente angular foi estatisticamente diferente de 1, apresentando valor de 1,126. No entanto, nas outras repetições desse tratamento e também na média, não houve diferença significativa, com valores entre 0,971 e 1,008 e valor médio de 1,021. Portanto, houve linearidade da resposta do monitor. Os resultados indicam que a resposta do monitor teve boa acurácia, pois os dois parâmetros indicadores não foram estatisticamente diferentes de 0 e 1 para “a” e “b”, respectivamente.

Tabela 5 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2
Sistematizada	rep1	-0,058	0,050	1,008	0,036	0,921
	rep2	-0,082	0,035	1,126*	0,026	0,964
	rep3	-0,061	0,028	0,971	0,024	0,959
	med	-0,052	0,028	1,021	0,022	0,971
	AAV	Peso total (kg)		Diferença		Correlação
		Referência	Monitor	Kg	%	
		152,729	139,670	13,059	8,550	0,999

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

O monitor de produtividade teve valores de R^2 altos, o que indica haver uma boa precisão, uma vez que nas suas três repetições os valores variaram de 0,921 a 0,964. Quando analisados os seus valores médios, a precisão foi mais alta, com um R^2 de 0,971, o que representa uma dispersão muito pequena em relação aos valores da referência. Esse comportamento pode ser visto na Figura 27, que apresenta a dispersão dos dados do tratamento AAVS, e permite uma melhor noção da acurácia do monitor de produtividade bem se conferir o alto coeficiente de determinação dos dados médios, uma vez que os dados encontram-se concentrados e com comportamento linear, fato que é positivo no desempenho do monitor de produtividade.

Uma comparação da resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) está na Figura 28.

O monitor de produtividade teve resposta relativamente precisa às variações do tratamento, sendo notadas algumas distorções principalmente na primeira etapa (0 para 25% do fluxo total) e também no final da avaliação, já com 100% do fluxo de grãos. A diferença ocorrida à baixa taxa de fluxo de grãos é causada, provavelmente, por influência da pequena quantidade de grãos passando pelo elevador de grãos limpos que, pelo princípio de funcionamento do sensor ótico (que considera primeiramente o volume de grãos para o cálculo de massa) não foi quantificada adequadamente.

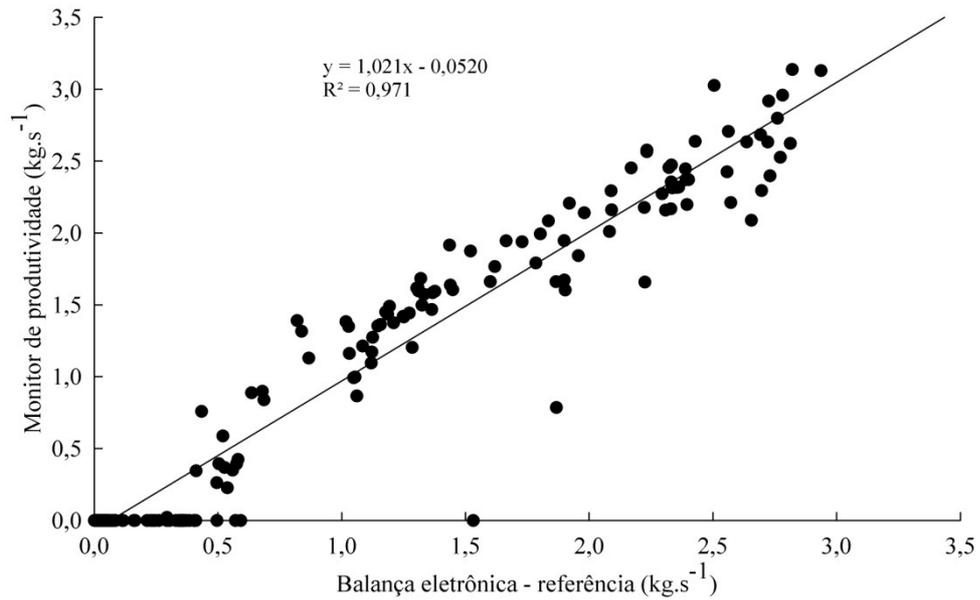


Figura 27 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

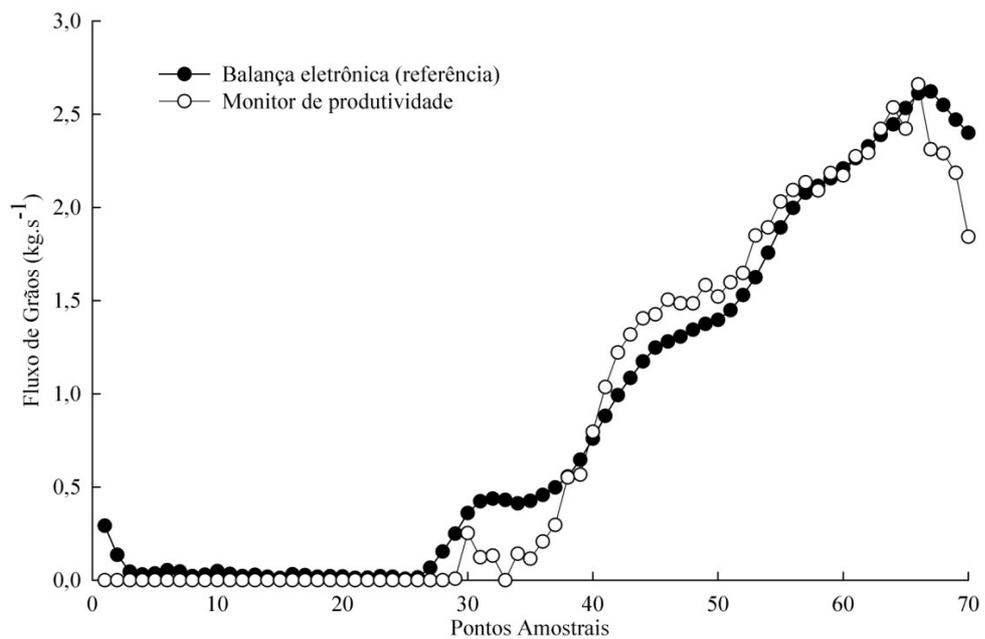


Figura 28 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

A diferença ao final da avaliação, nos últimos quatro valores, é atribuída ao final da parcela experimental que, ao diminuir rapidamente o fluxo de grãos passando pelo elevador, não foi quantificada adequadamente pelo sensor. Nas leituras intermediárias houve uma boa resposta do monitor de produtividade às variações.

A totalização da massa de grãos pelo monitor de produtividade nesse tratamento apresentou uma diferença de 13,059 kg, o que equivale a 8,55% de discordância em relação à sua referência. Esse resultado é superior aos 5,2%, encontrados por Arslan e Colvin (2002), quando trabalharam com variações de fluxo e aumento de velocidade da colhedora (8 a 11 km.h⁻¹) na cultura do milho.

No tratamento ADVS (aumento de fluxo de grãos e diminuição da velocidade da colhedora em terreno sistematizado) não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros intercepto da regressão (a) e coeficiente angular (b), em nenhuma das repetições e também na média. Os valores de “a” variaram de 0,032 a 0,056 e não diferiram de zero pelo teste T a 5% de significância. Para “b”, os valores ficaram entre 0,833 e 1,017 e, portanto, não diferiram de 1 pelo mesmo teste estatístico. Os resultados podem ser conferidos na Tabela 6.

Tabela 6 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R²), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R²
Sistematizada	rep1	0,056	0,038	1,017	0,030	0,944
	rep2	0,036	0,033	0,833	0,024	0,947
	rep3	0,032	0,032	0,895	0,024	0,952
	med	0,037	0,021	0,917	0,016	0,979
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação
		Referência	Monitor	Kg	%	
		173,983	154,034	19,949	11,466	0,935

*: indica que a hipótese de nulidade (a=0 ou b=1) foi rejeitada pelo teste t (P=0,05).

A Figura 29, além dos valores de “a” e “b” médios, apresenta o coeficiente de determinação, que teve um valor alto, de 0,979, o que significa uma boa precisão do equipamento avaliado.

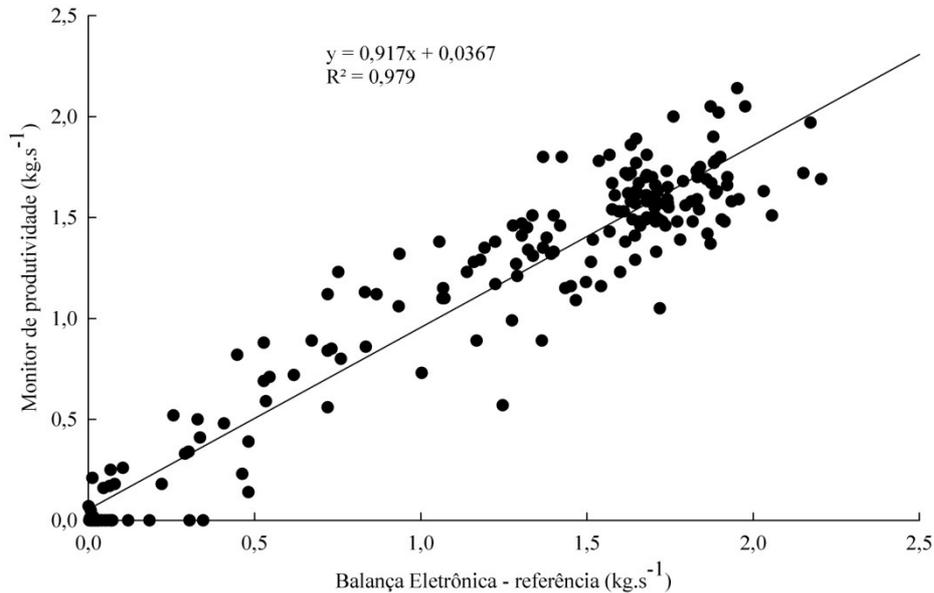


Figura 29 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

A Figura 29 permite um melhor entendimento do resultado da análise, pois como não foi encontrada diferença no parâmetro “a”, considerado igual a 0, a origem dos dados encontra-se muito próxima ao zero. Da mesma forma, o parâmetro “b” foi considerado igual a 1, o que confere linearidade à resposta, com poucos pontos fora da reta e não compatíveis com esse comportamento em toda a extensão da nuvem de pontos.

A Figura 30 mostra porque o coeficiente de determinação apresentou um valor alto, pois o monitor respondeu adequadamente a quase que à totalidade das variações impostas pelo tratamento, ou seja, acompanhou as variações de fluxo do início ao fim da avaliação. No último terço da avaliação, apesar do monitor de produtividade ter acompanhado as variações impostas pelo tratamento, indicadas pela resposta da referência, a diferença entre ambos foi maior. Burks et al. (2004) encontraram resultado semelhante, porém, em ensaio de sensores de produtividade em bancada de laboratório. Nesse trabalho os autores citaram o aumento da

diferença no fluxo instantâneo de grãos entre o sensor de produtividade avaliado e a referência nas taxas mais altas testadas, sobretudo acima de $21 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

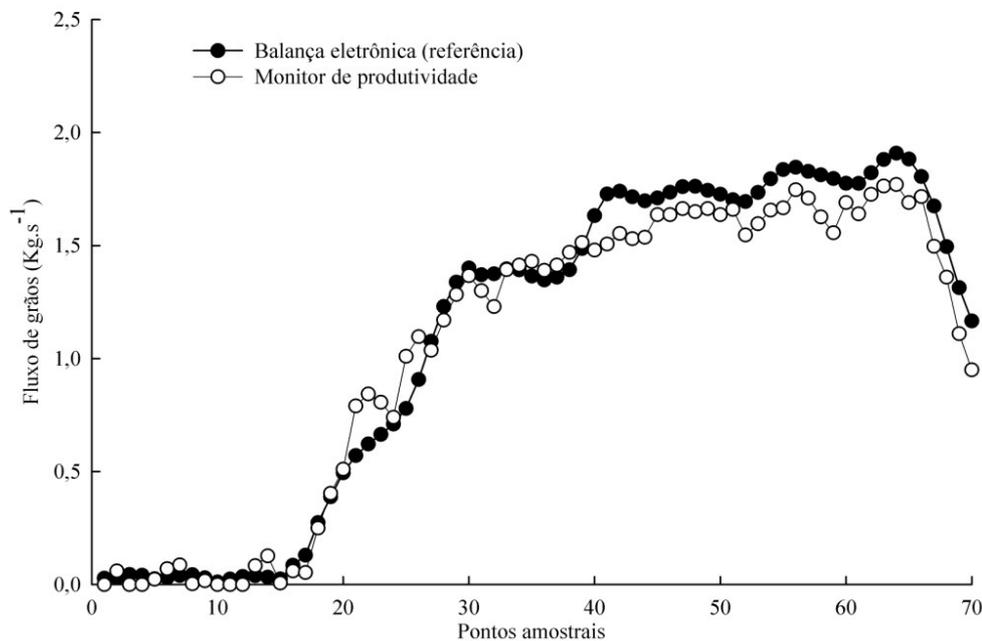


Figura 30 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

O peso total de cada parcela teve uma diferença de 19,94 kg entre a estimativa do sensor de produtividade e a referência, tendo o monitor registrado 154,034 kg e a referência 173,983, equivalente a 11,466%. Reitz e Kutzbach (1996) realizaram inúmeros testes com sensores de produtividade volumétricos óticos em laboratório e em campo. Quando operando em condições normais de campo, o erro médio encontrado foi menor do que 3%. Quando analisados os dados carga a carga da colhedora o maior erro foi de 5%. No entanto, quando as medições foram feitas em faixas de $3,6 \times 20 \text{ m}$, o erro encontrado foi de até 10%.

Na Tabela 7 estão os resultados referentes ao tratamento AMVS (aumento de fluxo de grãos e manutenção da velocidade da colhedora em terreno sistematizado). Nele, não foram observadas diferenças significativas no parâmetro intercepto da regressão (a). Todavia, foi constatada diferença significativa em duas das três repetições, e, também, na média para o coeficiente angular, com valores entre 1,087 e 1,286. Esse resultado indica a falta de linearidade na resposta do monitor às

variações aplicadas nesse tratamento. O valor da repetição que não diferiu de 1 pelo teste T, foi de 1,050.

Tabela 7 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R²	
Sistematizada	AMV	rep1	-0,122	0,060	1,050	0,044	0,893
		rep2	-0,121	0,029	1,087*	0,031	0,948
		rep3	-0,160	0,041	1,286*	0,058	0,878
		med	-0,119	0,025	1,097*	0,025	0,966
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação	
		Referência	Monitor	Kg	%		
		138,494	129,736	8,758	6,324	0,985	

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

Mesmo apresentando distorção na acurácia de sua resposta, evidenciada pela diferença estatística significativa do parâmetro “b”, a regressão apresentou valores de coeficiente de determinação relativamente altos, entre 0,878 e 0,948 em suas repetições e de 0,966 na média das três repetições. A Figura 31 mostra a dispersão dos valores médios do tratamento, onde é possível identificar que a nuvem de pontos encontra-se concentrada e com nítido comportamento linear, com exceção de dois pontos, que não apresentaram tal comportamento.

A Figura 32 exibe os dados do monitor de produtividade juntamente com os valores da balança eletrônica. O monitor de produtividade não respondeu adequadamente até o segundo estágio do aumento de fluxo e, a partir da metade da avaliação é que acompanhou com precisão as variações subsequentes, ou seja, aos 75% e 100% do fluxo de grãos. O fato de não responder adequadamente às variações, enquanto o fluxo de grãos é pequeno, pode ter sido causado por limitações de funcionamento do próprio sensor volumétrico ótico, uma vez que uma pequena quantidade de grãos com umidade baixa (13,50 a 13,70%, nesse caso) não teria um volume suficiente para interceptar o raio infravermelho do sensor, ser lido corretamente e depois transformado em massa com a precisão necessária. Reitz e Kutzbach (1996) relataram maiores erros dos sensores óticos operando em terrenos inclinados, sobretudo, a baixas taxas de fluxo de grãos.

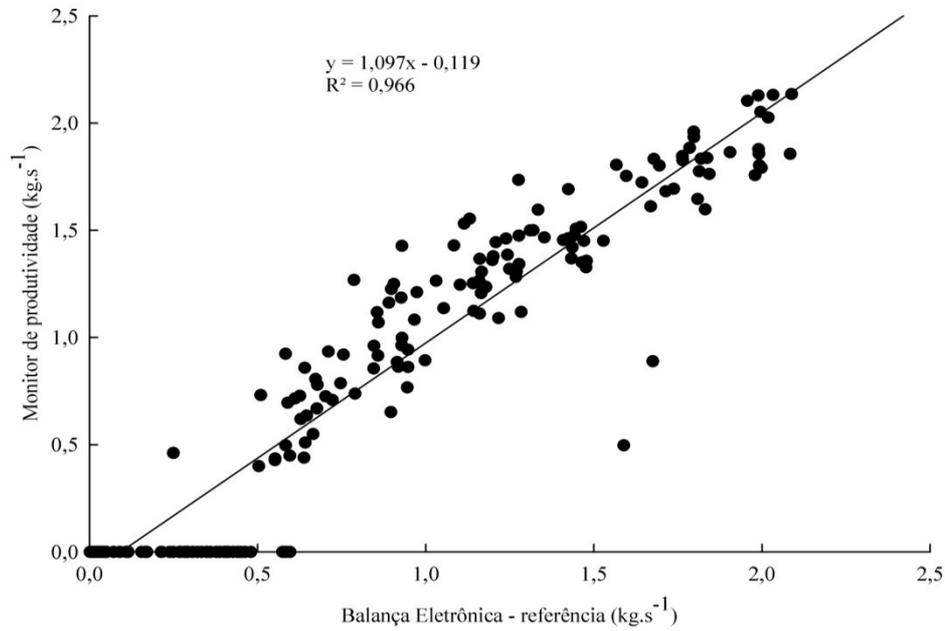


Figura 31 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

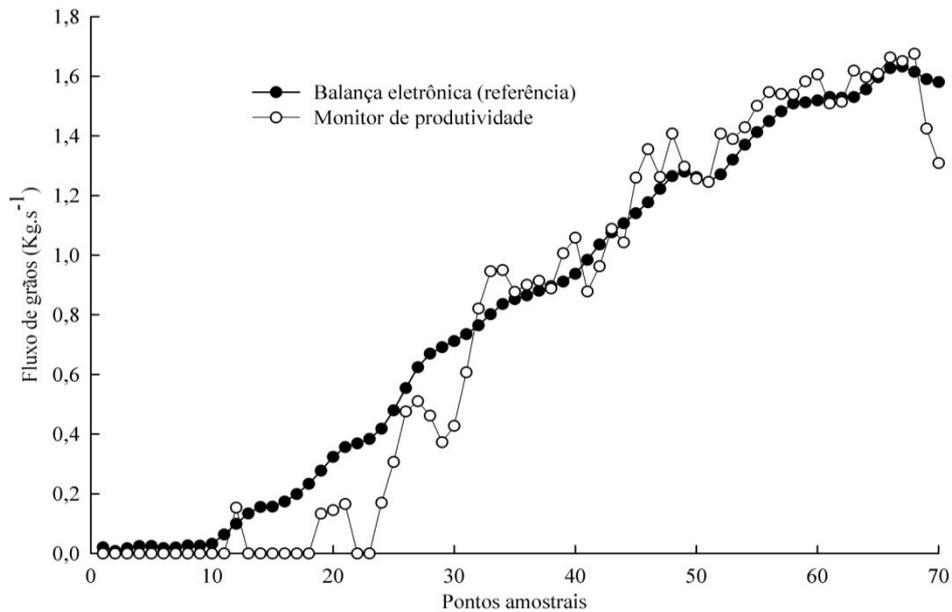


Figura 32 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

Cabe salientar que umidade de grãos em torno de 13% é, via de regra, o conteúdo de umidade adequado para armazenamento dos grãos após terem sofrido processo de secagem. Dessa forma, o conteúdo de umidade de grãos desse tratamento pode ser considerado como muito baixo para a operação de colheita, podendo causar aumento nas perdas quantitativas e qualitativas de grãos.

A comparação da massa de grãos estimada pelo monitor de produtividade e medida pela balança eletrônica mostra uma diferença de 6,324%. Esse resultado é superior aos 3,4% encontrados por Arslan e Colvin (2002), quando compararam estimativas de sensores de impacto e balança eletrônica operando com velocidade constante (8 km.h^{-1}) na cultura do milho.

Foi verificada diferença significativa no intercepto da regressão (a) no tratamento DAVS (diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade da colhedora em terreno sistematizado) em todas as repetições e, também, na média. A Tabela 8 contém os resultados do parâmetro “a”, “b”, R^2 e a comparação da totalização da massa de grãos colhidas nas parcelas e registrada pelo monitor de produtividade e referência. No parâmetro “a” as repetições oscilaram entre 0,205 e 0,311 e, quando a regressão foi feita pelos valores médios, o valor foi de 0,196.

Tabela 8 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição de fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2
Sistematizada	rep1	0,230*	0,056	0,767	0,036	0,870
	rep2	0,205*	0,054	0,818	0,039	0,866
	rep3	0,311*	0,060	0,740	0,042	0,816
	med	0,196*	0,041	0,817	0,028	0,924
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação
		Referência	Monitor	Kg	%	
		209,860	185,378	24,482	11,666	0,998

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

Pela magnitude dos valores desse parâmetro a regressão teve sua origem significativamente deslocada do ponto 0 (Figura 33), o que indica que os valores lidos pelo monitor foram superestimados em relação à referência, pelo menos no começo e no final da avaliação.

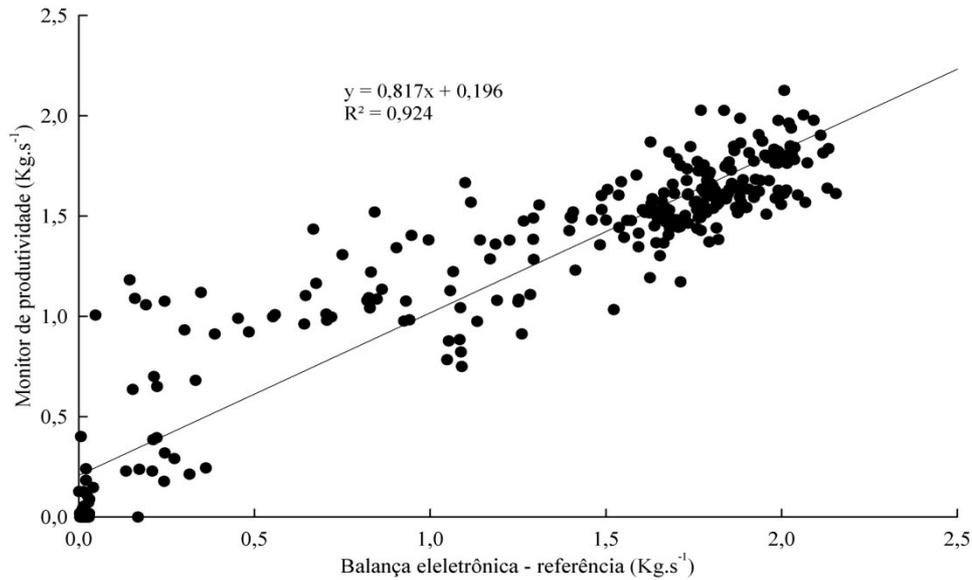


Figura 33 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

O coeficiente angular (b) não diferiu significativamente de 1, pelo teste T, em nenhuma das repetições (valores entre 0,740 e 0,818) e, também, na média (0,817). Isso mostra que esse tratamento, mesmo com diferença significativa no parâmetro “a”, teve assegurada a linearidade da resposta do monitor de produtividade ao longo de todas as leituras, o que é desejado, pois mostra a capacidade do monitor de produtividade de mapear as tendências existentes na lavoura. A Figura 34 apresenta a comparação das leituras do monitor de produtividade e da referência no tratamento DAVS. As leituras do monitor de produtividade estão superestimadas no começo e no final da avaliação, sendo as leituras intermediárias subestimadas quando comparada à referência.

Mesmo com um coeficiente de determinação de 0,924 na sua média, os valores de cada repetição, individualmente, foram entre 0,816 e 0,870. Em toda a extensão da avaliação, a resposta do monitor de produtividade, embora seguindo a mesma tendência da referência, não conseguiu ser completamente fidedigna às variações impostas pelo tratamento. A superestimativa do começo e do final da

avaliação, juntamente com as subestimativas das leituras intermediárias contribuiu para a diferença significativa do parâmetro “a” e, também, dos baixos valores de R^2 .

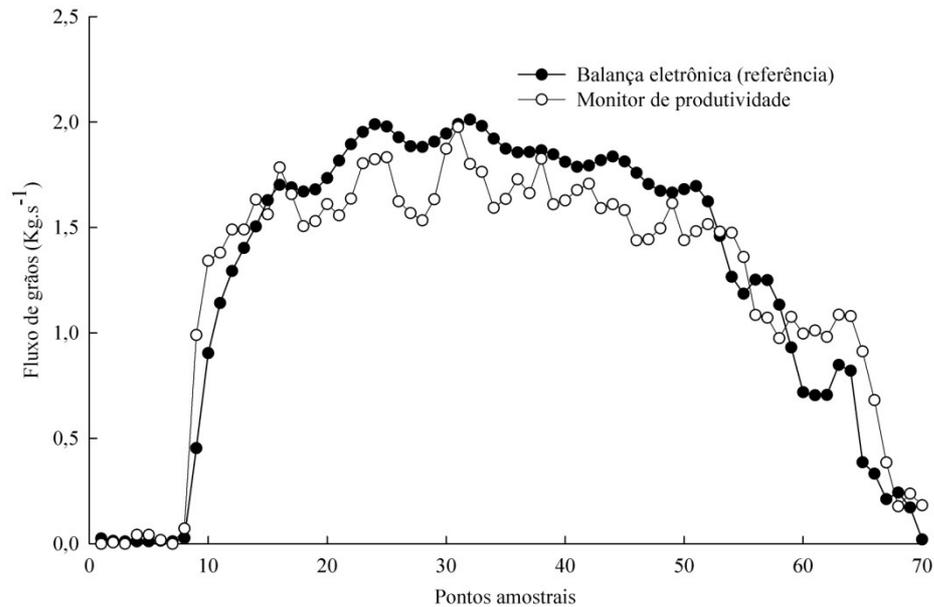


Figura 34 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

Nesse tratamento houve uma diferença de 11,666% entre a totalização de massa de grãos feita pelo monitor de produtividade e a referência. O monitor de produtividade apresentou um valor médio de 185,378 kg enquanto o valor da referência foi de 209,860 kg. Essa diferença, de acordo com outros resultados encontrados na literatura, é demasiadamente alta, ou seja, não atende às exigências em precisão e acurácia para a utilização dos resultados dentro dos princípios da AP. De acordo com Howard et al. (1993), leituras de produtividade entre 5 e 10% seriam suficientes para relatar a produtividade com objetivos de se realizar o manejo com aplicações variáveis. Reitz e Kutzbach (1996) relataram diferenças de até 10% entre as estimativas do monitor de produtividade e a referência, quando comparados os valores de cada parcela.

O mesmo comportamento foi verificado no tratamento DDVS (diminuição de fluxo e de velocidade da colhedora em terreno sistematizado), onde o intercepto da

regressão (a) diferiu significativamente de zero nas três repetições e, também, na sua média pelo teste T a 5% de significância. Na Tabela 9 podem ser conferidos os resultados desse tratamento, como os parâmetros “a”, “b” e R^2 . Contém, também, a massa de grãos média contabilizada pelo monitor de produtividade e a referência.

Tabela 9 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição de fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2
Sistematizada	rep1	0,172*	0,064	0,835	0,041	0,862
	rep2	0,109*	0,044	0,882	0,030	0,927
	rep3	0,095*	0,047	0,801	0,028	0,927
	med	0,121*	0,043	0,840	0,027	0,933
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação
		Referência	Monitor	Kg	%	
		190,279	175,506	14,773	7,764	0,999

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

Os valores variaram de 0,095 a 0,172 e deslocaram significativamente a origem, que resultou na superestimação das leituras de fluxo de grãos do monitor de produtividade (Figura 35). Neste mesmo tratamento, o coeficiente angular não foi significativamente diferente de 1, ou seja, o monitor de produtividade teve garantida a linearidade de sua resposta às variações aplicadas pelo tratamento.

A Figura 36 mostra os dados do monitor de produtividade e de sua referência, que apresentou relativa precisão na resposta às variações aplicadas pelo tratamento, ou seja, apresentando a mesma tendência que a balança eletrônica teve em sua resposta às variações impostas pelo tratamento.

Na avaliação da sua precisão, percebe-se que nos primeiros pontos da avaliação, o monitor de produtividade superestimou os dados, o que deslocou significativamente a origem dos dados, como anteriormente mencionado. Ainda, no primeiro terço da avaliação, o monitor de produtividade teve leituras que não coincidiram adequadamente com a referência, mesmo com a mesma tendência mostrada pela referência. No entanto, a partir do segundo terço, o monitor apresentou leituras com elevado grau de concordância que, certamente contribuíram para o alto coeficiente de determinação, de 0,933 na média e individualmente nas repetições variando entre 0,862 e 0,927.

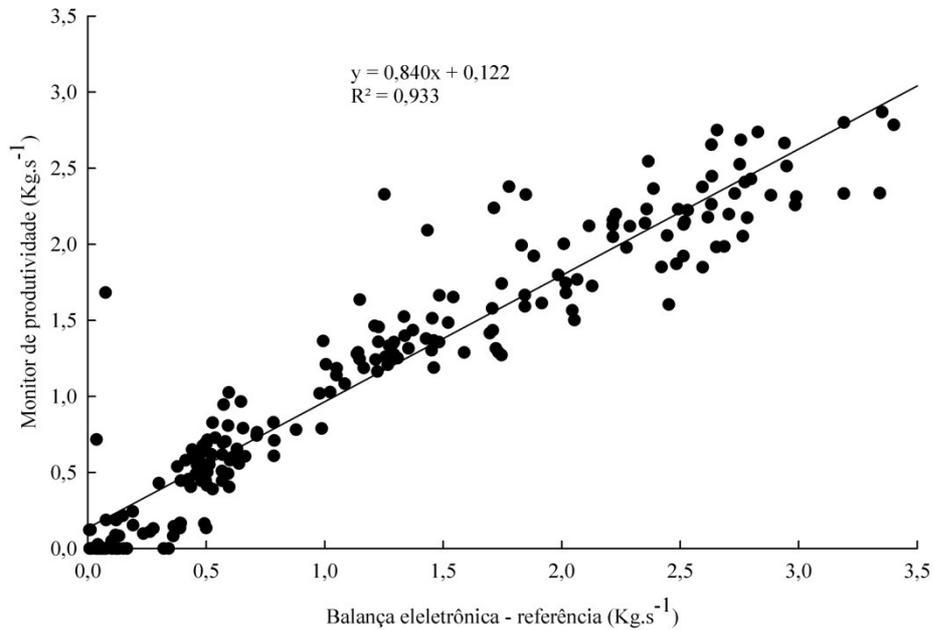


Figura 35 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

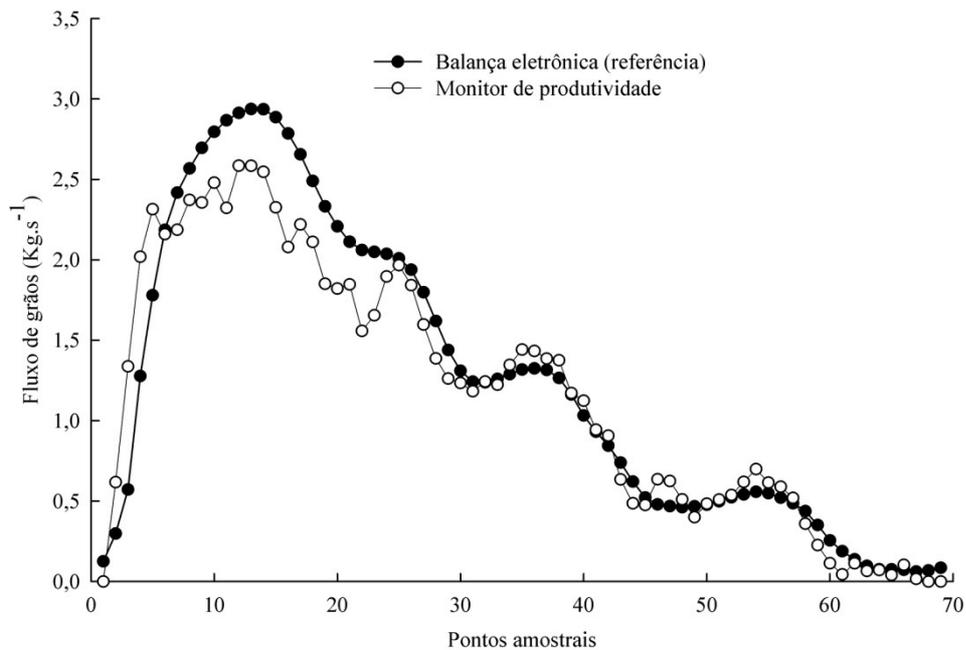


Figura 36 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

O peso total indicado pelo monitor de produtividade foi 7,764% menor do que o indicado pela balança eletrônica, com 175,506 e 190,279 kg para monitor de produtividade e balança eletrônica, respectivamente. Esse resultado é superior aos 5,2% encontrados no trabalho de Arslan e Colvin (2002) em testes de campo e semelhante ao erro máximo de 7% encontrado por Kormann et al. (1998) em condições de laboratório.

Um comportamento distinto é visto na Tabela 10, que apresenta os resultados do tratamento DMVS (diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade da colhedora em terreno sistematizado), onde o intercepto da regressão não foi significativamente diferente de zero pelo teste T com 5% de significância, mesmo apresentando valores negativos, que foram de -0,508, -0,330 e -0,285 para as repetições 1, 2 3, respectivamente e a média de -0,377, conforme pode ser conferido na Figura 37.

Tabela 10 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição de fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2
Sistematizada	rep1	-0,330	0,036	1,306*	0,033	0,959
	rep2	-0,508	0,048	1,348*	0,048	0,921
	rep3	-0,285	0,047	1,192*	0,043	0,920
	med	-0,377	0,030	1,283*	0,028	0,968
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação
		Referência	Monitor	Kg	%	
		149,811	131,096	18,715	12,492	0,999

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

O coeficiente angular (b), foi estatisticamente diferente de 1 nas três repetições e, também, na média, com valores variando entre 0,192 e 1,348 nas três repetições e de 1,283 na média, indicando que o monitor de produtividade não respondeu linearmente às variações aplicadas pelo tratamento.

O coeficiente de determinação, que é o parâmetro que mostra o grau de ajustamento da variável ao modelo (nesse caso linear), obteve valores superiores a 0,920 em suas repetições e 0,968 na média. O fato dos resultados desse tratamento terem rejeitado a hipótese de nulidade, pois "b" foi estatisticamente diferente de 1,

representa a presença de desvios sistemáticos, ou seja, não houve linearidade da resposta do monitor de produtividade em todos os níveis das variações impostas pelo tratamento. Isso também pode ser conferido nos valores de R^2 de 0,921 e 0,920 das repetições 2 e 3, respectivamente.

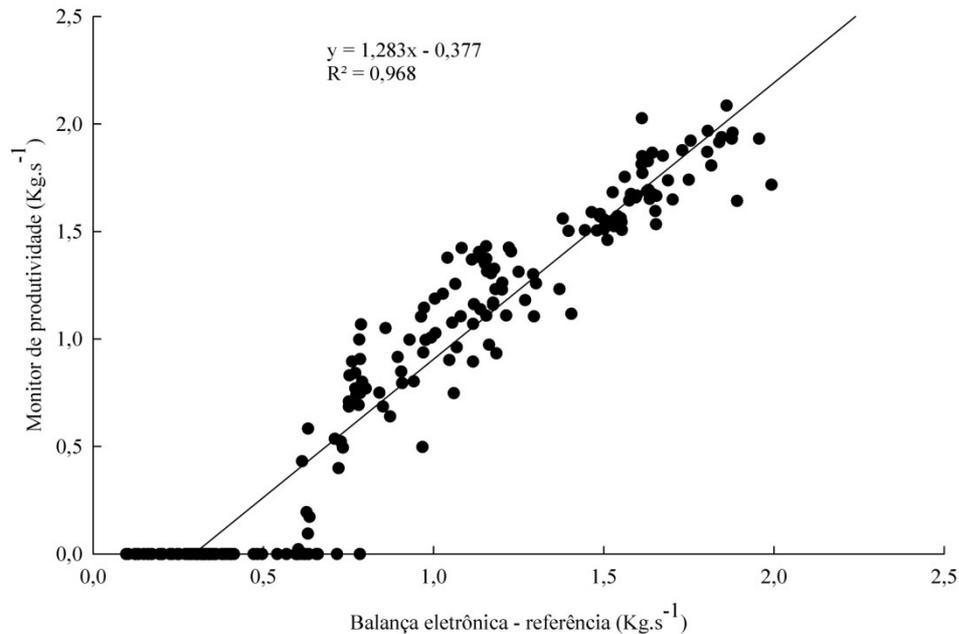


Figura 37 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

A Figura 38 apresenta o comportamento do monitor de produtividade comparado à referência. Na primeira metade da avaliação (com fluxo de grãos alto) houve maior precisão na resposta. Entretanto, na segunda metade da avaliação (com fluxo de grãos mais baixo – 50 e 25% do total) o monitor não conseguiu responder adequadamente às variações aplicadas, corroborando com o resultado da análise, que indicou não haver linearidade na resposta. Esse comportamento pode ser explicado pelo baixo conteúdo de umidade dos grãos que caracterizaram essa avaliação, com percentuais entre 12,90 e 13,03. Esse fato fez, inclusive, com que o monitor de produtividade interpretasse como fluxo de grãos zero, antes da referência apontar os 25% do fluxo total. Reyns et al. (2002) explicaram o funcionamento dos sensores volumétricos óticos, afirmando que esse tipo de sensor mede a altura da

massa de grãos pela interceptação da luz infravermelha e com isso calcula o volume. Se a umidade de colheita é demasiadamente baixa, o arranjo da massa de grãos nas taliscas do elevador não permite uma correta leitura da altura dessa massa e, com isso, o sensor não tem condições de executar a correta mensuração do volume e, conseqüentemente, da fluxo de grãos em $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

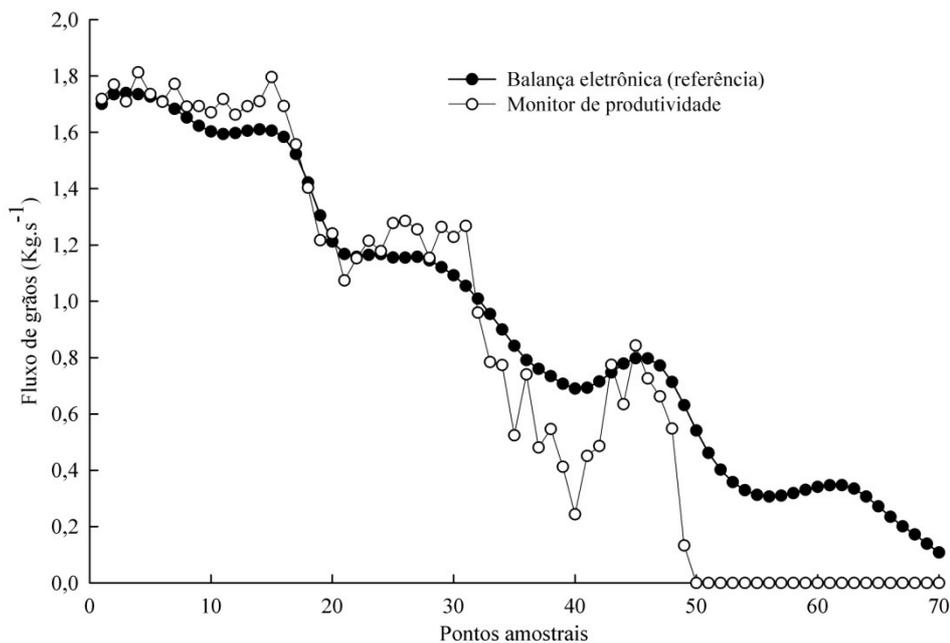


Figura 38 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado.

A totalização da massa de grãos, feita pelo monitor de produtividade, apresentou uma diferença de 18,715 kg quando comparada com a referência, representando mais de 12% de diferença entre as duas leituras. Loghavi, Ehsani e Reeder (2008) relataram uma diferença de 12,2 % entre o monitor de produtividade e a referência, quando em testes de laboratório. O sistema foi submetido a uma inclinação de dez graus e o fluxo de grãos de 75% do total, sem calibração do ponto zero nessa condição. Quando o fluxo de grãos foi mais baixo (50% e 25%), o erro chegou a 29,0% e 30,7%, respectivamente.

No tratamento AAVT (aumento do fluxo de grãos e de velocidade da colhedora em terreno não sistematizado) não foi verificada diferença significativa no

intercepto da regressão (a), em nenhuma das repetições e, também, na média. A Tabela 11 apresenta os valores de “a”, “b” e R^2 , bem como os pesos totais registrados pelo monitor de produtividade e referência. Nas três repetições os valores de “a” variaram de 0,000 a 0,034, enquanto que sua média foi 0,001. Os valores de “b”, como já afirmado anteriormente, não foram estatisticamente diferentes de 1 em todas as repetições (valores entre 0,880 e 0,915) e, também, na média, que apresentou valor de 0,904.

Tabela 11 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2
Não sistematizada (com taipas)	rep1	0,000	0,036	0,915	0,021	0,966
	rep2	0,034	0,064	0,880	0,041	0,873
	rep3	0,004	0,025	0,886	0,014	0,982
	med	0,001	0,034	0,904	0,020	0,967
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação
		Referência	Monitor	Kg	%	
		174,091	163,224	10,867	6,242	0,943

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

O conjunto de pontos e os valores médios podem ser conferidos na Figura 39, onde a origem dos dados está disposta no zero do eixo Y e a linha de tendência obedecendo à linearidade, ilustra os resultados numéricos, ou seja, a ausência de erros constantes e sistemáticos no comportamento do monitor.

Além dos dados do monitor terem apresentado boa acurácia na resposta às variações impostas pelo tratamento, apresentou também elevada precisão, uma vez que seu coeficiente de determinação (R^2) foi alto, em pelo menos duas das três repetições, com valores 0,966 e 0,982 nas repetições 1 e 3, respectivamente. O valor médio foi de 0,967. O comportamento acurado e preciso do monitor de produtividade frente às variações aplicadas nesse tratamento pode ser conferido na Figura 40, onde o mesmo obteve elevada concordância com os valores da balança eletrônica em quase toda a avaliação, apresentando pequenas discordâncias, sobretudo, nos últimos 20 pontos amostrais, onde tendeu a subestimar suas leituras.

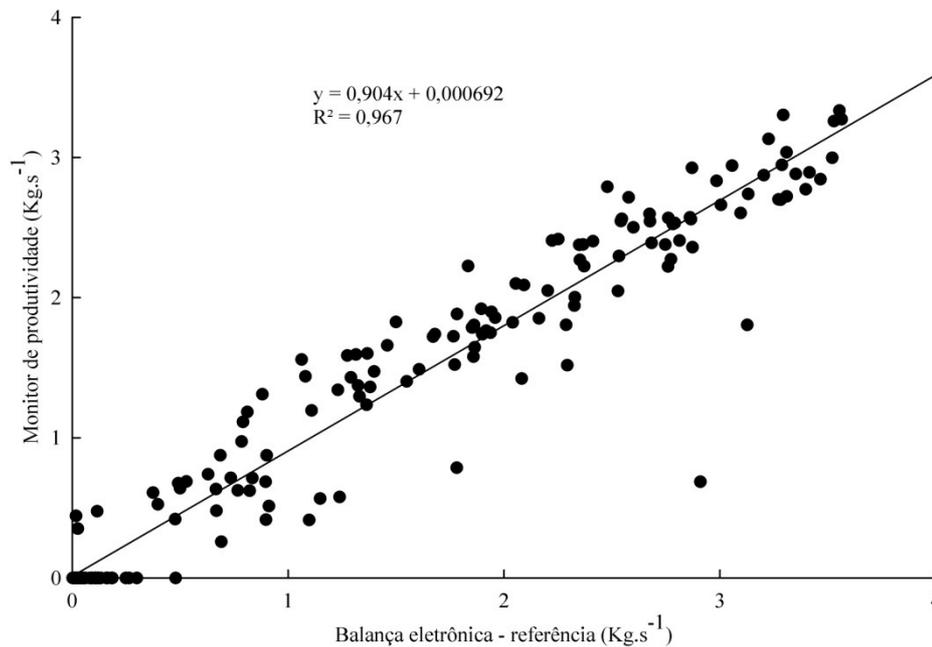


Figura 39 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

O aumento do fluxo de grãos, aliado ao aumento da velocidade da colhedora, torna mais nítidos os “degraus” de aumento de produtividade, característica que pode ser verificada nos dados da balança eletrônica utilizada como referência nessa avaliação. Além das suas características funcionais, que o fazem responder com acurácia e precisão a esse tipo de variação, o fato dos “degraus” ficarem mais nítidos pode ter contribuído para o bom desempenho do monitor de produtividade nesse tratamento.

A totalização da massa de grãos das parcelas desse tratamento apresentaram valores de 163,224 e 174,091 kg para o monitor de produtividade e referência, respectivamente, o que representa uma diferença de 6,242%. Esse resultado é superior aos 5,2% encontrados por Arslan e Colvin (2002) em testes de campo com variação de fluxo e velocidade na cultura do milho. Kormann, Demmel e Auernhammer (1998) obtiveram erro máximo de 7% quando testaram monitores de produtividade em laboratório.

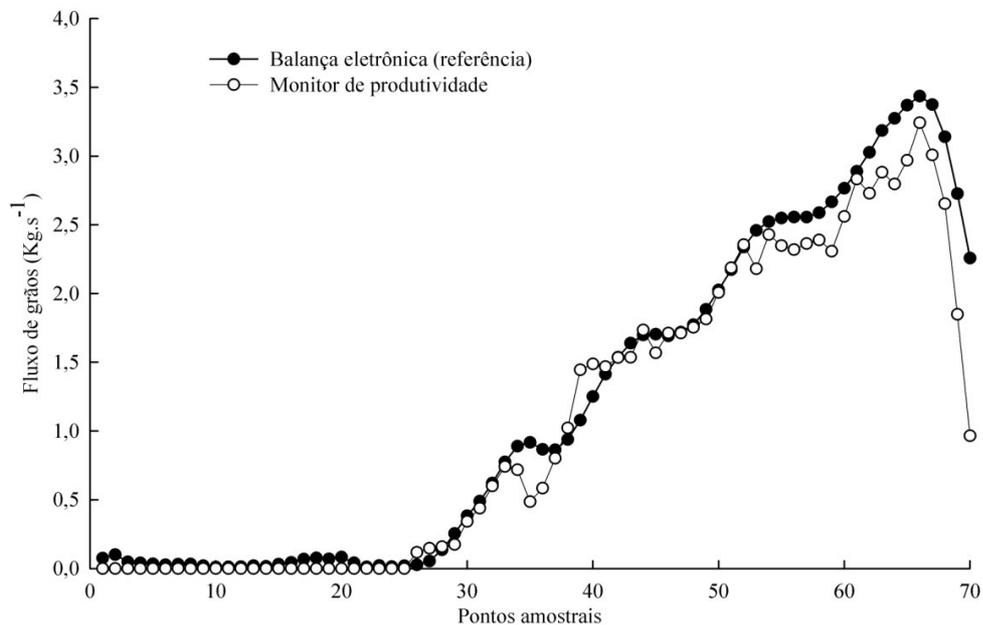


Figura 40 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

No tratamento ADVT (aumento de fluxo e diminuição da velocidade da colhedora em terreno não sistematizado) não foram encontradas diferenças significativas no intercepto da regressão (a), ou seja, em todas as suas repetições e, também, na média, não houve diferença estatística significativa de zero. Os valores de “a” foram todos negativos, interceptando o eixo Y em pontos que variaram de -0,072 a -0,022 nas repetições e -0,050 na média. O coeficiente angular (b) foi estatisticamente diferente de 1 apenas na repetição 2, com um valor de 1,085. As demais, consideradas iguais a 1 pelo teste T tiveram valores de 0,946 e 0,983 nas repetições 1 e 3, respectivamente. O valor médio foi de 1,007, também considerado estatisticamente igual a 1. Esses resultados estão na Tabela 12.

A Figura 41 apresenta a dispersão dos pontos amostrais, e a equação definida pelos valores médios. O parâmetro que se relaciona com a precisão, o coeficiente de determinação, teve valor alto, de 0,986, indicando que o monitor de produtividade, além de ter respondido com acurácia às variações aplicadas pelo tratamento (uma vez que os parâmetros a e b da regressão não diferiram de 0 e 1,

respectivamente), conseguiu acompanhar adequadamente os valores da referência em toda a extensão da avaliação.

Tabela 12 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2	
Não sistematizada (com taipas)	ADV	rep1	-0,018	0,026	0,946	0,019	0,972
		rep2	-0,072	0,037	1,085*	0,031	0,948
		rep3	-0,045	0,037	0,983	0,031	0,938
		med	-0,050	0,018	1,007	0,015	0,986
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação	
		Referência	Monitor	Kg	%		
		156,330	151,116	5,214	3,335	0,962	

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

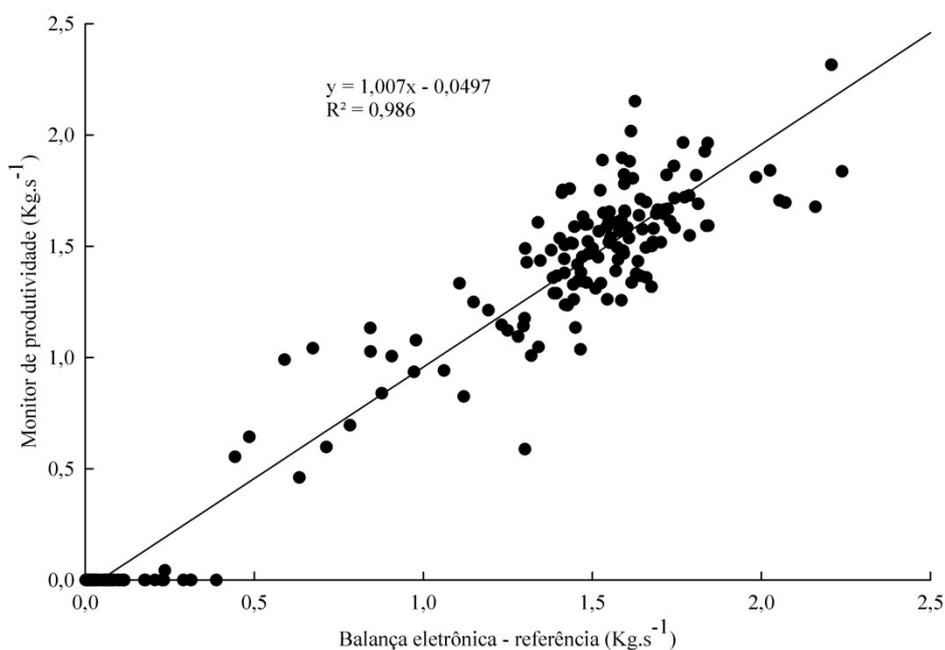


Figura 41 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

A Figura 42 mostra o comportamento do monitor frente às variações inerentes ao tratamento ADVT, onde o mesmo obteve valores sempre muito próximos aos da balança eletrônica, com alguns pontos distorcidos dentro do conjunto.

Todavia, o fato de, num mesmo tratamento, ocorrerem tendências contrárias, ou seja, aumento no fluxo de grãos e, ao mesmo tempo, diminuição na velocidade de deslocamento da colhedora, tende a suavizar os “degraus” do aumento de fluxo, uma vez que a diminuição na velocidade de deslocamento da máquina, por si só, causa diminuição na taxa de alimentação dos mecanismos de colheita no domínio tempo. Essas pequenas variações vistas no comportamento do monitor frente à sua referência, podem ter sido causadas pelo antagonismo dessas tendências impostas pelo tratamento.

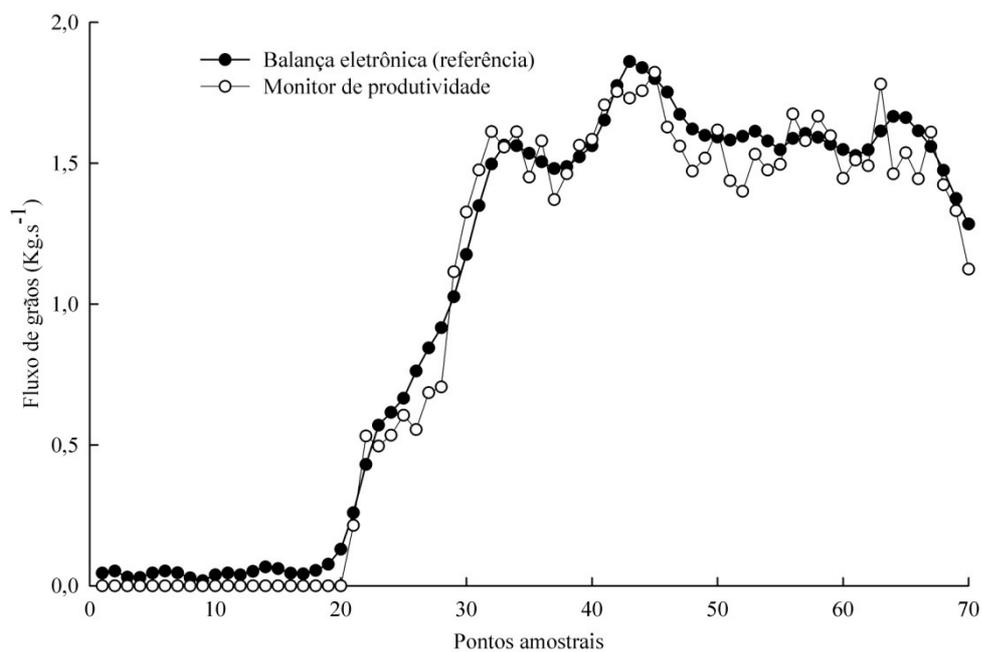


Figura 42 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

A massa de grãos por parcela, totalizada pelo monitor de produtividade e pela referência, apresentou valores de 151,116 kg e 156,330 kg para o monitor e referência, respectivamente. A diferença entre ambos foi de 5,214 kg, equivalente a 3,335%. Esse resultado, embora de um tratamento com velocidade constante tem um erro inferior aos 5,2% registrados no trabalho de Arslan e Colvin (2002). No presente trabalho a variação de velocidade foi decrescente (3,0 a 1,5 km.h⁻¹), enquanto o trabalho citado teve variação crescente, de 8 a 11 km.h⁻¹ (Tabela 13).

Uma resposta com acurácia e precisão foi obtida no tratamento AMVT (aumento de fluxo de grãos e manutenção da velocidade da colhedora em terreno

não sistematizado), de modo que o intercepto da regressão (a) e o coeficiente angular (b) não foram significativamente diferentes de 0 e 1, respectivamente, de acordo com o teste T a 5% de significância.

A Figura 43 mostra a distribuição dos dados e a equação gerada com os dados médios. A distribuição ajustou-se ao modelo linear, o que é desejado para um monitor de produtividade, a fim de conseguir registrar e mapear de maneira confiável a variabilidade existente na lavoura e os dados serem utilizados no manejo baseado em princípios de agricultura de precisão.

Tabela 13 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com aumento de fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2	
Não sistematizada (com taipas)	AMV	rep1	-0,022	0,039	0,979	0,029	0,943
		rep2	-0,024	0,043	0,962	0,037	0,909
		rep3	-0,063	0,038	0,951	0,028	0,945
		med	-0,040	0,028	0,968	0,022	0,966
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação	
		Referência	Monitor	Kg	%		
		169,700	157,944	11,756	6,927	0,968	

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

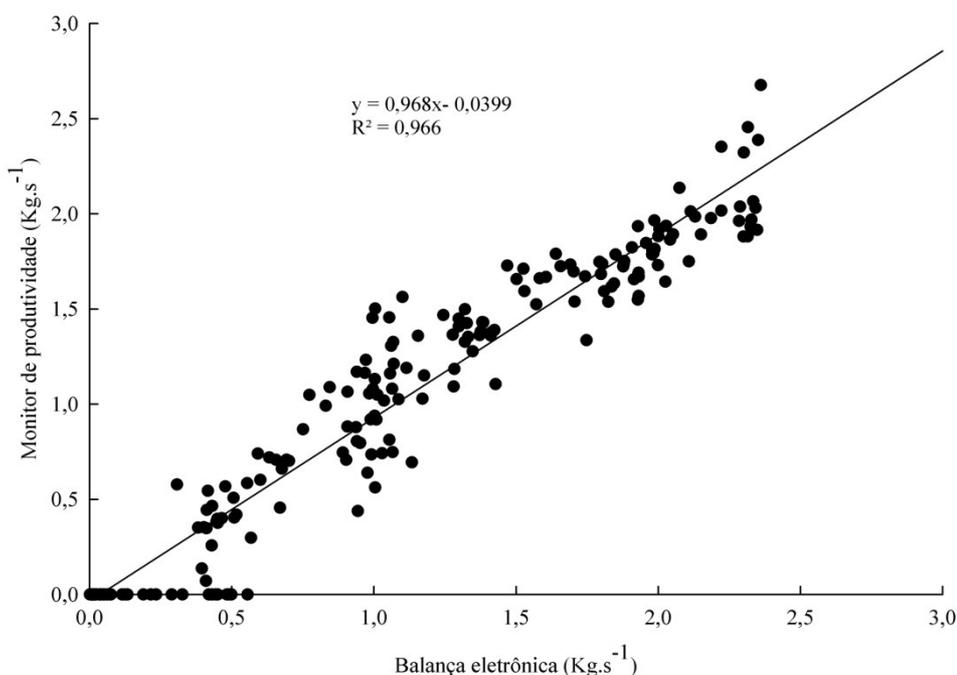


Figura 43 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

Sua acurácia é considerada alta, apresentando valores de intercepto (a) variando de -0,063 a -0,022 nas suas repetições e uma média de -0,040. No parâmetro “b”, os valores foram entre 0,951 e 0,979 nas suas repetições e 0,968 na média, todos sem diferença significativa de 1.

O monitor de produtividade obteve, além de uma resposta com boa acurácia, alta precisão em toda a avaliação. A Figura 44 apresenta o comportamento do sensor de produtividade comparado com a balança eletrônica (referência). Nela, existem algumas oscilações no segundo terço da avaliação, porém, não contribuíram o suficiente a ponto de prejudicar o coeficiente de determinação, que atingiu um valor de 0,966 nos dados médios. Nas repetições os valores variaram de 0,909 a 0,945.

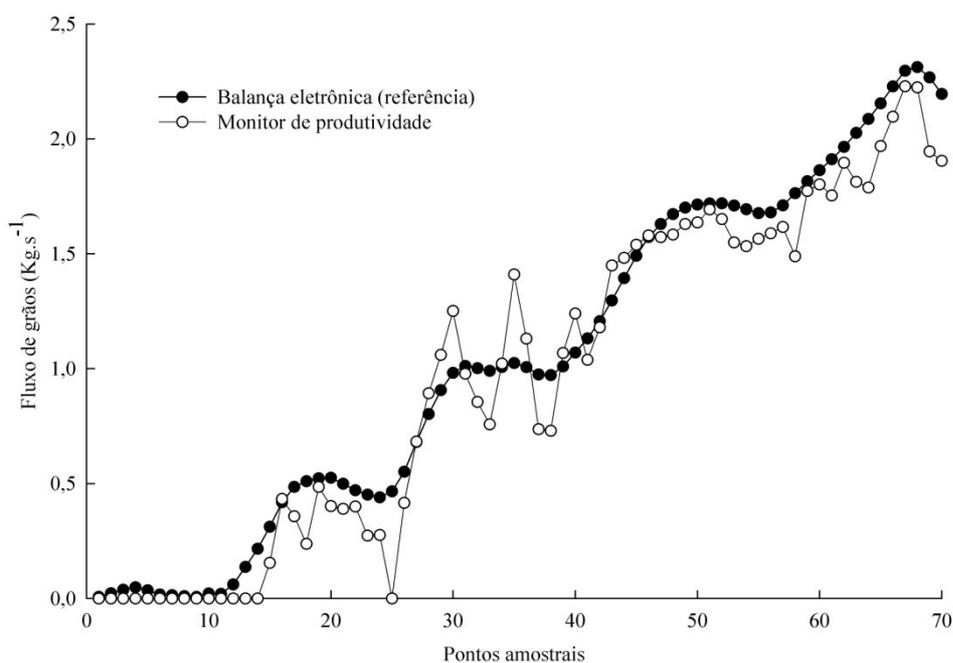


Figura 44 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) ao aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

O monitor de produtividade totalizou 157,944 kg na média das repetições, enquanto a referência teve um valor médio total de 169,700 kg. A diferença entre ambos foi de 11,756 kg, ou seja, 6,927%. Essa diferença é superior aos 5,2% encontrados por Arslan e Colvin (2002), nos tratamentos com variações de velocidade na cultura do milho.

O tratamento DAVT (diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade da colhedora em terreno não sistematizado) tem seus dados reunidos na Tabela 14. Não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros “a” e “b”. Os valores de “a” foram de -0,078, -0,082 e -0,021 para as repetições 1,2 e 3, respectivamente, sendo o valor médio de -0,060. O parâmetro “b” teve valores entre 0,993 e 1,026 nas suas repetições e uma média de 1,015.

Tabela 14 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2	
Não sistematizada (com taipas)	DAV	rep1	-0,078	0,041	1,026	0,028	0,953
		rep2	-0,082	0,054	1,025	0,034	0,929
		rep3	-0,021	0,042	0,993	0,030	0,942
		med	-0,060	0,032	1,015	0,022	0,970
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação	
	Referência	Monitor	Kg		%	0,999	
		191,589	182,228	9,361	4,886		

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

A Figura 45 mostra a dispersão dos dados, que mostra que mesmo sendo os valores do intercepto negativos, não deslocou significativamente a origem dos dados.

Quanto à precisão da resposta do monitor às variações aplicadas pelo tratamento, pode-se afirmar, com base no coeficiente de determinação (R^2), que houve relativa precisão, com valores das repetições variando entre 0,929 e 0,953. Na média, o resultado alcançado foi de 0,970.

A Figura 46 apresenta o comportamento do monitor de produtividade juntamente com os dados da referência (balança eletrônica). A resposta do monitor apresentou concordância com a referência em toda a avaliação, ou seja, do primeiro ao último ponto o monitor de produtividade conseguiu copiar as variações impostas pelo tratamento.

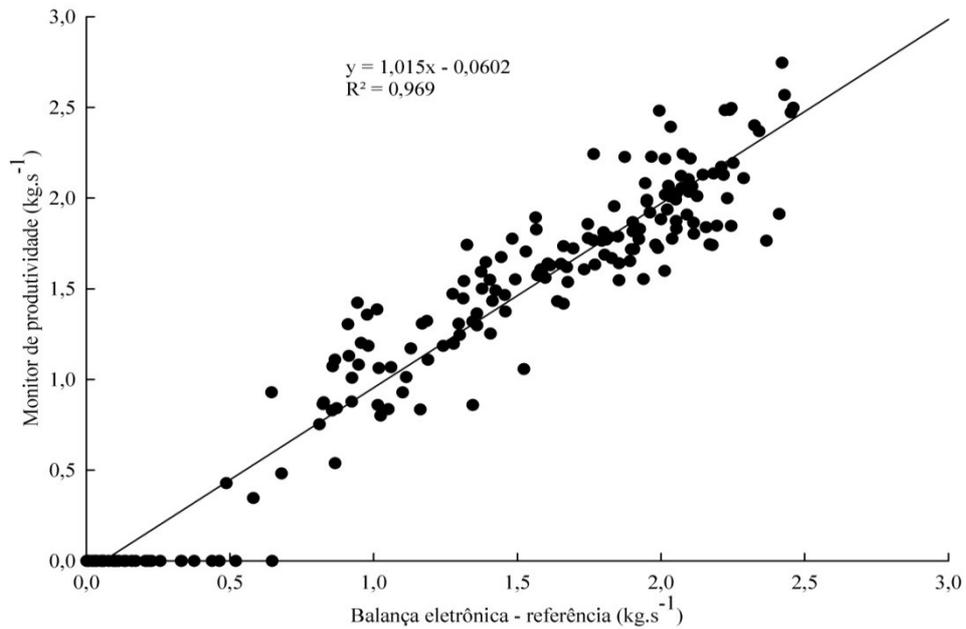


Figura 45 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

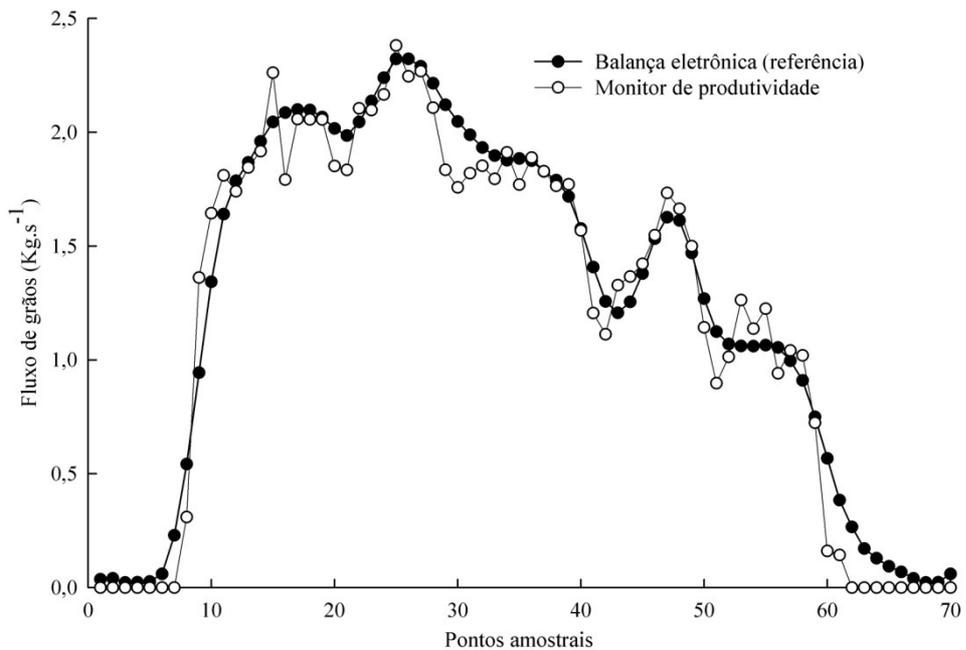


Figura 46 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

Foi encontrada uma diferença entre as totalizações feitas pelo monitor de produtividade e pela referência de 9,361 kg, equivalente a 4,886%, sendo o total do monitor 182,589 kg e da referência 191,589 kg. Esse resultado é inferior aos 5,2% encontrados por Arslan e Colvin (2002), em avaliação de monitores de produtividade em campo com variações de fluxo e velocidade. Por outro lado, são semelhantes aos resultados de Hummel et al. (1995), que testaram um monitor de produtividade com sensor volumétrico ótico bidimensional. Neste, o erro máximo ocorrido foi 4,5% em um peso referência de 160 kg, que é um pouco inferior ao peso total indicado pela referência, ou seja, 191,589 kg.

A Tabela 15 apresenta os resultados do tratamento DDVT (diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade da colhedora em terreno não sistematizado), onde foi encontrado comportamento distinto do tratamento anterior.

Tabela 15 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição do fluxo de grãos e velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2	
Não sistematizada (com taipas)	DDV	rep1	-0,087	0,040	1,072*	0,028	0,957
		rep2	-0,054	0,045	1,031	0,026	0,960
		rep3	-0,099	0,048	1,172*	0,035	0,943
		med	-0,078	0,032	1,085*	0,021	0,975
			Peso total (kg)		Diferença		Correlação
		Referência	Monitor	Kg	%		
		177,986	179,492	-1,506	-0,846	0,999	

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

Apesar do intercepto da regressão não ter sido estatisticamente diferente de zero pelo teste T, o parâmetro coeficiente angular foi diferente de 1 em duas das três repetições e, também, na média. Os valores de “a” variaram entre -0,099 e -0,054 nas suas repetições e um valor médio de -0,078. A Figura 47 apresenta a dispersão dos dados, onde se percebe que o parâmetro “a”, apesar de negativo, não deslocou a origem dos dados. O coeficiente angular variou de 1,072 a 1,172 nas repetições consideradas diferentes de 1 e uma média de 1,085. Portanto, apenas a repetição 2 não foi diferente de 1 pelo teste T, com um valor de 1,031.

O coeficiente de determinação, que variou de 0,943 a 0,960 nas repetições e chegou a 0,975 na média, indica que a resposta do monitor de produtividade não se ajustou completamente ao modelo linear, pois houve concordância da tendência apresentada pelo monitor de produtividade com a referência apenas em parte da avaliação. Na Figura 48 pode ser conferido esse comportamento, onde, nos últimos 24 pontos amostrais houve maior oscilação por parte do monitor. Tais oscilações ocorreram nas menores taxas de fluxo de grãos e novamente o monitor indicou fluxo zero antes dele realmente acontecer, conforme indicada a linha da referência.

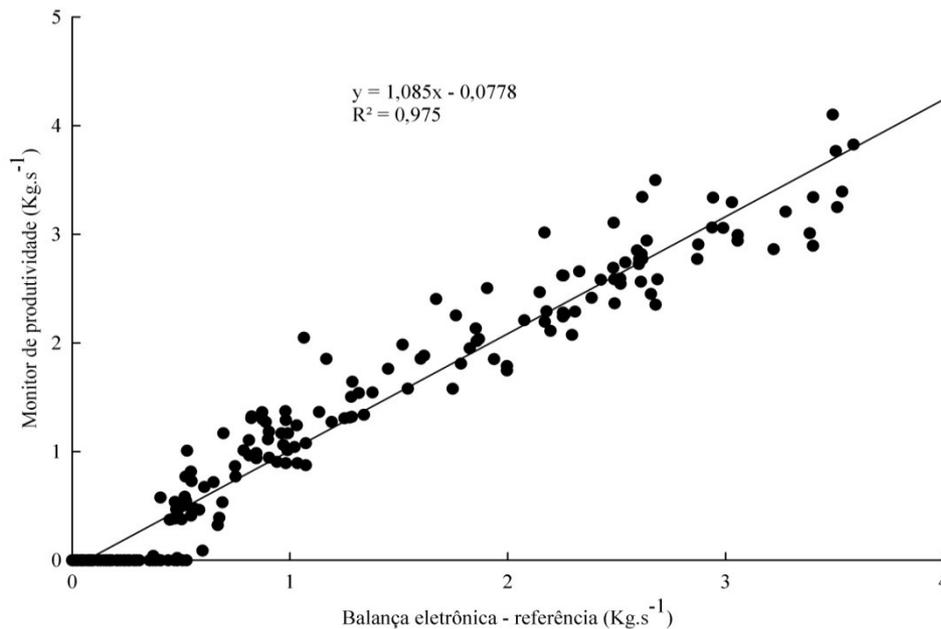


Figura 47 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

O tratamento DDVT foi o que apresentou a menor diferença na totalização da massa de grãos entre o monitor de produtividade e a referência. Enquanto o monitor de produtividade registrou 179,492 kg, a referência registrou 177,986, ou seja, uma diferença de 1,506 kg, equivalente a 0,846%. Esse valor é inferior ao menor erro registrado por Loghavi et al. (2008), que foi de 1,3%, quando avaliou um monitor de produtividade com sensor de impacto em bancada de laboratório e perfeitamente nivelada.

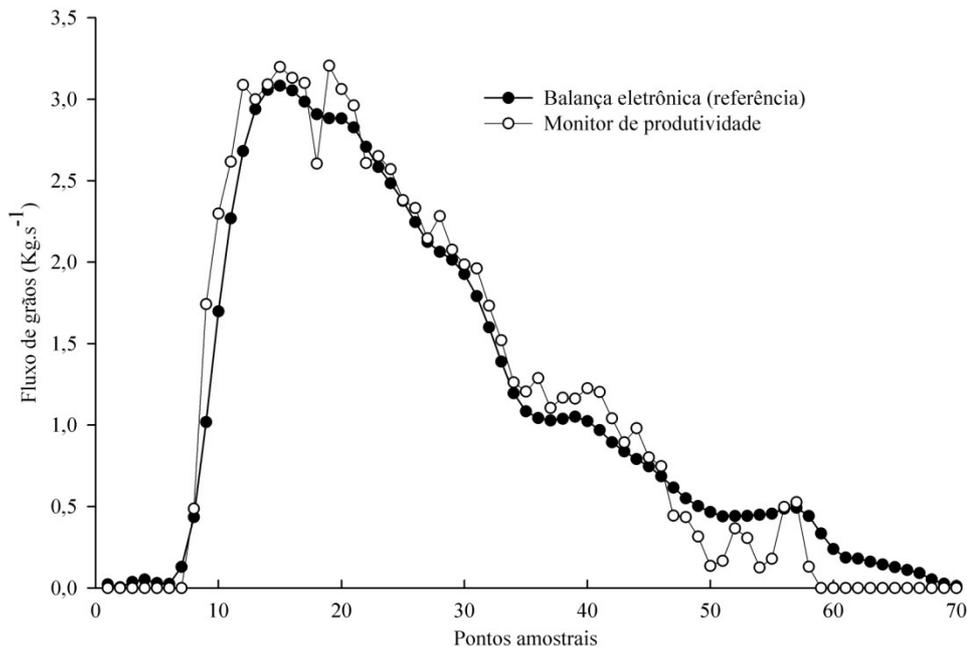


Figura 48 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

No tratamento DMVT (diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade) o monitor de produtividade apresentou comportamento semelhante ao tratamento anterior, ou seja, com intercepto da regressão considerado estatisticamente igual a zero e coeficiente angular diferente de 1 na maioria das repetições e, também, na média. A Tabela 16 apresenta os resultados do intercepto da regressão (a), do coeficiente angular (b), coeficiente de determinação (R^2) do tratamento DMVT.

O intercepto da regressão, teve valores entre -0,054 e -0,129 nas suas repetições e -0,097 na média. Já o coeficiente angular, que pelo teste T diferiu de 1 nas repetições 1 e 3, teve valores que variaram de 1,080 a 1,134. A média teve um valor de 1,062, também estatisticamente diferente de 1. A repetição 2, que não diferiu de 1, teve valor de 1,008.

A Figura 49 apresenta a dispersão dos dados, juntamente com a equação de regressão gerada com os dados médios. A origem dos dados não foi alterada e é muito próxima de zero. Todavia, nos valores mais baixos de fluxo de grãos, existem pontos deslocados da nuvem de pontos, representando aí a diferença encontrada no

coeficiente angular, o que confere erros sistemáticos na resposta do monitor às variações impostas pelo tratamento.

Tabela 16 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento em área não sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	F*V	A	EPA	B	EPB	R^2	
Não sistematizada (com taipas)	DMV	rep1	-0,129	0,043	1,080*	0,037	0,925
		rep2	-0,054	0,039	1,008	0,029	0,947
		rep3	-0,129	0,047	1,134*	0,046	0,901
		med	-0,097	0,026	1,062*	0,022	0,971
		Peso total (kg)		Diferença		Correlação	
		Referência	Monitor	Kg	%		
		193,242	175,194	18,048	9,340	0,993	

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

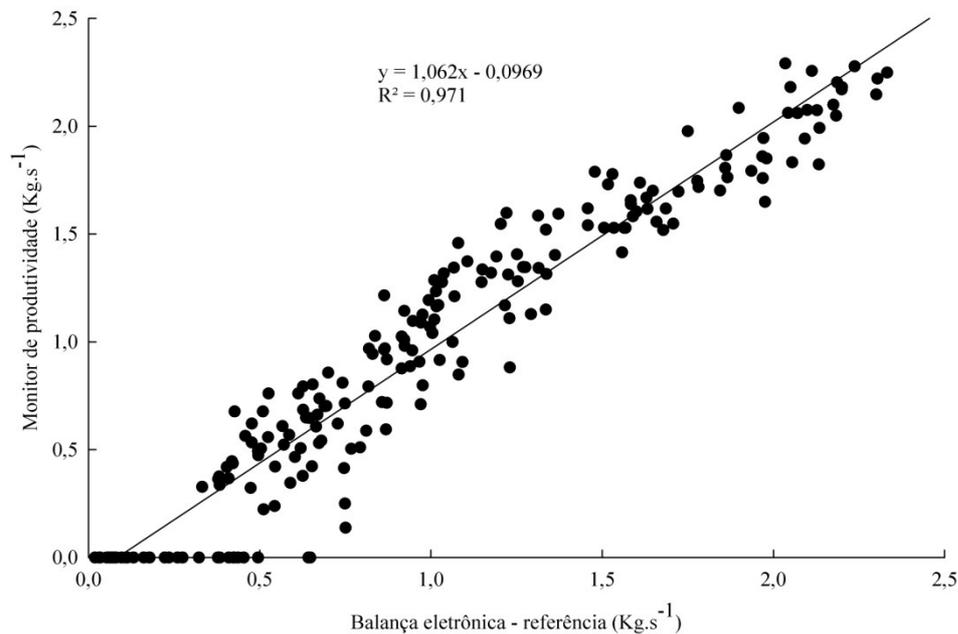


Figura 49 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

O ajustamento da resposta do monitor de produtividade ao modelo linear foi melhor na média do que nas repetições, individualmente. Enquanto os valores foram

de 0,901, 0,925 e 0,947 nas repetições 1, 2 e 3, respectivamente, na média o R^2 foi de 0,971. O grau de ajustamento da variável ao modelo linear foi influenciado pelos desvios sistemáticos que levaram o teste T a rejeitar a hipótese de nulidade para o coeficiente angular. A Figura 50 mostra os valores da resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica frente às variações aplicadas pelo tratamento. Os valores do monitor de produtividade tiveram boa concordância com os valores referência até o final do segundo terço dos dados. No início do último terço as oscilações foram maiores, indicando dificuldade do sistema em responder adequadamente à variações de leituras com valores baixos de fluxo de grãos, uma vez que, neste caso, a variação maior aconteceu quando o tratamento atingiu 25% do fluxo total e, deste, para fluxo zero. Kormann, Demmel e Auernhammer (1998) relataram aumento de erros de leitura de monitores de produtividade, sobretudo, em baixas taxas de fluxo de grãos.

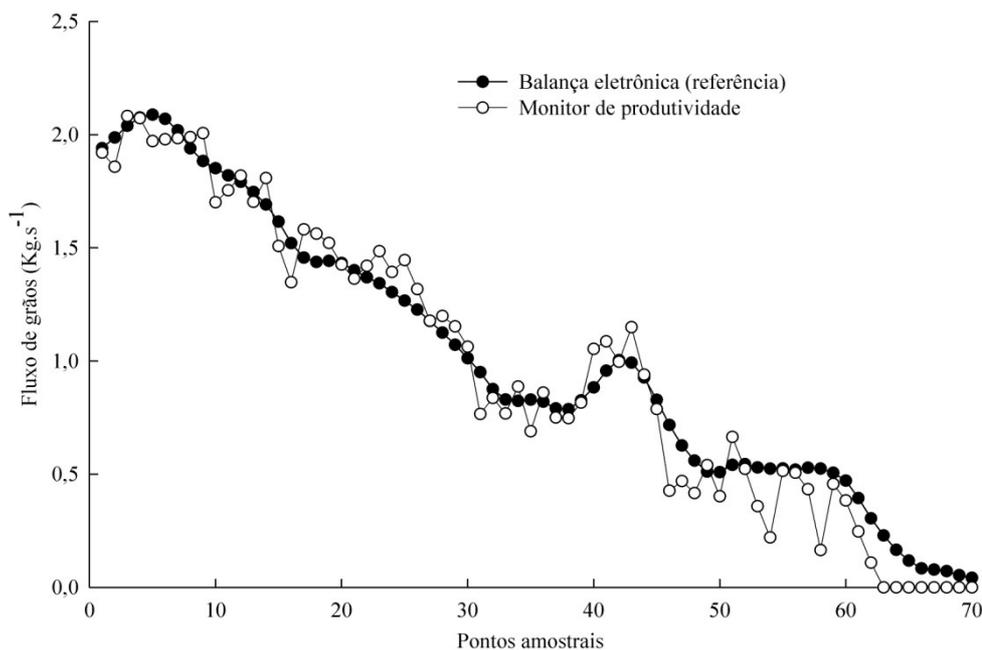


Figura 50 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado.

A totalização dos pesos lidos pelo monitor de produtividade e pela balança eletrônica foi de 175,194 kg e 193,242 kg para o monitor e a referência,

respectivamente. A diferença de 18,048 kg, equivale a 9,340% e é superior aos 3,45% relatados no trabalho de Arslan e Colvin (2002), em avaliações de monitores de produtividade com velocidade constante. Al-Mahasneh e Colvin (2000) investigaram a acurácia de um monitor de produtividade em três diferentes lavouras, sendo uma de aveia e duas de milho. Esses autores encontraram diferenças entre as leituras do monitor e da balança utilizada como referência que variaram de 1,99% a 6,02% nas avaliações em lavouras de milho e de 2,34% nas avaliações em lavoura de aveia.

Strubbe et al. (1996) testaram um monitor de produtividade semelhante em um terreno com 11% de declividade transversal ao sentido de operação da colhedora. A diferença entre o volume estimado pelo monitor e o real se aproximou de 13%. Perez-Munoz e Colvin (1996) avaliaram um monitor de produtividade em laboratório e campo. As avaliações em campo compararam diferentes formas de calcular a produtividade. O valor utilizado como referência foi o método tradicional, ou seja, a divisão do peso total de uma parcela (em kg) pela área da parcela. Os outros métodos de cálculo da produtividade foram: utilização dos valores da variável força exercida pela massa de grãos no sensor de produtividade, utilização dos valores da variável fluxo de grãos e a informação instantânea de produtividade informada a cada segundo pelo monitor de produtividade via conexão serial. Dois tipos de avaliações foram realizadas, sendo a primeira em parcelas de 100m, colhidas de maneira contínua e a segunda, dividindo-se a parcela em segmentos de 20m, onde a colhedora era então parada para permitir que os grãos fossem coletados e pesados. O coeficiente de determinação da análise de regressão, nas diferentes avaliações, variou de 0,89 a 0,96 na avaliação realizada em segmentos de 100m e de 0,68 a 0,95 na avaliação com segmentos de 20m, evidenciando o aumento da dificuldade do monitor de produtividade em medir com acurácia a produtividade em áreas menores.

6.3 Resposta do monitor de produtividade à mudanças abruptas no fluxo de grãos

A Tabela 17 mostra os resultados da resposta do monitor de produtividade às variações aplicadas pelo tratamento AVZEROS (mudança abrupta no fluxo de grãos em terreno sistematizado).

Tabela 17 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com mudanças abruptas do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	A	EPA	B	EPB	R²	
Não Sistematizada (com taipas)	Rep1	-0.117	0.028	1.126*	0.019	0.949
	Rep2	-0.123	0.025	1.106*	0.018	0.953
	Rep3	-0.144	0.024	1.192*	0.019	0.955
	Média	-0.111	0.019	1.125*	0.014	0.972
	Peso total (kg)			Diferença		Correlação
Referência	Monitor	Kg	%			
	423,118	426,608	-3,491	-0,825	0,893	

*: indica que a hipótese de nulidade ($a=0$ ou $b=1$) foi rejeitada pelo teste t ($P=0,05$).

Com base nos resultados encontrados, não houve diferença significativa no intercepto da regressão (a). Todavia, o coeficiente angular mostrou ser diferente de 1 pelo teste T, com 5% de probabilidade de erro.

Os valores de “a” foram de -0,117, -0,123 e -0,144 para as repetições 1, 2 e 3, respectivamente e sua média foi -0,111. Os valores do coeficiente angular variaram entre 1,106 e 1,192 nas suas repetições, enquanto que a regressão feita com os valores médios obteve valor de 1,125, todos estatisticamente diferentes de 1 pelo teste T.

A Figura 51 ilustra a distribuição dos dados, evidenciando que os valores encontrados não deslocaram significativamente o intercepto da reta com o eixo Y. Entretanto, a rejeição da hipótese de nulidade, pela diferença estatística de 1, pelo coeficiente angular, pode ser vista nos inúmeros pontos dispostos junto ao eixo x. Isso indica que existiram desvios sistemáticos da linearidade da resposta do monitor às variações aplicadas pelo tratamento.

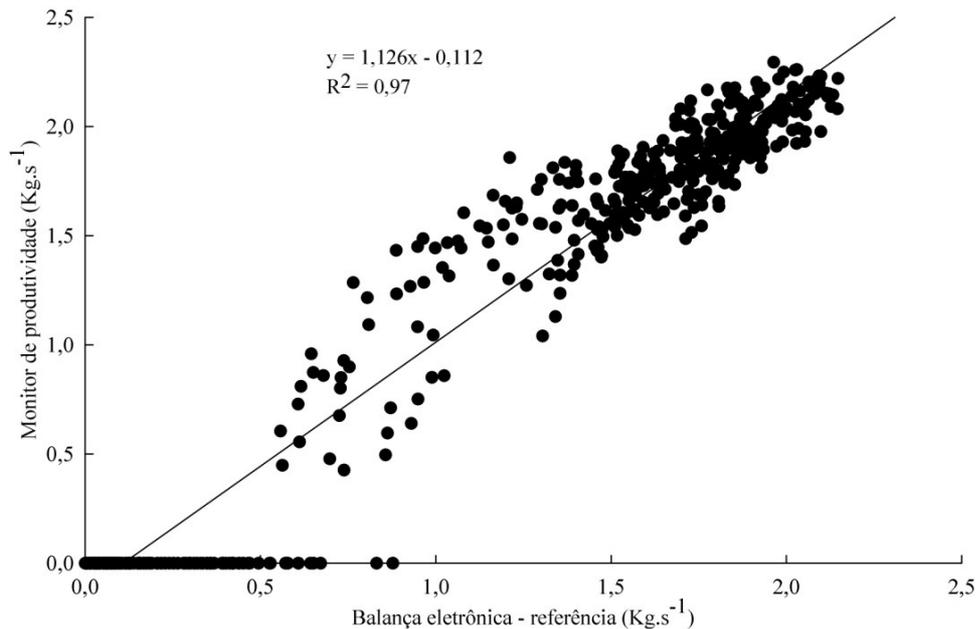


Figura 51 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado.

O ajustamento da resposta do monitor de produtividade ao modelo linear pode ser conferido nos resultados do coeficiente de determinação (R^2), que foram de 0,949, 0,953 e 0,972 nas repetições 1, 2 e 3, respectivamente. O R^2 dos valores médios foi de 0,972. Com base nos resultados encontrados, é possível inferir que o fato de ter havido diferença significativa no coeficiente angular, traz como consequência valor mais baixos de R^2 .

A Figura 52 apresenta o comportamento do monitor de produtividade juntamente com os valores da referência. Na primeira faixa sem cultura (fluxo de grãos igual a zero) o monitor de produtividade apresentou valores de fluxo zero onde a referência apresentou leitura de um pequeno fluxo, não chegando a zerar a leitura. Esse fato indica que a redistribuição do fluxo de grãos dentro dos mecanismos de trilha, retilha e limpeza da colhedora automotriz não deixaram com que o fluxo chegasse a zero num intervalo de 5,5 metros. No entanto, o pequeno fluxo de grãos remanescente não foi corretamente lido pelo sensor e, conseqüentemente, registrado pelo monitor de produtividade.

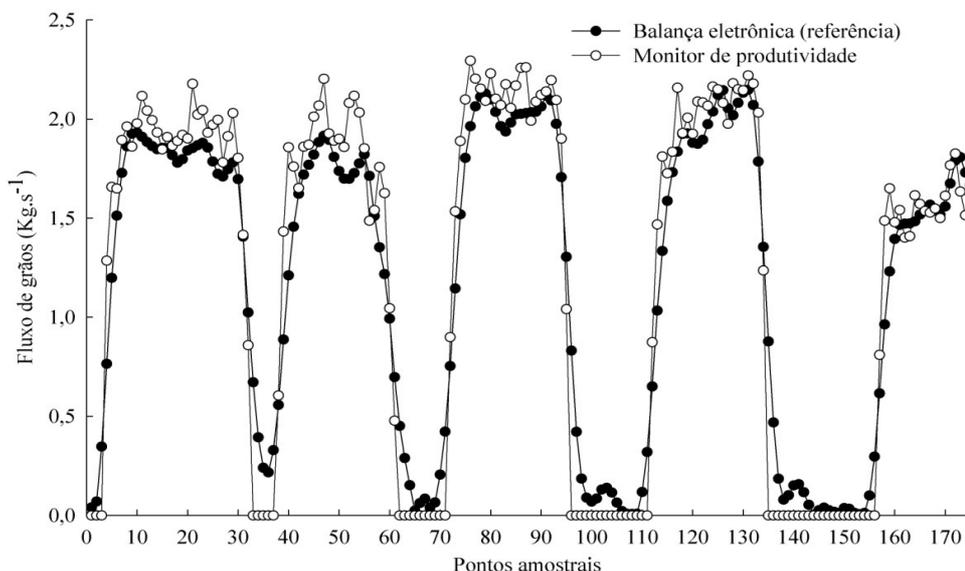


Figura 52 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à mudança abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado.

Nas demais faixas sem cultura, que tiveram comprimento de 11, 16,5 e 22 metros, o fluxo de grãos chegou realmente a zero, ou seja, ausência de fluxo passando pelo elevador de grãos limpos da colhedora. É possível visualizar na Figura 52 que o monitor de produtividade responde a fluxo zero um pouco antes dele realmente acontecer e tende a permanecer por mais alguns instantes além do que a referência indica ser como a retomada do fluxo. Mesmo que o monitor de produtividade tenha uma função que calibre o ponto zero de leitura do sensor, ele registra leituras de fluxo zero quando ainda existe um pequeno fluxo acontecendo no elevador.

Na totalização do peso médio de grãos das parcelas do tratamento AVZEROS o monitor obteve uma diferença de 3,491 kg em relação à referência, sendo o total estimado pelo monitor 426,608 kg e o medido pela referência 423,118. A diferença equivale a 0,825%. Arslan e Colvin (2002), avaliando resposta de monitores de produtividade na cultura do milho, tiveram resultados distintos, uma vez que na operação de colheita do milho a velocidade de deslocamento da colhedora é mais alta que na cultura do arroz. Em razão disso, os autores verificaram que nos primeiros dois segmentos sem cultura (4,5 e 9 m), o monitor de produtividade por eles avaliado não atingiu fluxo de grãos igual a zero, nem tampouco a balança

eletrônica utilizada como referência. Eles sugeriram ter acontecido determinada difusão da massa de grãos dentro da colhedora e, com isso, a suavização das variações impostas pelo tratamento, provavelmente causada nos mecanismos de trilha e retrilha da máquina. Os autores citaram, também, que a resposta do monitor às variações foi melhor quando as faixas sem cultura foram mais longas. Nesse caso, segmentos maiores que 9 metros, uma vez que nos dois últimos segmentos sem cultura (14 e 18m), os autores citaram que o monitor conseguiu responder de maneira mais adequada, chegando muito próximo do fluxo de grãos igual a zero, igualmente à sua referência. Burks et al. (2004), ao avaliar um monitor de produtividade dotado de sensor de impacto em condições de laboratório, obtiveram uma diferença de 2,5% entre as estimativas do monitor e a referência. A avaliação realizada por esses pesquisadores utilizou mudanças abruptas no fluxo de grãos, porém, sem fluxo zero.

O tratamento AVZEROT (variação abrupta no fluxo de grãos em terreno não sistematizado), tem seus resultados reunidos na Tabela 18, que mostra que o comportamento foi semelhante ao tratamento anterior em termos de acurácia e em termos de precisão.

O intercepto da regressão (a) foi considerado igual a zero de acordo com o teste T, apresentando valores de -0,108, -0,095 e 0,050 nas repetições 1, 2 e 3, respectivamente. Na regressão feita com os valores médios o valor foi de -0,135.

Tabela 18 - Intersecção da regressão linear (A), Erro padrão de A (EPA), coeficiente angular (B), erro padrão de B (EPB), coeficiente de determinação da regressão (R^2), pesos totais por parcela e diferença (kg e %) das leituras do monitor de produtividade e referência do tratamento com mudanças abruptas do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado.

Tipo de área	A	EPA	B	EPB	R²	
Não Sistematizada (com taipas)	Rep1	-0.108	0.030	1.065*	0.023	0.924
	Rep2	0.050	0.057	0.909	0.040	0.741
	Rep3	-0.095	0.027	1.041*	0.019	0.944
	Média	-0.135	0.027	1.078*	0.020	0.943
		Peso total (kg)	Diferença	Correlação		
	Referência	Monitor	Kg	%		
	456,316	418,637	37,678	8,257	0,992	

*: indica que a hipótese de nulidade (a=0 ou b=1) foi rejeitada pelo teste t (P=0,05).

O parâmetro coeficiente angular diferiu significativamente de 1 em duas das três repetições, onde os valores foram de 1,065 e 1,041 para as repetições 1 e 3, respectivamente. A repetição 2, que foi considerada igual a 1, teve valor de 0,909. A média foi de 1,078, também considerada estatisticamente diferente de 1 pelo teste T.

Na Figura 53 pode-se conferir que a dispersão dos dados foi maior que no tratamento anterior, fato comprovado pelos valores do coeficiente de determinação, que foram inferiores ao tratamento da área sistematizada, alcançando valores de 0,741 a 0,944 em suas repetições e 0,943 na média das repetições.

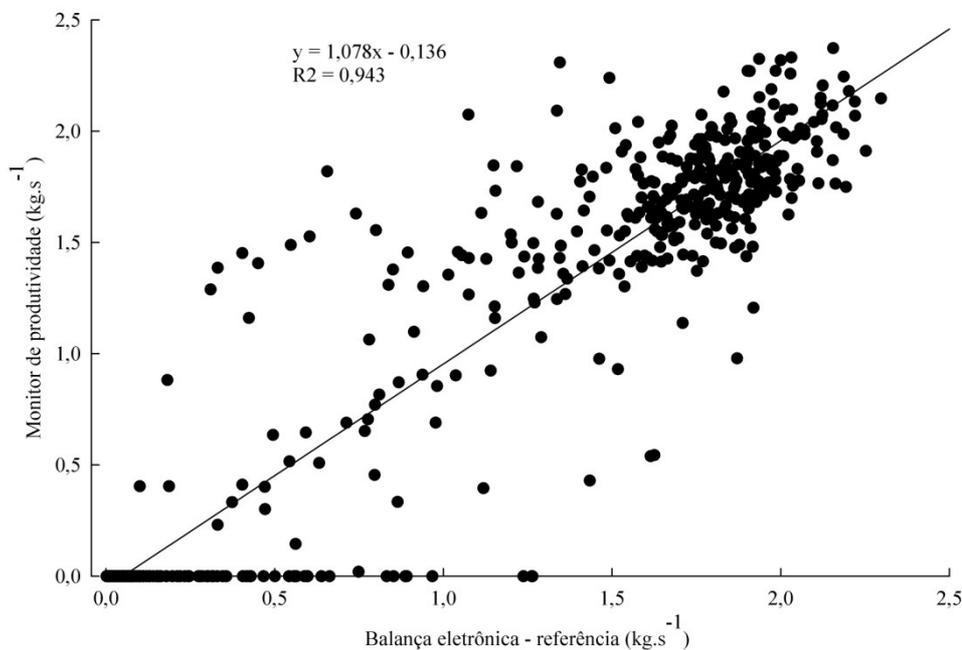


Figura 53 - Fluxo de grãos real (balança eletrônica) e estimado pelo monitor de produtividade (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre o fluxo real e estimado referentes ao tratamento de diminuição abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado.

Nesse tratamento ocorreu o mesmo fenômeno do tratamento anterior, porém, de maneira mais evidenciada. A Figura 54 apresenta o comportamento do monitor e da referência, onde é possível visualizar que a leitura de fluxo zero pelo monitor ocorre antes dela realmente acontecer. Na primeira faixa sem cultura (5,5 m) a balança eletrônica ainda registrava um fluxo de 0,5 kg.s⁻¹ enquanto o monitor indicava haver fluxo zero. Na segunda faixa sem cultura (11 m) o erro foi menos pronunciado, uma vez que a referência ainda indicava um pequeno fluxo de grãos e

o monitor de produtividade indicava não haver mais grãos passando pelo elevador. Nas faixas de 16,5 e 22 metros, a balança eletrônica indicou leituras reais de fluxo zero, sendo que o monitor também o fez. Entretanto, as leituras indicando não haver fluxo de grãos no elevador de grãos limpos da colhedora ocorreram precocemente às da referência e as de retomada do fluxo ocorreram alguns instantes após a balança eletrônica ter indicado essa mudança.

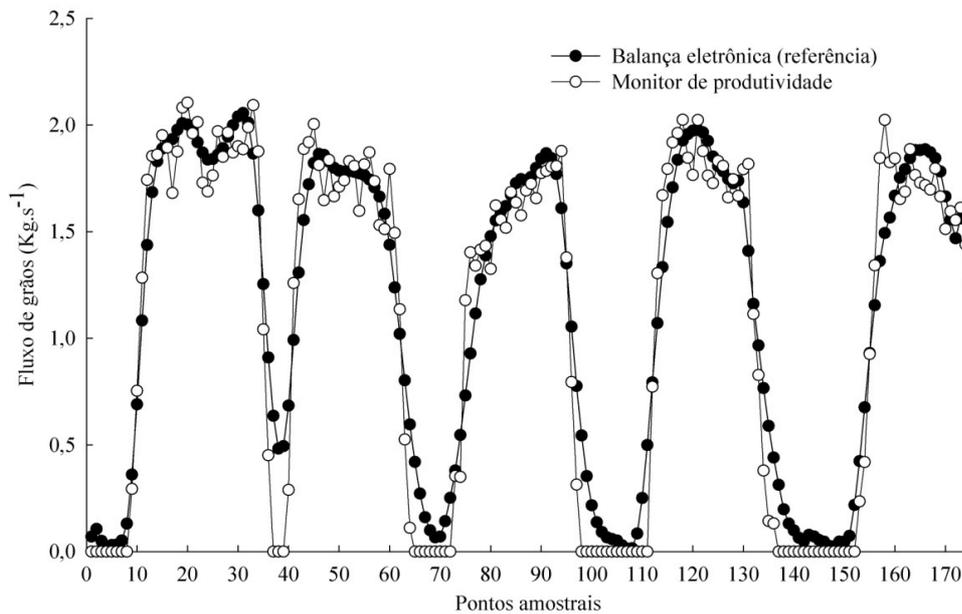


Figura 54 - Resposta do monitor de produtividade e da balança eletrônica (referência) à mudança abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado.

No tratamento AVZEROT, a diferença da totalização da massa de grãos encontrada entre o monitor e a balança eletrônica foi maior, com uma diferença de 37,678 kg, o equivalente a 8,257%. Esse resultado mostra uma diferença superior ao tratamento da área sem taipas e, também, do encontrado por Burks et al. (2004) em condições de laboratório.

Nesse experimento o monitor de produtividade teve seu desempenho influenciado negativamente pelo terreno com taipas, onde a ondulação do trajeto e a transposição destas pela máquina durante a operação influenciou a linearidade da resposta, a dispersão das leituras do monitor e a totalização da massa de grãos das parcelas experimentais.

7 CONCLUSÕES

Os objetivos desse estudo foram atingidos através dos dois experimentos de campo realizados, através dos quais, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- A resposta do monitor de produtividade às variações de aumento e diminuição de fluxo de grãos em áreas sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado apresentou distorções em sua acurácia, tanto em condições de velocidade constante quanto variada. Com base nos resultados encontrados nas condições deste estudo, o sistema avaliado não respondeu adequadamente a todas as variações a que foi submetido;
- A resposta do monitor de produtividade às variações abruptas no fluxo de grãos em áreas sistematizadas e não sistematizadas de arroz irrigado não apresentou desvios constantes. No entanto, nos dois tipos de terreno, o sistema avaliado apresentou desvios sistemáticos, que indicam a falta de linearidade de sua resposta.
- A totalização da massa de grãos por parcela apresentou diferenças acima dos preconizados na maior parte dos tratamentos de aumento e diminuição de fluxo de grãos, tanto em áreas sistematizadas quanto em áreas não sistematizadas. Na avaliação de mudanças abruptas no fluxo de grãos, o sistema avaliado apresentou melhor desempenho na área sistematizada, com diferença percentual menor que 1%.

Levando em consideração que o monitor de produtividade avaliado utilizou o receptor GPS para fornecimento das informações de velocidade de deslocamento, é possível identificar que parte das oscilações registradas são atribuídas a esse componente, que limitou a qualidade da informação gerada.

Nas condições avaliadas nesse trabalho, o sistema não atendeu totalmente aos requisitos de qualidade dos dados para fins de utilização no manejo agrônomico de lavouras de arroz irrigado sob princípios de AP.

8 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados encontrados nesse trabalho e levando-se em consideração que o monitor de produtividade utilizado foi um protótipo, recomenda-se:

- Avaliar o produto final, após os ajustes feitos em seu desenvolvimento, principalmente no que se refere à substituição do GPS por outro tipo de sensor para fornecimento de dados de velocidade de deslocamento da máquina;
- Para tal avaliação, obter o máximo de padronização no campo a ser executado o experimento, preferencialmente com o mínimo de variação no ponto de colheita (conteúdo de umidade dos grãos);
- Avaliar comparativamente o desempenho de diferentes sensores de produtividade e umidade utilizados em colhedoras, no que se refere à precisão e à acurácia de sua resposta e, ainda, em função da abrasividade da palha e da casca dos grãos de arroz;
- Comparar as informações de produtividade, obtidas por sistemas de monitoramento de produtividade de colhedoras, correlacionando as informações com atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A. et al. Uso de técnicas de agricultura de precisão no manejo da adubação do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 7., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. 1 CD ROM.

AL-MAHASNEH, M. A.; COLVIN, T. S. Verification of yield monitor performance for on-the-go measurement of yield with an in-board electronic scale. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**, St. Joseph, v. 43, n. 4, p. 7, 2000.

ALONÇO, A. dos S. et al. Perdas na colheita de arroz irrigado com a colhedora operando com dois tipos de plataforma. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999.

AMBUEL, J. R. **Knowledge and decision support for variable rate application of materials in prescription farming**. 1995, 195 p. (Ph.D. Thesis)-Iowa State University, Ames, 1995.

ANBUMOZHI, V.; YAMAJI, E.; TABUCHI, T. Rice crop growth and yield as influenced by changes in ponding water depth, water regime and fertigation level. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 37, n. 3, p. 241-253, 1998.

ANDERSON, G. L.; YANG, C. **Multispectral videography and geographic information systems for site specific farm management**. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, Minneapolis, 1996. 680-692 p.

ARSLAN, S.; COLVIN, T. S. An Evaluation of the Response of Yield Monitors and Combines to Varying Yields. **Precision Agriculture**, Hingham, v. 3, n. 2, p. 107-122, 2002.

AUERNHAMMER, H. et al. Yield measurements on combine harvesters. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**. St. Joseph, v. Paper 93-1506. 1993.

AURÉLIO, N. D. et al. Perfil transversal de distribuição de três fertilizantes aplicados à taxas variáveis em lavoura de arroz irrigado (*Oryza sativa L.*). In: CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA RURAL Y II DEL MERCOSUR, 10., 2009, Rosario. **Anais...** Rosario: Universidad Nacional de Rosario, 2009. p. 755-762.

AZAMBUJA, I. H. V. et al. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. D. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. D. (Org.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44.

BIRRELL, S. J. et al. Comparisons of sensors and techniques for crop yield mapping. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v.14, p. 215–233. 1996.

BURKS, T. F. et al. Effects of time-varying inflow rates on combine yield monitor accuracy. **Applied Engineering in Agriculture**, American society of agricultural engineers, v. 20 n. 3, p. 269–275. 2004.

CARVALHO, J. R. D. P. et al. **Como avaliar similaridade entre mapas de produtividade**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2001. 24 p. (Relatório Técnico)

CHUNG, S. O. et al. **Spatial variability of yield, chlorophyll content, and soil properties in a Korean rice paddy field**. 2005 Disponível em: <<http://www.fse.missouri.edu/ARS/pubs/chung.PDF>>. Acesso em: 19 abr. 2011.

COLVIN, T. S. et al. **Yield monitoring for mapping**. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, Minneapolis, 1995. 3–14 p.

DOBERMANN, A.; PING, J. L. Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 1, p. 285-297, 2004.

DOERGE, T. Weigh wagon vs. yield monitor comparison. **Crop Insights**, Johnston, v. 7, n. 17, p. 1-5, 1996.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. 2007. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FOCHT, D. et al. Benefícios agronômicos, ambientais e monetários do uso da agricultura de precisão em diferentes cenários brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004.

FRANCO, D. F. et al. Colheita do Arroz Irrigado. In: GOMES, A. D. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. D. (Org.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 727-744.

GLEASON, S.; GEBRE-EGZIABHER, D. **GNSS Applications and Methods**. Norwood: Artech House, 2009. 530 p.

HOWARD, K. D. et al. An elevator-based combine grain flow sensor. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**. St. Joseph, Paper 931504. 1993.

HUMMEL, J. W. et al. **Sensing grain volumes on individual elevator flights**. In: PROCEEDINGS OF 2ND INTERNATIONAL CONGRESS ON SITE-SPECIFIC MANAGEMENT FOR AGRICULTURAL SYSTEMS, Madison, 1995. 68-86 p.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. IRGA. Censo **da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul – safra 2004/5**. Camilo Feliciano de Oliveira (coordenador). – Porto Alegre : IRGA - Política Setorial, 2006. 122 p.

_____. 2011a. Disponível em:

<http://www.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1297421777Area_Producao_e_Produtividade.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2011.

_____. 2011b. Disponível em:

<http://www.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1298660520Semeadura_e_Colheita_do_Arroz_no_RS_Safra_2010_2011.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2011.

KORMANN, G.; DEMMEL, M.; AUERNHAMMER, H. Testing Stand for Yield Measurement Systems in Combine Harvesters. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**. St. Joseph, Michigan. Paper 98-3102. 1998.

LOGHAVI, M.; EHSANI, R.; REEDER, R. Development of a portable grain mass flow sensor test rig. **Computers and electronics in agriculture**, v. 6, n. 1, p. 160–168, 2008.

MAKEPEACE, R. J. **Benefits and limitations of precision farming**. In: CONFERENCE ON PESTS AND DISEASES, Brighton, 1996. 1235-1242 p.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1149-1159, 2003.

MIKHAIL, E.; ACKERMAN, F. Observations and Least Squares. **IEP Series in Civil Engineering**. New York: University Press of America. 1976. 497 p.

MISSOTTEN, B. et al. **Accuracy of grain and straw yield mapping**. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, Minneapolis, 1996. 713-722 p.

MOLIN, J. P. Utilização de GPS em agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 3, p. 121-132, 1998.

_____. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A. et al (Org.). **Agricultura de Precisão**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 237-257.

MOORE, M. R. **An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management**. 1998. 150 p. Tese (PhD Thesis) – Cranfield University at Silsoe, Silsoe, Bedford, UK, 1998.

NUNES, M. L. et al. Características de solos sistematizados em duas áreas cultivadas com arroz sob inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 395-406, 2002.

PARFITT, J. M. B. et al. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. In: GOMES, A. D. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. D. (Org.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 237-257.

PEREIRA, F. J. D. S. **Construção de uma bancada de ensaio e avaliação de um sistema de mensuração da produtividade de grãos**. 2002. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

PEREZ-MUNOZ, F.; COLVIN, T. S. Continuous grain yield monitoring. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 3, p. 8, 1996.

PFEIFFER, D. et al. Real-time corn yield sensor. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**. St. Joseph, Paper 931013. 1993.

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A. et al (Org.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 467 p.

REITZ, P.; KUTZBACH, H. D. **Technische Komponenten für die Erstellung von Ertragskarten während der Getreideernte mit dem Mähdrescher**. In: TECHNISCHE KOMPONENTEN FÜR DIE ERSTELLUNG VON ERTRAGSKARTEN WÄHREND DER GETREIDEERNTE MIT DEM MÄHDRESCHER, Freising-Weihenstephan, 1992. 91-105 p.

REITZ, P., KUTZBACH, H.D. Investigations on a particular yield mapping system for combine harvesters. **Computers and electronics in agriculture**, v. 14, n. 2/3, p. 137-150, 1996.

RETI, J. Colheita e pós-colheita: pesquisas da Embrapa procuram diminuir desperdícios. **Folha da Embrapa**, Brasília, v. 4, n. 18, p. 6-7, 1995.

REYNS, P. et al. A review of combine sensors for precision farming. **Precision Agriculture**, Hingham, v. 3, p. 169-182, 2002.

ROEL, A. et al. **Interpreting yield patterns for california rice precision farm management**. 2004. Disponível em: <http://agronomy.ucdavis.edu/uccerice/images/roel_et_al.pdf>. Acesso em: 15 out. 2006.

SCHUNG, E.; MURPHY, D.; EVANS, E.; HANEKLAUS, S.; LAMP, J. **Yield mapping and application of yield maps to computer-aided local resource management**. I Proc. Soil Specific Crop Manage. Madison, Wis.: Am. Society of Agronomy, 1993.

SENAY, G. B. et al. Manipulation of high spatial resolution aircraft remote sensing data for use in site-specific farming. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 2, p. 489-495, 1998.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. Geração de mapas de produtividade de milho: efeito do espaçamento entre faixas de colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2007. 154 p.

STAFFORD, J. V.; AMBLER, B.; SMITH, M. P. **Sensing and mapping grain yield variation**. In: Proceedings of the Automated Agriculture for the 21st Century Symposium, Chicago, 1991. 356–365 p.

STAFFORD, J. V. **Essential technology for precision agriculture**. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, Minneapolis, 1996. 595-604 p.

STRUBBE, G. et al. Performance evaluation of a three-dimensional optical volume flow meter. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers - ASAE**, v. 12, n. 4, p.403-409, 1996.

SULZBACH, L. A. de S. **Tecnologia de agricultura de precisão: estudo de caso: integração de modelos digitais de atributos químicos do solo e modelos digitais de culturas agrícolas**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

STORCK, L. et al. **Experimentação Vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2000. 198 p.

VANSICHEN, R.; BAERDEMAEKER, J. de. **Continuous wheat yield measurements on a combine** In: AUTOMATED AGRICULTURE FOR THE 21ST

CENTURY, PROCEEDINGS OF THE 1991 SYMPOSIUM, St. Joseph, 1991. 346–355 p.

WANG, G. et al. Performance of site-specific nutrient management for irrigated rice in Southeast China. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 4, p. 869-878, 2001.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre, RS: Kepler Weber Industrial, 1995, 400 p.

WHELAN, B. M.; MCBRATNEY, A. B. **Sorghum grain flow convolution within a conventional combine harvester**. In: PRECISION AGRICULTURE, 1ST EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, Warwick, 1997. 759–766 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Fluxo de grãos (kg.s⁻¹) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
1	0,228	0,000	0,410	0,000	0,238	0,000	0,292	0,000
2	0,046	0,000	0,246	0,000	0,115	0,000	0,136	0,000
3	0,001	0,000	0,117	0,000	0,019	0,000	0,045	0,000
4	0,017	0,000	0,050	0,000	0,024	0,000	0,030	0,000
5	0,048	0,000	0,027	0,000	0,032	0,000	0,036	0,000
6	0,069	0,000	0,086	0,000	0,006	0,000	0,053	0,000
7	0,045	0,000	0,076	0,000	0,018	0,000	0,046	0,000
8	0,029	0,000	0,020	0,000	0,017	0,000	0,022	0,000
9	0,036	0,000	0,016	0,000	0,036	0,000	0,029	0,000
10	0,075	0,000	0,045	0,000	0,026	0,000	0,049	0,000
11	0,059	0,000	0,030	0,000	0,012	0,000	0,034	0,000
12	0,025	0,000	0,036	0,000	0,003	0,000	0,022	0,000
13	0,007	0,000	0,075	0,000	0,003	0,000	0,028	0,000
14	0,004	0,000	0,040	0,000	0,010	0,000	0,018	0,000
15	0,004	0,000	0,024	0,000	0,008	0,000	0,012	0,000
16	0,025	0,000	0,055	0,000	0,013	0,000	0,031	0,000
17	0,025	0,000	0,043	0,000	0,012	0,000	0,026	0,000
18	0,019	0,000	0,025	0,000	0,010	0,000	0,018	0,000
19	0,031	0,000	0,009	0,000	0,022	0,000	0,021	0,000
20	0,028	0,000	0,006	0,000	0,025	0,000	0,020	0,000
21	0,022	0,000	0,002	0,000	0,012	0,000	0,012	0,000
22	0,013	0,000	0,011	0,000	0,016	0,000	0,013	0,000
23	0,018	0,000	0,004	0,000	0,041	0,000	0,021	0,000
24	0,018	0,000	0,010	0,000	0,026	0,000	0,018	0,000
25	0,004	0,000	0,018	0,000	0,001	0,000	0,007	0,000
26	0,033	0,000	0,002	0,000	0,008	0,000	0,014	0,000
27	0,113	0,000	0,064	0,000	0,023	0,000	0,067	0,000
28	0,214	0,000	0,165	0,000	0,082	0,000	0,154	0,000
29	0,294	0,000	0,294	0,022	0,160	0,000	0,249	0,007
30	0,385	0,000	0,434	0,759	0,261	0,000	0,360	0,253
31	0,403	0,000	0,527	0,368	0,340	0,000	0,423	0,123
32	0,372	0,000	0,575	0,394	0,364	0,000	0,437	0,131
33	0,355	0,000	0,592	0,000	0,345	0,000	0,431	0,000
34	0,349	0,000	0,581	0,425	0,304	0,000	0,412	0,142
35	0,412	0,346	0,571	0,000	0,294	0,000	0,425	0,115
36	0,504	0,395	0,538	0,227	0,330	0,000	0,457	0,207
37	0,636	0,889	0,496	0,000	0,360	0,000	0,497	0,296
38	0,820	1,391	0,495	0,263	0,352	0,000	0,556	0,551
39	1,028	1,350	0,559	0,350	0,350	0,000	0,646	0,567
40	1,193	1,490	0,680	0,898	0,404	0,000	0,759	0,796
41	1,285	1,204	0,838	1,316	0,520	0,588	0,881	1,036
42	1,273	1,443	1,017	1,383	0,686	0,839	0,992	1,222

APÊNDICE A

Fluxo de grãos (kg.s-1) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

n	Fluxo de Grãos							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
43	1,210	1,375	1,178	1,450	0,867	1,130	1,085	1,318
44	1,186	1,435	1,304	1,617	1,031	1,162	1,174	1,405
45	1,248	1,420	1,368	1,584	1,125	1,274	1,247	1,426
46	1,320	1,683	1,364	1,468	1,157	1,363	1,280	1,505
47	1,449	1,605	1,325	1,498	1,146	1,353	1,307	1,485
48	1,601	1,662	1,308	1,621	1,122	1,172	1,344	1,485
49	1,729	1,939	1,310	1,597	1,085	1,214	1,375	1,583
50	1,803	1,994	1,332	1,573	1,054	0,998	1,396	1,522
51	1,920	2,207	1,377	1,595	1,049	0,993	1,449	1,598
52	2,091	2,161	1,436	1,916	1,061	0,866	1,529	1,648
53	2,233	2,577	1,521	1,875	1,120	1,095	1,625	1,849
54	2,354	2,317	1,665	1,946	1,251	1,416	1,757	1,893
55	2,402	2,371	1,836	2,084	1,439	1,638	1,892	2,031
56	2,391	2,371	1,980	2,141	1,619	1,767	1,997	2,093
57	2,362	2,319	2,089	2,293	1,785	1,791	2,078	2,134
58	2,309	2,159	2,170	2,452	1,866	1,661	2,115	2,091
59	2,336	2,314	2,233	2,565	1,900	1,673	2,156	2,184
60	2,428	2,637	2,295	2,273	1,903	1,603	2,209	2,171
61	2,563	2,707	2,330	2,168	1,899	1,947	2,264	2,274
62	2,693	2,684	2,332	2,355	1,957	1,842	2,327	2,294
63	2,761	2,798	2,322	2,455	2,082	2,010	2,389	2,421
64	2,782	2,959	2,332	2,473	2,223	2,177	2,446	2,536
65	2,813	2,623	2,389	2,446	2,395	2,198	2,532	2,422
66	2,773	2,527	2,505	3,026	2,557	2,425	2,612	2,659
67	2,572	2,211	2,637	2,634	2,656	2,088	2,622	2,311
68	2,225	1,658	2,726	2,918	2,697	2,295	2,549	2,290
69	1,868	0,785	2,821	3,137	2,722	2,633	2,470	2,185
70	1,532	0,000	2,937	3,130	2,731	2,398	2,400	1,842

APÊNDICE B

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
1	0,028	0,000	0,039	0,000	0,017	0,000	0,028	0,000
2	0,006	0,000	0,079	0,180	0,004	0,000	0,030	0,060
3	0,041	0,000	0,072	0,000	0,021	0,000	0,045	0,000
4	0,068	0,000	0,033	0,000	0,023	0,000	0,041	0,000
5	0,062	0,000	0,001	0,070	0,014	0,000	0,026	0,023
6	0,071	0,000	0,012	0,210	0,007	0,000	0,030	0,070
7	0,104	0,260	0,009	0,000	0,006	0,000	0,040	0,087
8	0,120	0,000	0,007	0,000	0,005	0,010	0,044	0,003
9	0,072	0,000	0,010	0,000	0,007	0,050	0,030	0,017
10	0,011	0,000	0,019	0,000	0,004	0,000	0,011	0,000
11	0,021	0,000	0,026	0,000	0,026	0,000	0,024	0,000
12	0,048	0,000	0,027	0,000	0,032	0,000	0,036	0,000
13	0,067	0,250	0,021	0,000	0,029	0,000	0,039	0,083
14	0,064	0,170	0,012	0,210	0,022	0,000	0,033	0,127
15	0,055	0,000	0,005	0,000	0,014	0,020	0,025	0,007
16	0,032	0,000	0,003	0,000	0,221	0,180	0,085	0,060
17	0,040	0,000	0,046	0,160	0,304	0,000	0,130	0,053
18	0,336	0,410	0,184	0,000	0,302	0,340	0,274	0,250
19	0,528	0,880	0,346	0,000	0,291	0,330	0,388	0,403
20	0,672	0,890	0,482	0,140	0,329	0,500	0,494	0,510
21	0,720	0,840	0,545	0,710	0,448	0,820	0,571	0,790
22	0,720	1,120	0,528	0,690	0,618	0,720	0,622	0,843
23	0,752	1,230	0,482	0,390	0,760	0,800	0,664	0,807
24	0,832	1,130	0,463	0,230	0,835	0,860	0,710	0,740
25	0,936	1,320	0,534	0,590	0,867	1,120	0,779	1,010
26	1,056	1,380	0,732	0,850	0,934	1,060	0,907	1,097
27	1,160	1,280	1,003	0,730	1,065	1,100	1,076	1,037
28	1,192	1,350	1,275	0,990	1,224	1,170	1,230	1,170
29	1,224	1,380	1,452	1,160	1,338	1,310	1,338	1,283
30	1,304	1,410	1,497	1,180	1,400	1,510	1,400	1,367
31	1,368	1,350	1,467	1,090	1,278	1,460	1,371	1,300
32	1,400	1,330	1,435	1,150	1,290	1,210	1,375	1,230
33	1,392	1,320	1,419	1,460	1,379	1,400	1,397	1,393
34	1,336	1,510	1,323	1,340	1,518	1,390	1,392	1,413
35	1,304	1,470	1,179	1,290	1,611	1,530	1,365	1,430
36	1,320	1,450	1,071	1,100	1,652	1,620	1,348	1,390
37	1,368	1,800	1,067	1,150	1,645	1,290	1,360	1,413
38	1,424	1,800	1,139	1,230	1,616	1,380	1,393	1,470
39	1,536	1,780	1,287	1,270	1,637	1,490	1,487	1,513
40	1,680	1,500	1,512	1,280	1,705	1,660	1,632	1,480
41	1,736	1,460	1,708	1,330	1,740	1,730	1,728	1,507
42	1,696	1,700	1,818	1,480	1,706	1,480	1,740	1,553

APÊNDICE B

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
n	----- kg.s^{-1} -----							
43	1,624	1,710	1,863	1,420	1,660	1,460	1,716	1,530
44	1,576	1,670	1,872	1,370	1,645	1,570	1,698	1,537
45	1,568	1,430	1,887	1,780	1,677	1,700	1,711	1,637
46	1,576	1,540	1,901	1,800	1,730	1,570	1,736	1,637
47	1,616	1,720	1,923	1,700	1,743	1,570	1,761	1,663
48	1,648	1,770	1,935	1,580	1,703	1,600	1,762	1,650
49	1,648	1,890	1,905	1,490	1,680	1,610	1,744	1,663
50	1,632	1,720	1,832	1,700	1,716	1,490	1,727	1,637
51	1,632	1,860	1,730	1,570	1,746	1,550	1,702	1,660
52	1,632	1,580	1,680	1,580	1,772	1,480	1,695	1,547
53	1,648	1,620	1,742	1,590	1,814	1,580	1,735	1,597
54	1,680	1,710	1,874	1,670	1,831	1,590	1,795	1,657
55	1,680	1,810	2,032	1,630	1,796	1,560	1,836	1,667
56	1,624	1,620	2,173	1,970	1,743	1,650	1,847	1,747
57	1,568	1,810	2,205	1,690	1,712	1,630	1,828	1,710
58	1,584	1,610	2,151	1,720	1,704	1,550	1,813	1,627
59	1,656	1,670	2,057	1,510	1,677	1,490	1,796	1,557
60	1,760	2,000	1,922	1,660	1,644	1,410	1,775	1,690
61	1,840	1,750	1,837	1,540	1,648	1,630	1,775	1,640
62	1,880	1,900	1,882	1,770	1,704	1,510	1,822	1,727
63	1,896	2,020	1,957	1,590	1,789	1,680	1,881	1,763
64	1,952	2,140	1,914	1,480	1,859	1,690	1,909	1,770
65	1,976	2,050	1,781	1,390	1,891	1,630	1,882	1,690
66	1,872	2,050	1,657	1,480	1,886	1,620	1,805	1,717
67	1,600	1,230	1,596	1,530	1,830	1,730	1,675	1,497
68	1,168	0,890	1,611	1,530	1,706	1,660	1,495	1,360
69	0,720	0,560	1,677	1,610	1,542	1,160	1,313	1,110
70	0,408	0,480	1,727	1,480	1,364	0,890	1,166	0,950

APÊNDICE C

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	0,024	0,000	0,012	0,000	0,025	0,000	0,020	0,000
2	0,010	0,000	0,008	0,000	0,005	0,000	0,008	0,000
3	0,019	0,000	0,015	0,000	0,017	0,000	0,017	0,000
4	0,010	0,000	0,027	0,000	0,037	0,000	0,025	0,000
5	0,020	0,000	0,027	0,000	0,028	0,000	0,025	0,000
6	0,036	0,000	0,013	0,000	0,005	0,000	0,018	0,000
7	0,025	0,000	0,012	0,000	0,023	0,000	0,020	0,000
8	0,023	0,000	0,029	0,000	0,028	0,000	0,027	0,000
9	0,043	0,000	0,021	0,000	0,014	0,000	0,026	0,000
10	0,090	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,032	0,000
11	0,155	0,000	0,028	0,000	0,007	0,000	0,064	0,000
12	0,250	0,461	0,037	0,000	0,011	0,000	0,099	0,154
13	0,349	0,000	0,039	0,000	0,013	0,000	0,134	0,000
14	0,413	0,000	0,037	0,000	0,017	0,000	0,156	0,000
15	0,440	0,000	0,029	0,000	0,002	0,000	0,157	0,000
16	0,449	0,000	0,022	0,000	0,051	0,000	0,174	0,000
17	0,451	0,000	0,037	0,000	0,109	0,000	0,199	0,000
18	0,462	0,000	0,072	0,000	0,165	0,000	0,233	0,000
19	0,504	0,400	0,115	0,000	0,213	0,000	0,277	0,133
20	0,552	0,435	0,171	0,000	0,249	0,000	0,324	0,145
21	0,584	0,497	0,215	0,000	0,271	0,000	0,357	0,166
22	0,585	0,000	0,239	0,000	0,283	0,000	0,369	0,000
23	0,596	0,000	0,268	0,000	0,287	0,000	0,384	0,000
24	0,642	0,510	0,321	0,000	0,293	0,000	0,419	0,170
25	0,755	0,920	0,378	0,000	0,307	0,000	0,480	0,307
26	0,929	1,427	0,401	0,000	0,333	0,000	0,555	0,476
27	1,114	1,531	0,408	0,000	0,350	0,000	0,624	0,510
28	1,243	1,386	0,408	0,000	0,360	0,000	0,670	0,462
29	1,284	1,119	0,404	0,000	0,387	0,000	0,692	0,373
30	1,268	1,283	0,427	0,000	0,441	0,000	0,712	0,428
31	1,217	1,090	0,480	0,000	0,510	0,731	0,735	0,607
32	1,160	1,112	0,552	0,428	0,583	0,924	0,765	0,821
33	1,141	1,253	0,626	0,728	0,640	0,858	0,802	0,946
34	1,159	1,264	0,678	0,779	0,672	0,807	0,836	0,950
35	1,179	1,236	0,702	0,726	0,676	0,669	0,853	0,877
36	1,209	1,444	0,722	0,709	0,665	0,550	0,865	0,901
37	1,249	1,320	0,747	0,787	0,646	0,636	0,881	0,914
38	1,270	1,308	0,790	0,738	0,628	0,620	0,896	0,889
39	1,277	1,342	0,846	0,961	0,611	0,716	0,912	1,007
40	1,319	1,500	0,898	1,226	0,596	0,449	0,938	1,059
41	1,424	1,692	0,947	0,943	0,583	0,000	0,985	0,878
42	1,567	1,805	0,966	1,083	0,574	0,000	1,036	0,963

APÊNDICE C

C: Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
n	-----kg.s ⁻¹ -----							
43	1,695	1,802	0,945	0,767	0,590	0,696	1,077	1,088
44	1,764	1,827	0,918	0,863	0,638	0,439	1,107	1,043
45	1,797	1,960	0,915	0,885	0,710	0,934	1,141	1,260
46	1,798	1,935	0,947	0,862	0,787	1,269	1,177	1,355
47	1,813	1,775	0,998	0,894	0,855	1,118	1,222	1,262
48	1,837	1,837	1,054	1,136	0,905	1,250	1,265	1,408
49	1,808	1,646	1,102	1,246	0,929	0,998	1,280	1,297
50	1,714	1,682	1,143	1,124	0,929	0,963	1,262	1,256
51	1,643	1,723	1,198	1,361	0,896	0,652	1,246	1,246
52	1,679	1,833	1,277	1,475	0,858	0,915	1,271	1,408
53	1,763	1,846	1,353	1,467	0,845	0,855	1,321	1,389
54	1,843	1,762	1,409	1,454	0,859	1,070	1,370	1,429
55	1,905	1,864	1,442	1,477	0,891	1,162	1,413	1,501
56	1,956	2,104	1,464	1,351	0,927	1,186	1,449	1,547
57	1,996	2,052	1,478	1,358	0,974	1,211	1,483	1,540
58	2,018	2,026	1,477	1,327	1,031	1,264	1,509	1,539
59	1,992	1,803	1,461	1,516	1,084	1,429	1,512	1,583
60	1,979	1,757	1,447	1,507	1,131	1,554	1,519	1,606
61	1,998	1,791	1,433	1,369	1,161	1,367	1,531	1,509
62	1,991	1,857	1,424	1,462	1,170	1,223	1,528	1,514
63	1,989	2,129	1,436	1,421	1,166	1,307	1,530	1,619
64	2,033	2,132	1,470	1,451	1,165	1,207	1,556	1,597
65	2,088	2,135	1,528	1,451	1,173	1,240	1,596	1,609
66	2,084	1,857	1,596	1,753	1,201	1,379	1,627	1,663
67	1,990	1,879	1,669	1,611	1,239	1,461	1,633	1,651
68	1,831	1,598	1,738	1,694	1,276	1,735	1,615	1,675
69	1,675	0,889	1,785	1,885	1,311	1,499	1,590	1,424
70	1,589	0,497	1,819	1,834	1,334	1,596	1,581	1,309

APÊNDICE D

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	0,021	0,000	0,026	0,000	0,029	0,000	0,025	0,000
2	0,003	0,019	0,017	0,000	0,021	0,000	0,014	0,006
3	0,007	0,000	0,012	0,000	0,015	0,000	0,011	0,000
4	0,013	0,000	0,008	0,000	0,013	0,127	0,011	0,042
5	0,021	0,000	0,001	0,127	0,013	0,000	0,011	0,042
6	0,026	0,000	0,004	0,000	0,014	0,053	0,015	0,018
7	0,012	0,000	0,004	0,000	0,019	0,000	0,011	0,000
8	0,030	0,089	0,022	0,112	0,030	0,017	0,027	0,073
9	0,829	1,042	0,484	0,922	0,048	1,006	0,453	0,990
10	1,295	1,284	0,750	1,308	0,667	1,435	0,904	1,342
11	1,483	1,357	0,996	1,381	0,947	1,404	1,142	1,380
12	1,611	1,518	1,099	1,666	1,171	1,286	1,294	1,490
13	1,605	1,532	1,293	1,384	1,310	1,555	1,403	1,490
14	1,627	1,869	1,488	1,533	1,399	1,496	1,505	1,633
15	1,757	1,574	1,643	1,512	1,488	1,602	1,629	1,563
16	1,883	1,865	1,680	1,820	1,544	1,671	1,702	1,785
17	1,840	1,746	1,644	1,525	1,587	1,705	1,690	1,658
18	1,786	1,517	1,593	1,415	1,632	1,587	1,670	1,506
19	1,792	1,650	1,572	1,478	1,677	1,462	1,681	1,530
20	1,851	1,633	1,622	1,522	1,730	1,677	1,734	1,611
21	1,957	1,509	1,711	1,447	1,783	1,717	1,817	1,558
22	2,046	1,605	1,796	1,719	1,842	1,586	1,895	1,637
23	2,092	1,978	1,842	1,751	1,926	1,683	1,953	1,804
24	2,118	1,815	1,836	2,027	2,014	1,629	1,989	1,824
25	2,111	1,903	1,805	1,633	2,021	1,963	1,979	1,833
26	2,073	1,765	1,770	1,428	1,939	1,678	1,928	1,624
27	1,999	1,558	1,780	1,618	1,876	1,528	1,885	1,568
28	1,875	1,516	1,870	1,543	1,901	1,542	1,882	1,534
29	1,773	1,635	1,983	1,589	1,965	1,677	1,907	1,634
30	1,771	2,027	2,036	1,782	2,030	1,811	1,945	1,873
31	1,882	1,987	2,027	1,938	2,062	2,004	1,990	1,977
32	2,037	1,842	1,983	1,799	2,015	1,763	2,012	1,802
33	2,134	1,837	1,890	1,682	1,921	1,774	1,982	1,764
34	2,154	1,612	1,789	1,600	1,821	1,567	1,922	1,593
35	2,130	1,639	1,731	1,735	1,759	1,532	1,874	1,635
36	2,068	1,568	1,741	1,846	1,761	1,772	1,856	1,729
37	2,007	1,612	1,804	1,651	1,764	1,725	1,858	1,663
38	2,008	2,126	1,864	1,848	1,726	1,503	1,866	1,826
39	1,989	1,764	1,881	1,595	1,670	1,471	1,847	1,610
40	1,936	1,623	1,850	1,770	1,647	1,491	1,811	1,628
41	1,908	1,816	1,791	1,700	1,664	1,516	1,788	1,678
42	1,935	1,906	1,734	1,465	1,712	1,753	1,794	1,708

APÊNDICE D

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
n	-----kg.s ⁻¹ -----							
43	1,991	1,629	1,695	1,613	1,771	1,533	1,819	1,592
44	2,025	1,849	1,670	1,540	1,815	1,441	1,837	1,610
45	1,960	1,791	1,660	1,573	1,820	1,383	1,813	1,582
46	1,806	1,538	1,678	1,406	1,794	1,371	1,759	1,439
47	1,643	1,367	1,706	1,472	1,769	1,493	1,706	1,444
48	1,538	1,443	1,706	1,482	1,777	1,563	1,673	1,496
49	1,536	1,604	1,681	1,488	1,779	1,755	1,665	1,616
50	1,638	1,451	1,654	1,303	1,753	1,565	1,682	1,440
51	1,764	1,493	1,593	1,347	1,733	1,607	1,696	1,482
52	1,800	1,661	1,407	1,521	1,664	1,366	1,624	1,516
53	1,712	1,479	1,116	1,569	1,552	1,394	1,460	1,480
54	1,560	1,478	0,842	1,520	1,396	1,427	1,266	1,475
55	1,501	1,480	0,832	1,221	1,226	1,380	1,186	1,360
56	1,625	1,193	0,941	0,983	1,190	1,080	1,252	1,085
57	1,413	1,230	1,053	0,878	1,285	1,109	1,250	1,072
58	1,057	1,128	1,084	0,884	1,261	0,913	1,134	0,975
59	0,642	0,962	1,086	1,043	1,066	1,223	0,931	1,076
60	0,244	1,075	1,088	0,823	0,825	1,093	0,719	0,997
61	0,348	1,120	1,090	0,750	0,676	1,165	0,704	1,011
62	0,926	0,977	1,048	0,784	0,145	1,182	0,706	0,981
63	1,523	1,034	0,863	1,135	0,160	1,090	0,848	1,086
64	1,713	1,172	0,558	1,009	0,191	1,058	0,821	1,079
65	0,645	1,104	0,301	0,933	0,214	0,700	0,387	0,912
66	0,552	0,998	0,223	0,651	0,222	0,395	0,332	0,681
67	0,154	0,636	0,272	0,291	0,209	0,229	0,212	0,385
68	0,315	0,213	0,245	0,319	0,169	0,000	0,243	0,178
69	0,362	0,244	0,021	0,240	0,134	0,229	0,172	0,238
70	0,006	0,401	0,015	0,000	0,041	0,147	0,021	0,183

APÊNDICE E

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	0,017	0,000	0,320	0,000	0,039	0,000	0,126	0,000
2	0,037	0,716	0,595	1,026	0,263	0,111	0,298	0,618
3	0,075	1,683	0,993	1,364	0,646	0,966	0,572	1,338
4	1,252	2,329	1,433	2,092	1,148	1,636	1,278	2,019
5	1,778	2,379	1,848	2,327	1,714	2,239	1,780	2,315
6	2,228	2,198	2,115	2,121	2,216	2,159	2,187	2,159
7	2,594	2,377	2,215	2,126	2,445	2,057	2,418	2,187
8	2,828	2,738	2,358	2,231	2,519	2,148	2,568	2,373
9	2,940	2,666	2,531	2,225	2,617	2,178	2,696	2,356
10	2,949	2,514	2,655	2,751	2,783	2,175	2,796	2,480
11	2,883	2,322	2,730	2,334	2,990	2,313	2,868	2,323
12	2,798	2,429	2,751	2,526	3,191	2,801	2,913	2,585
13	2,705	2,198	2,756	2,686	3,352	2,870	2,938	2,585
14	2,634	2,447	2,773	2,409	3,401	2,785	2,936	2,547
15	2,632	2,655	2,686	1,986	3,342	2,337	2,887	2,326
16	2,653	1,982	2,513	1,922	3,190	2,333	2,785	2,079
17	2,632	2,263	2,352	2,139	2,985	2,257	2,656	2,220
18	2,492	2,231	2,216	2,049	2,764	2,054	2,491	2,111
19	2,273	1,979	2,128	1,726	2,595	1,849	2,332	1,851
20	2,045	1,565	2,065	1,768	2,514	2,130	2,208	1,821
21	1,844	1,666	2,009	2,003	2,484	1,871	2,112	1,847
22	1,746	1,271	1,985	1,798	2,452	1,604	2,061	1,558
23	1,709	1,435	2,018	1,680	2,421	1,851	2,049	1,655
24	1,707	1,578	2,017	1,745	2,387	2,366	2,037	1,896
25	1,747	1,742	1,916	1,613	2,365	2,546	2,009	1,967
26	1,830	1,993	1,697	1,416	2,288	2,118	1,938	1,842
27	1,882	1,923	1,460	1,367	2,054	1,501	1,798	1,597
28	1,845	1,591	1,282	1,279	1,733	1,290	1,620	1,387
29	1,722	1,315	1,136	1,280	1,460	1,189	1,439	1,261
30	1,588	1,289	1,049	1,139	1,293	1,275	1,310	1,234
31	1,482	1,357	1,023	1,028	1,222	1,164	1,242	1,183
32	1,451	1,303	1,050	1,184	1,215	1,241	1,239	1,243
33	1,428	1,380	1,084	1,083	1,266	1,208	1,259	1,224
34	1,372	1,436	1,141	1,289	1,353	1,315	1,289	1,347
35	1,289	1,348	1,211	1,463	1,454	1,514	1,318	1,442
36	1,227	1,456	1,226	1,358	1,521	1,485	1,325	1,433
37	1,256	1,260	1,147	1,245	1,542	1,653	1,315	1,386
38	1,307	1,251	1,005	1,211	1,484	1,664	1,265	1,375
39	1,338	1,399	0,879	0,781	1,272	1,334	1,163	1,171
40	1,334	1,524	0,784	0,829	0,979	1,019	1,032	1,124
41	1,292	1,357	0,715	0,764	0,787	0,710	0,931	0,943
42	1,165	1,187	0,655	0,791	0,713	0,742	0,844	0,907

APÊNDICE E

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
n	-----kg.s ⁻¹ -----							
43	0,987	0,789	0,566	0,510	0,664	0,605	0,739	0,634
44	0,786	0,609	0,481	0,445	0,597	0,405	0,621	0,486
45	0,638	0,558	0,425	0,455	0,503	0,414	0,522	0,476
46	0,570	0,695	0,413	0,580	0,455	0,631	0,479	0,635
47	0,521	0,619	0,440	0,650	0,444	0,606	0,469	0,625
48	0,499	0,550	0,461	0,547	0,425	0,434	0,462	0,510
49	0,527	0,390	0,486	0,677	0,389	0,134	0,467	0,400
50	0,568	0,617	0,501	0,689	0,363	0,146	0,477	0,484
51	0,592	0,807	0,513	0,553	0,390	0,168	0,498	0,509
52	0,573	0,946	0,504	0,503	0,492	0,164	0,523	0,537
53	0,527	0,827	0,497	0,449	0,600	0,581	0,541	0,619
54	0,538	0,728	0,505	0,714	0,630	0,654	0,558	0,699
55	0,581	0,703	0,499	0,696	0,567	0,445	0,549	0,615
56	0,613	0,600	0,494	0,677	0,456	0,490	0,521	0,589
57	0,592	0,492	0,474	0,620	0,393	0,446	0,486	0,519
58	0,500	0,135	0,435	0,405	0,378	0,539	0,437	0,359
59	0,361	0,082	0,392	0,167	0,300	0,430	0,351	0,226
60	0,235	0,098	0,341	0,000	0,189	0,243	0,255	0,113
61	0,165	0,000	0,277	0,132	0,123	0,000	0,188	0,044
62	0,103	0,000	0,191	0,153	0,120	0,187	0,138	0,113
63	0,043	0,027	0,116	0,088	0,132	0,083	0,097	0,066
64	0,008	0,000	0,072	0,000	0,148	0,215	0,076	0,072
65	0,007	0,122	0,068	0,000	0,151	0,000	0,075	0,041
66	0,011	0,123	0,077	0,187	0,130	0,000	0,073	0,103
67	0,034	0,000	0,052	0,000	0,100	0,049	0,062	0,016
68	0,047	0,000	0,057	0,000	0,102	0,000	0,069	0,000
69	0,060	0,000	0,077	0,000	0,119	0,000	0,085	0,000
70	0,047	0,000	0,062	0,000	0,107	0,016	0,072	0,005

APÊNDICE F

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	1,730	1,878	1,380	1,560	1,993	1,718	1,701	1,719
2	1,804	1,871	1,445	1,506	1,956	1,932	1,735	1,770
3	1,839	1,916	1,489	1,570	1,891	1,642	1,740	1,709
4	1,861	2,086	1,529	1,547	1,816	1,807	1,735	1,813
5	1,878	1,960	1,553	1,508	1,750	1,741	1,727	1,736
6	1,876	1,932	1,552	1,544	1,702	1,649	1,710	1,708
7	1,846	1,939	1,530	1,525	1,673	1,852	1,683	1,772
8	1,805	1,968	1,501	1,511	1,651	1,595	1,652	1,691
9	1,755	1,923	1,480	1,505	1,635	1,652	1,623	1,693
10	1,689	1,738	1,489	1,582	1,632	1,693	1,603	1,671
11	1,629	1,827	1,511	1,461	1,642	1,867	1,594	1,718
12	1,613	1,772	1,526	1,683	1,653	1,534	1,598	1,663
13	1,613	1,850	1,550	1,562	1,654	1,666	1,606	1,693
14	1,611	1,814	1,575	1,644	1,646	1,672	1,610	1,710
15	1,612	2,027	1,580	1,674	1,627	1,687	1,606	1,796
16	1,596	1,668	1,562	1,754	1,594	1,659	1,584	1,694
17	1,527	1,545	1,502	1,554	1,540	1,572	1,523	1,557
18	1,396	1,503	1,405	1,117	1,464	1,590	1,422	1,403
19	1,250	1,313	1,295	1,105	1,370	1,232	1,305	1,217
20	1,154	1,432	1,213	1,109	1,269	1,181	1,212	1,241
21	1,157	1,315	1,163	0,974	1,184	0,933	1,168	1,074
22	1,221	1,425	1,116	0,895	1,137	1,138	1,158	1,153
23	1,292	1,302	1,068	0,962	1,134	1,381	1,165	1,215
24	1,301	1,259	1,046	0,902	1,155	1,373	1,167	1,178
25	1,228	1,407	1,064	1,256	1,175	1,169	1,155	1,278
26	1,178	1,327	1,112	1,370	1,175	1,159	1,155	1,285
27	1,151	1,351	1,169	1,306	1,155	1,109	1,158	1,255
28	1,118	1,162	1,201	1,230	1,116	1,071	1,145	1,154
29	1,080	1,106	1,202	1,262	1,082	1,423	1,121	1,264
30	1,040	1,378	1,182	1,232	1,055	1,076	1,092	1,229
31	1,004	1,188	1,134	1,405	1,027	1,210	1,055	1,268
32	0,963	1,104	1,059	0,748	1,005	1,027	1,009	0,960
33	0,905	0,848	0,967	0,498	0,993	1,007	0,955	0,784
34	0,851	0,686	0,872	0,640	0,977	0,996	0,900	0,774
35	0,801	0,770	0,783	0,000	0,942	0,803	0,842	0,524
36	0,770	0,770	0,710	0,536	0,894	0,916	0,791	0,741
37	0,780	0,693	0,660	0,000	0,841	0,750	0,760	0,481
38	0,790	0,782	0,631	0,095	0,782	0,762	0,734	0,547
39	0,773	0,742	0,615	0,000	0,734	0,495	0,707	0,412
40	0,751	0,709	0,603	0,022	0,716	0,000	0,690	0,244
41	0,753	0,831	0,599	0,000	0,728	0,523	0,693	0,451
42	0,790	0,773	0,604	0,000	0,751	0,686	0,715	0,486

APÊNDICE F

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
n	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$							
43	0,859	1,051	0,614	0,431	0,770	0,842	0,747	0,775
44	0,929	0,997	0,623	0,000	0,784	0,907	0,779	0,635
45	0,972	1,145	0,631	0,583	0,790	0,801	0,798	0,843
46	0,970	0,937	0,635	0,173	0,787	1,068	0,797	0,726
47	0,908	0,795	0,627	0,194	0,782	0,998	0,772	0,662
48	0,784	0,749	0,596	0,000	0,761	0,896	0,714	0,548
49	0,633	0,000	0,541	0,000	0,721	0,399	0,631	0,133
50	0,496	0,000	0,471	0,000	0,656	0,000	0,541	0,000
51	0,414	0,000	0,403	0,000	0,568	0,000	0,462	0,000
52	0,378	0,000	0,346	0,000	0,483	0,000	0,402	0,000
53	0,361	0,000	0,307	0,000	0,406	0,000	0,358	0,000
54	0,349	0,000	0,288	0,000	0,351	0,000	0,329	0,000
55	0,337	0,000	0,281	0,000	0,320	0,000	0,313	0,000
56	0,328	0,000	0,288	0,000	0,304	0,000	0,307	0,000
57	0,321	0,000	0,304	0,000	0,305	0,000	0,310	0,000
58	0,325	0,000	0,323	0,000	0,308	0,000	0,319	0,000
59	0,337	0,000	0,339	0,000	0,315	0,000	0,331	0,000
60	0,341	0,000	0,359	0,000	0,323	0,000	0,341	0,000
61	0,342	0,000	0,381	0,000	0,317	0,000	0,347	0,000
62	0,345	0,000	0,395	0,000	0,302	0,000	0,347	0,000
63	0,331	0,000	0,387	0,000	0,287	0,000	0,335	0,000
64	0,294	0,000	0,356	0,000	0,271	0,000	0,307	0,000
65	0,248	0,000	0,315	0,000	0,252	0,000	0,272	0,000
66	0,204	0,000	0,274	0,000	0,226	0,000	0,235	0,000
67	0,171	0,000	0,232	0,000	0,200	0,000	0,201	0,000
68	0,149	0,000	0,195	0,000	0,173	0,000	0,172	0,000
69	0,123	0,000	0,161	0,000	0,133	0,000	0,139	0,000
70	0,097	0,000	0,125	0,000	0,103	0,000	0,108	0,000

APÊNDICE G

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e aumento de velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	0,011	0,000	0,122	0,000	0,093	0,000	0,075	0,000
2	0,005	0,000	0,186	0,000	0,112	0,000	0,101	0,000
3	0,017	0,000	0,117	0,000	0,012	0,000	0,049	0,000
4	0,021	0,000	0,081	0,000	0,019	0,000	0,041	0,000
5	0,011	0,000	0,052	0,000	0,039	0,000	0,034	0,000
6	0,021	0,000	0,037	0,000	0,024	0,000	0,027	0,000
7	0,036	0,000	0,027	0,000	0,031	0,000	0,031	0,000
8	0,022	0,000	0,031	0,000	0,045	0,000	0,033	0,000
9	0,010	0,000	0,025	0,000	0,027	0,000	0,021	0,000
10	0,006	0,000	0,021	0,000	0,006	0,000	0,011	0,000
11	0,010	0,000	0,020	0,000	0,006	0,000	0,012	0,000
12	0,009	0,000	0,025	0,000	0,006	0,000	0,013	0,000
13	0,012	0,000	0,029	0,000	0,021	0,000	0,021	0,000
14	0,024	0,000	0,011	0,000	0,011	0,000	0,016	0,000
15	0,026	0,000	0,053	0,000	0,015	0,000	0,031	0,000
16	0,012	0,000	0,104	0,000	0,016	0,000	0,044	0,000
17	0,018	0,000	0,132	0,000	0,056	0,000	0,069	0,000
18	0,020	0,000	0,165	0,000	0,047	0,000	0,077	0,000
19	0,013	0,000	0,182	0,000	0,014	0,000	0,070	0,000
20	0,030	0,000	0,159	0,000	0,061	0,000	0,083	0,000
21	0,026	0,000	0,088	0,000	0,012	0,000	0,042	0,000
22	0,009	0,000	0,020	0,000	0,007	0,000	0,012	0,000
23	0,027	0,000	0,021	0,000	0,017	0,000	0,021	0,000
24	0,008	0,000	0,013	0,000	0,020	0,000	0,014	0,000
25	0,041	0,000	0,015	0,000	0,002	0,000	0,020	0,000
26	0,035	0,000	0,026	0,352	0,019	0,000	0,027	0,117
27	0,107	0,000	0,018	0,443	0,037	0,000	0,054	0,148
28	0,264	0,000	0,116	0,476	0,029	0,000	0,136	0,159
29	0,397	0,525	0,248	0,000	0,119	0,000	0,255	0,175
30	0,477	0,420	0,374	0,609	0,299	0,000	0,384	0,343
31	0,479	0,000	0,500	0,640	0,491	0,676	0,490	0,439
32	0,529	0,688	0,666	0,634	0,668	0,479	0,621	0,601
33	0,630	0,740	0,912	0,513	0,784	0,973	0,775	0,742
34	0,686	0,875	1,149	0,566	0,834	0,713	0,890	0,718
35	0,691	0,258	1,239	0,578	0,822	0,623	0,917	0,486
36	0,734	0,714	1,098	0,414	0,767	0,625	0,866	0,584
37	0,901	0,875	0,898	0,416	0,791	1,113	0,863	0,802
38	1,109	1,195	0,811	1,184	0,896	0,687	0,939	1,022
39	1,274	1,587	0,881	1,311	1,080	1,438	1,079	1,445
40	1,399	1,473	1,063	1,559	1,291	1,431	1,251	1,488
41	1,550	1,403	1,231	1,342	1,459	1,659	1,413	1,468
42	1,680	1,740	1,324	1,373	1,607	1,489	1,537	1,534

APÊNDICE G

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e aumento de velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
n	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
43	1,766	1,724	1,380	1,363	1,771	1,522	1,639	1,536
44	1,834	2,226	1,364	1,236	1,899	1,745	1,699	1,735
45	1,864	1,645	1,331	1,295	1,918	1,764	1,704	1,568
46	1,861	1,805	1,314	1,595	1,900	1,739	1,692	1,713
47	1,852	1,787	1,367	1,602	1,938	1,749	1,719	1,713
48	1,859	1,579	1,500	1,827	1,959	1,857	1,773	1,754
49	1,942	1,898	1,671	1,722	2,040	1,824	1,884	1,815
50	2,093	2,090	1,782	1,883	2,202	2,050	2,026	2,008
51	2,251	2,417	1,895	1,920	2,371	2,224	2,172	2,187
52	2,412	2,403	2,055	2,101	2,546	2,562	2,337	2,355
53	2,533	2,297	2,162	1,852	2,684	2,390	2,459	2,180
54	2,599	2,502	2,223	2,407	2,747	2,379	2,523	2,429
55	2,577	2,715	2,288	1,806	2,782	2,525	2,549	2,349
56	2,528	2,047	2,348	2,377	2,791	2,533	2,556	2,319
57	2,541	2,546	2,351	2,269	2,773	2,274	2,555	2,363
58	2,674	2,598	2,328	2,003	2,761	2,569	2,588	2,390
59	2,862	2,573	2,326	1,943	2,813	2,408	2,667	2,308
60	3,056	2,942	2,366	2,379	2,873	2,360	2,765	2,560
61	3,203	2,873	2,479	2,791	2,984	2,833	2,889	2,833
62	3,308	3,037	2,676	2,545	3,096	2,604	3,027	2,729
63	3,398	2,773	2,871	2,926	3,287	2,947	3,185	2,882
64	3,466	2,845	3,005	2,662	3,351	2,883	3,274	2,797
65	3,564	3,273	3,131	2,740	3,415	2,894	3,370	2,969
66	3,553	3,335	3,225	3,132	3,528	3,260	3,436	3,242
67	3,309	2,723	3,293	3,304	3,520	2,998	3,374	3,008
68	2,866	2,560	3,271	2,701	3,282	2,699	3,140	2,653
69	2,293	1,518	3,126	1,806	2,760	2,222	2,726	1,849
70	1,781	0,786	2,910	0,686	2,082	1,423	2,258	0,965

APÊNDICE H

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
n	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	0,068	0,000	0,038	0,000	0,030	0,000	0,045	0,000
2	0,074	0,000	0,020	0,000	0,063	0,000	0,052	0,000
3	0,008	0,000	0,009	0,000	0,075	0,000	0,031	0,000
4	0,001	0,000	0,005	0,000	0,082	0,000	0,029	0,000
5	0,016	0,000	0,046	0,000	0,074	0,000	0,045	0,000
6	0,020	0,000	0,057	0,000	0,080	0,000	0,052	0,000
7	0,028	0,000	0,014	0,000	0,096	0,000	0,046	0,000
8	0,015	0,000	0,003	0,000	0,067	0,000	0,028	0,000
9	0,035	0,000	0,009	0,000	0,011	0,000	0,018	0,000
10	0,010	0,000	0,022	0,000	0,084	0,000	0,039	0,000
11	0,019	0,000	0,018	0,000	0,100	0,000	0,045	0,000
12	0,029	0,000	0,054	0,000	0,033	0,000	0,039	0,000
13	0,007	0,000	0,115	0,000	0,031	0,000	0,051	0,000
14	0,028	0,000	0,112	0,000	0,060	0,000	0,067	0,000
15	0,032	0,000	0,075	0,000	0,076	0,000	0,061	0,000
16	0,055	0,000	0,023	0,000	0,057	0,000	0,045	0,000
17	0,062	0,000	0,012	0,000	0,054	0,000	0,042	0,000
18	0,037	0,000	0,019	0,000	0,108	0,000	0,055	0,000
19	0,025	0,000	0,026	0,000	0,178	0,000	0,076	0,000
20	0,065	0,000	0,012	0,000	0,313	0,000	0,130	0,000
21	0,206	0,000	0,086	0,000	0,485	0,643	0,259	0,214
22	0,443	0,553	0,175	0,000	0,673	1,042	0,431	0,532
23	0,633	0,460	0,232	0,000	0,844	1,027	0,570	0,496
24	0,713	0,598	0,227	0,000	0,906	1,006	0,616	0,534
25	0,783	0,695	0,236	0,043	0,978	1,077	0,666	0,605
26	0,877	0,839	0,290	0,000	1,119	0,824	0,762	0,555
27	0,972	0,935	0,311	0,000	1,249	1,122	0,844	0,686
28	1,061	0,941	0,388	0,000	1,299	1,177	0,916	0,706
29	1,193	1,212	0,590	0,990	1,296	1,141	1,026	1,115
30	1,384	1,358	0,843	1,132	1,301	1,490	1,176	1,327
31	1,595	1,659	1,107	1,333	1,346	1,436	1,349	1,476
32	1,768	1,966	1,306	1,428	1,417	1,443	1,497	1,612
33	1,837	1,592	1,412	1,753	1,443	1,328	1,564	1,557
34	1,773	1,720	1,477	1,600	1,437	1,515	1,562	1,612
35	1,635	1,433	1,553	1,539	1,417	1,380	1,535	1,451
36	1,517	1,451	1,620	1,805	1,378	1,482	1,505	1,579
37	1,466	1,344	1,591	1,480	1,386	1,289	1,481	1,371
38	1,456	1,418	1,542	1,587	1,466	1,383	1,488	1,462
39	1,487	1,521	1,472	1,633	1,608	1,537	1,522	1,564
40	1,573	1,495	1,410	1,741	1,702	1,518	1,562	1,585
41	1,689	1,646	1,551	1,655	1,719	1,820	1,653	1,707
42	1,841	1,964	1,743	1,716	1,743	1,583	1,776	1,754

APÊNDICE H

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- kg.s^{-1} -----							
43	2,054	1,706	1,807	1,819	1,723	1,668	1,861	1,731
44	2,207	2,315	1,681	1,579	1,630	1,376	1,839	1,757
45	2,238	1,837	1,614	2,017	1,549	1,613	1,800	1,822
46	2,160	1,677	1,588	1,897	1,510	1,310	1,752	1,628
47	2,071	1,696	1,523	1,751	1,427	1,234	1,674	1,561
48	2,026	1,841	1,519	1,567	1,319	1,008	1,621	1,472
49	1,984	1,810	1,533	1,650	1,280	1,094	1,599	1,518
50	1,843	1,593	1,596	1,654	1,339	1,607	1,593	1,618
51	1,659	1,360	1,694	1,664	1,394	1,289	1,582	1,438
52	1,549	1,518	1,788	1,548	1,450	1,134	1,596	1,400
53	1,525	1,334	1,832	1,926	1,483	1,337	1,613	1,532
54	1,544	1,589	1,648	1,577	1,544	1,261	1,579	1,476
55	1,580	1,568	1,470	1,452	1,593	1,468	1,548	1,496
56	1,576	1,440	1,530	1,887	1,658	1,698	1,588	1,675
57	1,501	1,490	1,603	1,584	1,713	1,665	1,606	1,580
58	1,420	1,237	1,626	2,152	1,730	1,613	1,592	1,667
59	1,395	1,367	1,594	1,780	1,712	1,645	1,567	1,597
60	1,418	1,506	1,552	1,516	1,675	1,318	1,548	1,446
61	1,486	1,599	1,479	1,598	1,616	1,337	1,527	1,511
62	1,569	1,389	1,489	1,467	1,585	1,617	1,548	1,491
63	1,638	1,639	1,594	1,822	1,610	1,882	1,614	1,781
64	1,679	1,519	1,676	1,501	1,642	1,366	1,666	1,462
65	1,658	1,494	1,741	1,861	1,586	1,257	1,662	1,537
66	1,568	1,607	1,813	1,691	1,465	1,036	1,615	1,445
67	1,458	1,345	1,786	1,728	1,433	1,759	1,559	1,610
68	1,341	1,047	1,643	1,712	1,441	1,512	1,475	1,424
69	1,232	1,147	1,445	1,261	1,447	1,588	1,375	1,332
70	1,149	1,249	1,300	0,588	1,404	1,535	1,284	1,124

APÊNDICE I

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	0,007	0,000	0,002	0,000	0,011	0,000	0,006	0,000
2	0,010	0,000	0,004	0,000	0,054	0,000	0,022	0,000
3	0,038	0,000	0,001	0,000	0,075	0,000	0,038	0,000
4	0,063	0,000	0,010	0,000	0,073	0,000	0,049	0,000
5	0,048	0,000	0,012	0,000	0,046	0,000	0,035	0,000
6	0,015	0,000	0,010	0,000	0,026	0,000	0,017	0,000
7	0,020	0,000	0,008	0,000	0,015	0,000	0,014	0,000
8	0,019	0,000	0,004	0,000	0,006	0,000	0,010	0,000
9	0,002	0,000	0,007	0,000	0,011	0,000	0,006	0,000
10	0,008	0,000	0,018	0,000	0,039	0,000	0,022	0,000
11	0,035	0,000	0,015	0,000	0,010	0,000	0,020	0,000
12	0,124	0,000	0,012	0,000	0,047	0,000	0,061	0,000
13	0,234	0,000	0,063	0,000	0,115	0,000	0,137	0,000
14	0,327	0,000	0,133	0,000	0,189	0,000	0,216	0,000
15	0,431	0,465	0,215	0,000	0,289	0,000	0,312	0,155
16	0,554	0,585	0,307	0,578	0,395	0,137	0,419	0,433
17	0,632	0,720	0,382	0,352	0,443	0,000	0,486	0,357
18	0,670	0,456	0,431	0,000	0,430	0,257	0,510	0,238
19	0,692	0,708	0,465	0,401	0,411	0,348	0,523	0,485
20	0,676	0,661	0,483	0,000	0,416	0,544	0,525	0,402
21	0,601	0,602	0,477	0,568	0,420	0,000	0,499	0,390
22	0,516	0,419	0,449	0,397	0,447	0,384	0,471	0,400
23	0,451	0,376	0,412	0,444	0,492	0,000	0,452	0,273
24	0,409	0,071	0,402	0,353	0,509	0,404	0,440	0,276
25	0,449	0,000	0,450	0,000	0,499	0,000	0,466	0,000
26	0,592	0,740	0,556	0,000	0,507	0,508	0,551	0,416
27	0,773	1,048	0,702	0,702	0,568	0,298	0,681	0,683
28	0,907	0,882	0,844	1,089	0,656	0,707	0,802	0,893
29	0,996	1,080	0,972	1,233	0,751	0,868	0,906	1,060
30	1,054	1,456	1,061	1,307	0,831	0,991	0,982	1,251
31	1,057	1,161	1,087	1,026	0,891	0,746	1,011	0,978
32	1,002	0,938	1,066	0,748	0,937	0,879	1,002	0,855
33	0,951	0,796	1,029	0,742	0,991	0,735	0,990	0,758
34	0,940	0,805	1,012	1,049	1,070	1,212	1,007	1,022
35	0,968	1,164	1,004	1,502	1,101	1,563	1,024	1,410
36	0,995	1,453	0,989	0,920	1,035	1,019	1,006	1,131
37	1,003	1,132	0,977	0,639	0,943	0,438	0,975	0,737
38	1,004	0,562	1,009	0,919	0,903	0,707	0,972	0,730
39	1,054	0,813	1,068	1,327	0,907	1,065	1,010	1,068
40	1,155	1,359	1,115	1,190	0,940	1,170	1,070	1,240
41	1,278	1,365	1,134	0,694	0,984	1,056	1,132	1,038
42	1,385	1,430	1,171	1,029	1,064	1,081	1,207	1,180

APÊNDICE I

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com aumento do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
n	-----kg.s ⁻¹ -----							
43	1,469	1,728	1,244	1,468	1,176	1,151	1,297	1,449
44	1,529	1,594	1,320	1,499	1,331	1,354	1,394	1,482
45	1,571	1,524	1,376	1,381	1,526	1,712	1,491	1,539
46	1,605	1,668	1,410	1,374	1,703	1,697	1,573	1,580
47	1,640	1,790	1,424	1,390	1,824	1,538	1,629	1,572
48	1,691	1,733	1,411	1,361	1,915	1,656	1,672	1,583
49	1,743	1,671	1,381	1,431	1,979	1,787	1,701	1,630
50	1,793	1,748	1,348	1,278	2,001	1,883	1,714	1,636
51	1,850	1,786	1,320	1,328	1,987	1,965	1,719	1,693
52	1,929	1,935	1,298	1,449	1,931	1,569	1,719	1,651
53	2,004	1,921	1,281	1,093	1,845	1,634	1,710	1,549
54	1,999	1,730	1,283	1,185	1,799	1,684	1,694	1,533
55	1,928	1,549	1,298	1,408	1,803	1,738	1,677	1,565
56	1,877	1,723	1,327	1,426	1,836	1,618	1,680	1,589
57	1,881	1,752	1,372	1,362	1,879	1,735	1,710	1,616
58	1,931	1,691	1,428	1,105	1,932	1,670	1,764	1,489
59	1,987	1,816	1,502	1,657	1,957	1,847	1,816	1,773
60	2,028	1,937	1,583	1,661	1,980	1,806	1,864	1,801
61	2,052	1,893	1,656	1,725	2,025	1,643	1,911	1,754
62	2,075	2,136	1,706	1,539	2,114	2,012	1,965	1,896
63	2,108	1,750	1,748	1,336	2,222	2,353	2,026	1,813
64	2,150	1,892	1,810	1,593	2,300	1,881	2,087	1,788
65	2,222	2,017	1,908	1,824	2,334	2,066	2,155	1,969
66	2,315	2,455	2,042	1,864	2,328	1,970	2,228	2,096
67	2,361	2,677	2,186	1,978	2,342	2,032	2,296	2,229
68	2,284	1,962	2,301	2,322	2,352	2,388	2,312	2,224
69	2,130	1,986	2,348	1,916	2,324	1,933	2,267	1,945
70	1,983	1,794	2,314	1,881	2,288	2,038	2,195	1,904

APÊNDICE J

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
1	0,052	0,000	0,037	0,000	0,021	0,000	0,036	0,000
2	0,037	0,000	0,057	0,000	0,027	0,000	0,040	0,000
3	0,035	0,000	0,031	0,000	0,001	0,000	0,022	0,000
4	0,059	0,000	0,006	0,000	0,005	0,000	0,023	0,000
5	0,050	0,000	0,011	0,000	0,020	0,000	0,027	0,000
6	0,005	0,000	0,061	0,000	0,113	0,000	0,060	0,000
7	0,138	0,000	0,219	0,000	0,331	0,000	0,229	0,000
8	0,463	0,000	0,520	0,000	0,645	0,929	0,543	0,310
9	0,910	1,304	0,943	1,423	0,977	1,357	0,944	1,362
10	1,325	1,742	1,390	1,647	1,314	1,543	1,343	1,644
11	1,581	1,607	1,766	2,243	1,573	1,582	1,640	1,810
12	1,640	1,431	2,026	2,068	1,695	1,723	1,787	1,741
13	1,672	1,620	2,183	2,136	1,746	1,779	1,867	1,845
14	1,819	1,785	2,251	2,194	1,810	1,771	1,960	1,917
15	1,994	2,482	2,239	2,486	1,902	1,816	2,045	2,261
16	2,090	1,909	2,179	1,741	1,989	1,725	2,086	1,792
17	2,108	2,065	2,113	1,865	2,076	2,243	2,099	2,058
18	2,097	2,035	2,070	2,122	2,126	2,011	2,097	2,056
19	2,072	2,055	2,032	2,009	2,096	2,104	2,066	2,056
20	2,022	1,937	2,014	2,019	2,013	1,599	2,016	1,851
21	1,939	1,553	2,055	2,029	1,961	1,921	1,985	1,834
22	1,945	2,082	2,157	1,839	2,034	2,393	2,045	2,105
23	2,051	1,992	2,245	2,496	2,114	1,803	2,137	2,097
24	2,146	2,129	2,342	2,369	2,231	1,999	2,239	2,165
25	2,210	2,173	2,430	2,569	2,325	2,401	2,322	2,381
26	2,218	2,128	2,460	2,498	2,288	2,110	2,322	2,245
27	2,222	2,485	2,452	2,472	2,194	1,848	2,290	2,268
28	2,170	1,745	2,421	2,746	2,054	1,831	2,215	2,108
29	2,053	1,874	2,411	1,913	1,896	1,718	2,120	1,835
30	1,981	1,743	2,367	1,765	1,794	1,765	2,047	1,758
31	1,951	1,980	2,244	1,847	1,770	1,633	1,988	1,820
32	1,892	1,653	2,102	2,218	1,804	1,688	1,933	1,853
33	1,854	1,547	2,000	1,883	1,837	1,955	1,897	1,795
34	1,874	2,227	1,906	1,719	1,851	1,788	1,877	1,911
35	1,923	1,774	1,902	1,867	1,828	1,669	1,884	1,770
36	1,926	1,830	1,967	2,228	1,733	1,607	1,875	1,888
37	1,854	1,640	2,014	2,217	1,614	1,629	1,827	1,829
38	1,800	1,812	2,039	1,776	1,530	1,706	1,790	1,764
39	1,745	1,857	1,951	1,990	1,456	1,466	1,718	1,771
40	1,606	1,639	1,764	1,768	1,360	1,298	1,577	1,568
41	1,458	1,374	1,523	1,058	1,242	1,185	1,408	1,206
42	1,296	1,308	1,345	0,859	1,129	1,171	1,257	1,113

APÊNDICE J

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e aumento da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
n	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
43	1,185	1,323	1,374	1,594	1,060	1,068	1,207	1,328
44	1,169	1,308	1,482	1,776	1,114	1,013	1,255	1,366
45	1,278	1,197	1,584	1,598	1,275	1,472	1,379	1,422
46	1,493	1,552	1,660	1,417	1,444	1,675	1,532	1,548
47	1,661	1,735	1,652	1,637	1,566	1,827	1,626	1,733
48	1,676	1,537	1,564	1,894	1,597	1,560	1,612	1,664
49	1,570	1,574	1,424	1,491	1,413	1,433	1,469	1,499
50	1,406	1,253	1,300	1,246	1,101	0,929	1,269	1,143
51	1,344	1,319	1,162	0,835	0,866	0,538	1,124	0,897
52	1,359	1,364	1,024	0,801	0,826	0,874	1,070	1,013
53	1,405	1,549	0,914	1,130	0,865	1,109	1,061	1,263
54	1,377	1,500	0,856	0,830	0,948	1,082	1,060	1,137
55	1,311	1,447	0,871	0,841	1,012	1,386	1,065	1,225
56	1,189	1,109	0,924	0,878	1,051	0,836	1,054	0,941
57	1,014	0,859	0,956	1,202	1,018	1,062	0,996	1,041
58	0,823	0,864	0,925	1,009	0,981	1,185	0,910	1,020
59	0,581	0,346	0,811	0,753	0,857	1,072	0,750	0,724
60	0,376	0,000	0,647	0,000	0,679	0,482	0,567	0,161
61	0,227	0,000	0,487	0,429	0,438	0,000	0,384	0,143
62	0,211	0,000	0,330	0,000	0,257	0,000	0,266	0,000
63	0,137	0,000	0,205	0,000	0,171	0,000	0,171	0,000
64	0,097	0,000	0,131	0,000	0,158	0,000	0,129	0,000
65	0,101	0,000	0,101	0,000	0,078	0,000	0,093	0,000
66	0,106	0,000	0,093	0,000	0,007	0,000	0,069	0,000
67	0,037	0,000	0,057	0,000	0,027	0,000	0,040	0,000
68	0,035	0,000	0,031	0,000	0,001	0,000	0,022	0,000
69	0,059	0,000	0,006	0,000	0,005	0,000	0,023	0,000
70	0,005	0,000	0,061	0,000	0,113	0,000	0,060	0,000

APÊNDICE K

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	0,006	0,000	0,038	0,000	0,023	0,000	0,022	0,000
2	0,000	0,000	0,008	0,000	0,004	0,000	0,004	0,000
3	0,009	0,000	0,047	0,000	0,054	0,000	0,037	0,000
4	0,004	0,000	0,065	0,000	0,087	0,000	0,052	0,000
5	0,000	0,000	0,055	0,000	0,035	0,000	0,030	0,000
6	0,006	0,000	0,026	0,000	0,043	0,000	0,025	0,000
7	0,065	0,000	0,118	0,000	0,205	0,000	0,129	0,000
8	0,294	0,000	0,482	0,452	0,528	1,009	0,435	0,487
9	0,824	1,325	1,167	1,854	1,064	2,048	1,019	1,742
10	1,517	1,985	1,905	2,505	1,671	2,404	1,698	2,298
11	2,147	2,468	2,491	2,365	2,169	3,017	2,269	2,616
12	2,615	2,818	2,943	3,339	2,487	3,107	2,681	3,088
13	2,938	3,063	3,276	3,208	2,602	2,726	2,939	2,999
14	3,056	2,941	3,506	3,767	2,612	2,564	3,058	3,091
15	3,056	2,993	3,588	3,826	2,604	2,773	3,083	3,198
16	2,989	3,059	3,535	3,393	2,638	2,943	3,054	3,132
17	2,875	2,907	3,402	2,894	2,678	3,499	2,985	3,100
18	2,679	2,352	3,387	3,010	2,658	2,452	2,908	2,605
19	2,540	2,742	3,492	4,102	2,618	2,773	2,883	3,205
20	2,516	2,593	3,513	3,250	2,617	3,344	2,882	3,062
21	2,485	2,692	3,402	3,342	2,594	2,852	2,827	2,962
22	2,386	2,416	3,221	2,863	2,518	2,545	2,708	2,608
23	2,295	2,075	3,029	3,295	2,427	2,582	2,584	2,650
24	2,254	2,280	2,870	2,773	2,328	2,659	2,484	2,570
25	2,262	2,265	2,687	2,586	2,178	2,291	2,376	2,381
26	2,251	2,622	2,490	2,586	1,996	1,788	2,246	2,332
27	2,196	2,112	2,309	2,288	1,868	2,037	2,124	2,146
28	2,076	2,209	2,256	2,620	1,858	2,018	2,063	2,282
29	1,937	1,852	2,254	2,243	1,853	2,134	2,015	2,076
30	1,785	1,810	2,170	2,196	1,826	1,950	1,927	1,985
31	1,616	1,884	1,996	1,747	1,762	2,254	1,791	1,962
32	1,451	1,763	1,748	1,579	1,600	1,855	1,600	1,732
33	1,287	1,643	1,541	1,579	1,340	1,339	1,389	1,520
34	1,134	1,365	1,379	1,545	1,073	0,875	1,195	1,262
35	1,035	0,893	1,316	1,540	0,903	1,184	1,085	1,206
36	1,031	1,242	1,275	1,314	0,823	1,309	1,043	1,288
37	1,021	1,043	1,250	1,307	0,813	0,965	1,028	1,105
38	0,989	1,014	1,281	1,504	0,846	0,986	1,039	1,168
39	0,981	0,894	1,284	1,320	0,889	1,273	1,051	1,162
40	0,981	1,290	1,192	1,274	0,899	1,113	1,024	1,226
41	0,961	1,169	1,073	1,078	0,873	1,363	0,969	1,203
42	0,904	0,944	0,991	1,168	0,788	1,011	0,894	1,041

APÊNDICE K

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e diminuição da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
n	----- kg.s^{-1} -----							
43	0,876	1,296	0,970	1,061	0,669	0,323	0,838	0,893
44	0,812	1,105	0,979	1,373	0,583	0,464	0,791	0,981
45	0,750	0,771	0,941	0,905	0,549	0,729	0,747	0,802
46	0,690	0,534	0,846	0,939	0,521	0,770	0,686	0,748
47	0,599	0,089	0,748	0,866	0,503	0,377	0,616	0,444
48	0,517	0,585	0,649	0,719	0,484	0,000	0,550	0,435
49	0,471	0,000	0,560	0,478	0,478	0,469	0,503	0,316
50	0,441	0,000	0,482	0,021	0,474	0,384	0,466	0,135
51	0,403	0,000	0,407	0,000	0,508	0,500	0,439	0,167
52	0,372	0,040	0,406	0,577	0,548	0,479	0,442	0,365
53	0,356	0,000	0,448	0,373	0,523	0,547	0,442	0,307
54	0,386	0,000	0,507	0,000	0,455	0,376	0,449	0,125
55	0,472	0,538	0,525	0,000	0,371	0,000	0,456	0,179
56	0,545	0,817	0,607	0,675	0,308	0,000	0,487	0,497
57	0,546	0,410	0,695	1,169	0,236	0,000	0,492	0,527
58	0,481	0,000	0,676	0,391	0,170	0,000	0,442	0,130
59	0,359	0,000	0,484	0,000	0,161	0,000	0,335	0,000
60	0,242	0,000	0,265	0,000	0,210	0,000	0,239	0,000
61	0,129	0,000	0,174	0,000	0,257	0,000	0,187	0,000
62	0,075	0,000	0,182	0,000	0,284	0,000	0,180	0,000
63	0,055	0,000	0,145	0,000	0,285	0,000	0,161	0,000
64	0,072	0,000	0,096	0,000	0,264	0,000	0,144	0,000
65	0,083	0,000	0,079	0,000	0,221	0,000	0,128	0,000
66	0,093	0,000	0,082	0,000	0,156	0,000	0,110	0,000
67	0,097	0,000	0,082	0,000	0,095	0,000	0,091	0,000
68	0,085	0,000	0,022	0,000	0,051	0,000	0,053	0,000
69	0,036	0,000	0,022	0,000	0,019	0,000	0,026	0,000
70	0,017	0,000	0,001	0,000	0,017	0,000	0,012	0,000

APÊNDICE L

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
1	1,936	1,793	2,134	1,992	1,750	1,977	1,940	1,921
2	1,971	1,945	2,133	1,823	1,859	1,807	1,988	1,858
3	2,043	2,062	2,175	2,100	1,899	2,085	2,039	2,082
4	2,127	2,074	2,237	2,278	1,862	1,866	2,076	2,073
5	2,183	2,049	2,300	2,147	1,781	1,718	2,088	1,971
6	2,199	2,171	2,332	2,249	1,678	1,519	2,070	1,979
7	2,186	2,204	2,304	2,221	1,568	1,528	2,019	1,984
8	2,112	2,256	2,200	2,181	1,506	1,529	1,939	1,989
9	2,050	2,182	2,071	2,061	1,530	1,778	1,883	2,007
10	1,980	1,851	1,975	1,649	1,600	1,604	1,852	1,701
11	1,844	1,702	1,968	1,860	1,648	1,701	1,820	1,754
12	1,708	1,548	2,035	2,291	1,632	1,617	1,791	1,819
13	1,584	1,638	2,091	1,943	1,564	1,528	1,747	1,703
14	1,517	1,730	2,099	2,075	1,458	1,619	1,691	1,808
15	1,458	1,541	2,055	1,833	1,335	1,150	1,616	1,508
16	1,362	1,403	1,969	1,759	1,230	0,882	1,521	1,348
17	1,313	1,585	1,866	1,763	1,191	1,396	1,457	1,581
18	1,314	1,343	1,777	1,746	1,221	1,598	1,437	1,562
19	1,336	1,520	1,723	1,697	1,269	1,347	1,443	1,521
20	1,337	1,315	1,686	1,618	1,276	1,346	1,433	1,426
21	1,292	1,129	1,659	1,557	1,251	1,406	1,401	1,364
22	1,254	1,281	1,629	1,669	1,225	1,312	1,369	1,421
23	1,216	1,170	1,610	1,738	1,204	1,547	1,343	1,485
24	1,148	1,277	1,590	1,582	1,176	1,320	1,304	1,393
25	1,067	1,344	1,583	1,657	1,150	1,336	1,267	1,446
26	1,016	1,164	1,558	1,415	1,106	1,373	1,227	1,317
27	0,971	1,089	1,534	1,528	1,025	0,916	1,177	1,178
28	0,976	0,799	1,478	1,789	0,922	1,010	1,125	1,199
29	1,032	1,277	1,372	1,594	0,811	0,588	1,072	1,153
30	1,079	1,458	1,229	1,110	0,728	0,621	1,012	1,063
31	1,081	0,848	1,092	0,907	0,680	0,542	0,951	0,766
32	0,970	0,710	0,993	1,194	0,665	0,607	0,876	0,837
33	0,869	0,594	0,966	0,908	0,655	0,803	0,830	0,768
34	0,829	0,944	0,997	1,070	0,644	0,647	0,824	0,887
35	0,837	1,027	1,004	1,041	0,648	0,000	0,830	0,689
36	0,817	0,793	0,975	1,126	0,668	0,662	0,820	0,861
37	0,749	0,250	0,922	1,144	0,700	0,857	0,790	0,750
38	0,749	0,715	0,871	0,718	0,742	0,810	0,787	0,747
39	0,819	0,969	0,865	0,970	0,793	0,511	0,826	0,816
40	0,863	0,964	0,923	0,981	0,863	1,216	0,883	1,054
41	0,914	0,877	1,010	1,286	0,947	1,097	0,957	1,087
42	0,939	0,887	1,063	1,000	1,010	1,104	1,004	0,997

APÊNDICE L

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com diminuição do fluxo de grãos e manutenção da velocidade de deslocamento da colhedora em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

Fluxo de Grãos na Colhedora								
n	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	kg.s^{-1}							
43	0,871	0,919	1,069	1,211	1,038	1,318	0,992	1,149
44	0,746	0,414	1,022	1,171	1,014	1,234	0,927	0,940
45	0,626	0,379	0,915	1,025	0,945	0,960	0,829	0,788
46	0,545	0,422	0,751	0,138	0,857	0,720	0,717	0,427
47	0,524	0,558	0,589	0,346	0,767	0,504	0,627	0,470
48	0,511	0,224	0,474	0,323	0,694	0,703	0,560	0,416
49	0,477	0,534	0,421	0,437	0,635	0,649	0,511	0,540
50	0,495	0,000	0,419	0,446	0,613	0,761	0,509	0,402
51	0,570	0,523	0,427	0,677	0,626	0,793	0,541	0,665
52	0,603	0,466	0,404	0,420	0,627	0,685	0,545	0,524
53	0,620	0,507	0,383	0,000	0,586	0,569	0,530	0,359
54	0,652	0,423	0,378	0,000	0,543	0,239	0,525	0,220
55	0,689	0,702	0,383	0,336	0,504	0,505	0,525	0,514
56	0,673	0,531	0,409	0,367	0,477	0,621	0,520	0,506
57	0,674	0,737	0,453	0,000	0,458	0,564	0,528	0,434
58	0,642	0,000	0,495	0,494	0,437	0,000	0,525	0,165
59	0,566	0,610	0,526	0,761	0,426	0,000	0,506	0,457
60	0,509	0,677	0,496	0,474	0,410	0,000	0,472	0,384
61	0,423	0,000	0,379	0,364	0,382	0,375	0,394	0,246
62	0,322	0,000	0,260	0,000	0,332	0,328	0,305	0,109
63	0,235	0,000	0,178	0,000	0,275	0,000	0,229	0,000
64	0,162	0,000	0,113	0,000	0,223	0,000	0,166	0,000
65	0,108	0,000	0,069	0,000	0,178	0,000	0,118	0,000
66	0,064	0,000	0,055	0,000	0,131	0,000	0,084	0,000
67	0,069	0,000	0,070	0,000	0,097	0,000	0,078	0,000
68	0,060	0,000	0,081	0,000	0,074	0,000	0,071	0,000
69	0,031	0,000	0,077	0,000	0,053	0,000	0,054	0,000
70	0,019	0,000	0,074	0,000	0,034	0,000	0,042	0,000

APÊNDICE M

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
1	0,040	0,000	0,032	0,000	0,063	0,000	0,045	0,000
2	0,070	0,000	0,156	0,000	0,159	0,000	0,128	0,000
3	0,347	0,000	0,401	0,000	0,359	0,000	0,369	0,000
4	0,765	1,285	0,725	0,676	0,645	0,959	0,712	0,973
5	1,198	1,657	1,063	1,475	0,948	1,450	1,070	1,528
6	1,513	1,649	1,368	1,836	1,229	1,632	1,370	1,706
7	1,728	1,894	1,591	1,822	1,422	1,598	1,580	1,771
8	1,862	1,962	1,741	1,931	1,522	1,827	1,708	1,907
9	1,926	1,861	1,824	1,741	1,571	1,757	1,774	1,786
10	1,931	1,977	1,862	2,128	1,594	1,782	1,796	1,962
11	1,910	2,116	1,897	1,856	1,643	1,745	1,816	1,906
12	1,884	2,042	1,935	1,895	1,735	1,835	1,851	1,924
13	1,863	1,994	1,968	2,040	1,794	1,968	1,875	2,001
14	1,848	1,932	1,973	2,074	1,790	1,832	1,870	1,946
15	1,854	1,847	1,941	2,016	1,719	1,855	1,838	1,906
16	1,853	1,909	1,901	1,936	1,643	1,722	1,799	1,856
17	1,818	1,865	1,869	2,038	1,606	1,782	1,764	1,895
18	1,779	1,889	1,848	1,898	1,618	1,743	1,749	1,843
19	1,797	1,919	1,835	1,950	1,634	1,693	1,755	1,854
20	1,841	1,902	1,833	1,955	1,632	1,596	1,769	1,818
21	1,853	2,178	1,849	1,811	1,592	1,654	1,765	1,881
22	1,868	2,022	1,882	1,918	1,524	1,576	1,758	1,839
23	1,880	2,045	1,918	2,097	1,460	1,431	1,752	1,858
24	1,856	1,931	1,948	2,057	1,444	1,555	1,749	1,847
25	1,786	1,971	1,987	2,024	1,463	1,446	1,745	1,814
26	1,723	1,996	2,025	2,068	1,475	1,530	1,741	1,865
27	1,710	1,781	2,053	2,106	1,464	1,526	1,742	1,805
28	1,747	1,913	2,047	2,096	1,389	1,638	1,728	1,882
29	1,781	2,030	1,974	2,047	1,218	1,485	1,658	1,854
30	1,697	1,804	1,866	2,108	0,948	1,082	1,504	1,665
31	1,406	1,415	1,723	2,074	0,651	0,000	1,260	1,163
32	1,024	0,859	1,515	1,804	0,418	0,000	0,986	0,888
33	0,672	0,000	1,208	1,302	0,283	0,000	0,721	0,434
34	0,394	0,000	0,871	0,711	0,252	0,000	0,506	0,237
35	0,240	0,000	0,608	0,000	0,348	0,000	0,399	0,000
36	0,217	0,000	0,439	0,000	0,563	0,448	0,406	0,149
37	0,329	0,000	0,412	0,000	0,809	1,093	0,516	0,364
38	0,557	0,605	0,526	0,000	1,019	1,354	0,701	0,653
39	0,887	1,433	0,730	0,850	1,193	1,550	0,937	1,278
40	1,211	1,857	0,998	1,444	1,351	1,626	1,187	1,642
41	1,456	1,760	1,290	1,712	1,463	1,648	1,403	1,706
42	1,622	1,651	1,536	1,873	1,518	1,607	1,559	1,710
43	1,719	1,860	1,724	1,801	1,541	1,768	1,661	1,810
44	1,769	1,870	1,855	1,998	1,554	1,730	1,726	1,866

APÊNDICE M

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continuação)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
45	1,821	2,012	1,917	1,896	1,566	1,620	1,768	1,842
46	1,883	2,068	1,928	1,998	1,570	1,685	1,794	1,917
47	1,915	2,203	1,899	1,898	1,551	1,661	1,789	1,920
48	1,894	1,927	1,853	1,734	1,535	1,606	1,761	1,756
49	1,809	1,890	1,808	1,916	1,553	1,691	1,723	1,832
50	1,738	1,900	1,770	1,702	1,594	1,729	1,700	1,777
51	1,699	1,859	1,749	1,688	1,654	1,713	1,701	1,753
52	1,698	2,081	1,760	1,683	1,717	1,665	1,725	1,810
53	1,727	2,117	1,793	1,961	1,759	1,641	1,760	1,906
54	1,776	2,033	1,839	2,107	1,803	1,780	1,806	1,973
55	1,821	1,852	1,886	1,994	1,805	1,799	1,837	1,882
56	1,713	1,486	1,935	2,029	1,734	1,750	1,794	1,755
57	1,511	1,540	1,994	2,064	1,578	1,744	1,694	1,783
58	1,353	1,758	2,016	2,140	1,302	1,554	1,557	1,817
59	1,217	1,626	1,986	2,123	0,930	0,640	1,378	1,463
60	0,993	1,045	1,882	2,040	0,572	0,000	1,149	1,028
61	0,698	0,478	1,669	1,890	0,300	0,000	0,889	0,789
62	0,451	0,000	1,355	1,319	0,150	0,000	0,652	0,440
63	0,289	0,000	0,989	0,851	0,107	0,000	0,462	0,284
64	0,152	0,000	0,643	0,000	0,094	0,000	0,296	0,000
65	0,024	0,000	0,360	0,000	0,072	0,000	0,152	0,000
66	0,062	0,000	0,166	0,000	0,060	0,000	0,096	0,000
67	0,085	0,000	0,065	0,000	0,064	0,000	0,071	0,000
68	0,040	0,000	0,013	0,000	0,129	0,000	0,061	0,000
69	0,065	0,000	0,006	0,000	0,264	0,000	0,112	0,000
70	0,206	0,000	0,015	0,000	0,495	0,000	0,238	0,000
71	0,422	0,000	0,088	0,000	0,805	1,216	0,439	0,405
72	0,754	0,899	0,217	0,000	1,126	1,545	0,699	0,815
73	1,145	1,534	0,421	0,000	1,400	1,822	0,988	1,119
74	1,519	1,889	0,728	0,801	1,591	1,905	1,279	1,532
75	1,804	2,098	1,080	1,605	1,698	2,009	1,527	1,904
76	1,964	2,294	1,399	1,787	1,743	1,986	1,702	2,022
77	2,064	2,204	1,633	1,887	1,711	1,877	1,803	1,989
78	2,112	2,153	1,770	1,834	1,649	1,755	1,844	1,914
79	2,128	2,091	1,833	1,777	1,605	1,793	1,855	1,887
80	2,099	2,230	1,848	1,994	1,568	1,723	1,838	1,982
81	2,036	2,102	1,870	1,872	1,545	1,765	1,817	1,913
82	1,964	2,070	1,898	1,872	1,557	1,724	1,806	1,889
83	1,937	2,175	1,920	1,954	1,571	1,714	1,809	1,948
84	1,982	2,055	1,930	1,927	1,576	1,837	1,830	1,940
85	2,024	2,169	1,929	1,812	1,584	1,864	1,846	1,948
86	2,026	2,258	1,945	2,042	1,621	1,877	1,864	2,059
87	2,030	2,261	1,972	1,909	1,702	1,926	1,901	2,032

APÊNDICE M

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continuação)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
88	2,034	1,991	1,989	1,930	1,782	1,928	1,935	1,949
89	2,037	2,087	1,999	2,087	1,831	1,897	1,956	2,024
90	2,063	2,122	2,017	1,983	1,811	2,052	1,964	2,052
91	2,117	2,139	2,029	1,922	1,648	1,936	1,931	1,999
92	2,094	2,196	2,055	2,053	1,342	1,538	1,830	1,929
93	1,976	2,096	2,093	2,232	0,949	0,752	1,673	1,693
94	1,707	1,901	2,098	1,977	0,575	0,000	1,460	1,293
95	1,305	1,041	2,052	1,932	0,312	0,000	1,223	0,991
96	0,831	0,000	1,911	1,978	0,182	0,000	0,975	0,659
97	0,422	0,000	1,638	1,791	0,123	0,000	0,727	0,597
98	0,185	0,000	1,259	1,272	0,074	0,000	0,506	0,424
99	0,089	0,000	0,857	0,496	0,044	0,000	0,330	0,165
100	0,069	0,000	0,528	0,000	0,040	0,000	0,213	0,000
101	0,085	0,000	0,311	0,000	0,051	0,000	0,149	0,000
102	0,130	0,000	0,175	0,000	0,060	0,000	0,122	0,000
103	0,139	0,000	0,091	0,000	0,065	0,000	0,098	0,000
104	0,115	0,000	0,052	0,000	0,029	0,000	0,065	0,000
105	0,064	0,000	0,050	0,000	0,034	0,000	0,049	0,000
106	0,022	0,000	0,057	0,000	0,062	0,000	0,047	0,000
107	0,008	0,000	0,055	0,000	0,003	0,000	0,022	0,000
108	0,007	0,000	0,045	0,000	0,124	0,000	0,059	0,000
109	0,009	0,000	0,037	0,000	0,335	0,000	0,127	0,000
110	0,118	0,000	0,035	0,000	0,607	0,728	0,254	0,243
111	0,319	0,000	0,022	0,000	0,888	1,233	0,410	0,411
112	0,651	0,874	0,002	0,000	1,150	1,471	0,601	0,782
113	1,033	1,468	0,003	0,000	1,357	1,641	0,798	1,036
114	1,334	1,811	0,061	0,000	1,523	1,726	0,973	1,179
115	1,587	1,726	0,177	0,000	1,638	1,808	1,134	1,178
116	1,731	1,834	0,355	0,000	1,701	1,894	1,263	1,243
117	1,836	2,158	0,612	0,555	1,721	1,854	1,389	1,522
118	1,925	1,929	0,927	1,268	1,721	1,704	1,524	1,633
119	1,928	2,006	1,246	1,575	1,728	2,016	1,634	1,866
120	1,880	1,925	1,510	1,789	1,721	1,924	1,704	1,879
121	1,875	2,088	1,694	1,748	1,735	2,011	1,768	1,949
122	1,895	2,084	1,789	1,760	1,749	1,794	1,811	1,879
123	1,974	2,067	1,807	1,657	1,754	1,822	1,845	1,849
124	2,038	2,164	1,758	1,545	1,775	2,168	1,857	1,959
125	2,122	2,150	1,679	1,646	1,809	1,938	1,870	1,911
126	2,145	2,081	1,610	1,627	1,820	1,874	1,858	1,861
127	2,054	1,976	1,539	1,595	1,777	1,805	1,790	1,792
128	2,019	2,181	1,461	1,528	1,684	2,004	1,721	1,904
129	2,082	2,150	1,389	1,318	1,518	1,602	1,663	1,690
130	2,133	2,145	1,341	1,130	1,296	1,556	1,590	1,610
131	2,147	2,220	1,324	1,324	1,038	1,316	1,503	1,620

APÊNDICE M

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- kg.s^{-1} -----							
132	2,071	2,179	1,348	1,387	0,738	0,426	1,386	1,331
133	1,785	2,032	1,395	1,369	0,465	0,000	1,215	1,134
134	1,355	1,236	1,454	1,453	0,282	0,000	1,030	0,896
135	0,878	0,000	1,511	1,581	0,190	0,000	0,860	0,527
136	0,469	0,000	1,555	1,769	0,127	0,000	0,717	0,590
137	0,185	0,000	1,537	1,721	0,089	0,000	0,604	0,574
138	0,079	0,000	1,407	1,569	0,095	0,000	0,527	0,523
139	0,102	0,000	1,164	1,365	0,099	0,000	0,455	0,455
140	0,151	0,000	0,862	0,596	0,073	0,000	0,362	0,199
141	0,158	0,000	0,578	0,000	0,015	0,000	0,250	0,000
142	0,117	0,000	0,368	0,000	0,031	0,000	0,172	0,000
143	0,053	0,000	0,228	0,000	0,061	0,000	0,114	0,000
144	0,004	0,000	0,151	0,000	0,075	0,000	0,077	0,000
145	0,026	0,000	0,116	0,000	0,082	0,000	0,075	0,000
146	0,039	0,000	0,100	0,000	0,073	0,000	0,071	0,000
147	0,026	0,000	0,083	0,000	0,040	0,000	0,050	0,000
148	0,018	0,000	0,077	0,000	0,102	0,000	0,065	0,000
149	0,012	0,000	0,078	0,000	0,086	0,000	0,059	0,000
150	0,037	0,000	0,079	0,000	0,057	0,000	0,058	0,000
151	0,033	0,000	0,054	0,000	0,041	0,000	0,043	0,000
152	0,013	0,000	0,017	0,000	0,066	0,000	0,032	0,000
153	0,006	0,000	0,000	0,000	0,169	0,000	0,058	0,000
154	0,012	0,000	0,005	0,000	0,391	0,000	0,136	0,000
155	0,100	0,000	0,017	0,000	0,680	0,859	0,266	0,286
156	0,296	0,000	0,015	0,000	0,966	1,286	0,426	0,429
157	0,616	0,810	0,008	0,000	1,164	1,685	0,596	0,832
158	0,964	1,486	0,032	0,000	1,301	1,758	0,766	1,081
159	1,231	1,650	0,028	0,000	1,405	1,747	0,888	1,132
160	1,395	1,479	0,004	0,000	1,458	1,669	0,952	1,049
161	1,465	1,541	0,043	0,000	1,477	1,495	0,995	1,012
162	1,472	1,402	0,175	0,000	1,508	1,667	1,052	1,023
163	1,473	1,409	0,420	0,000	1,567	1,741	1,153	1,050
164	1,484	1,615	0,738	0,928	1,626	1,836	1,282	1,460
165	1,518	1,571	1,072	1,444	1,684	2,036	1,425	1,684
166	1,551	1,536	1,380	1,741	1,740	1,944	1,557	1,740
167	1,568	1,527	1,588	1,826	1,795	1,964	1,650	1,773
168	1,547	1,548	1,698	1,803	1,832	2,176	1,692	1,842
169	1,518	1,501	1,737	1,628	1,875	2,111	1,710	1,747
170	1,559	1,613	1,712	1,591	1,889	1,954	1,720	1,719
171	1,675	1,767	1,650	1,609	1,921	2,175	1,748	1,850
172	1,790	1,825	1,580	1,593	1,978	2,218	1,782	1,879
173	1,808	1,634	1,549	1,543	1,993	2,249	1,783	1,809
174	1,730	1,515	1,529	1,859	1,926	2,159	1,728	1,844
175	1,622	1,668	1,496	1,556	1,745	1,939	1,621	1,721

APÊNDICE N

Fluxo de grãos (kg.s^{-1}) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continua)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
1	0,073	0,000	0,088	0,000	0,049	0,000	0,070	0,000
2	0,103	0,000	0,162	0,000	0,053	0,000	0,106	0,000
3	0,038	0,000	0,101	0,000	0,010	0,000	0,050	0,000
4	0,010	0,000	0,021	0,000	0,005	0,000	0,012	0,000
5	0,030	0,000	0,043	0,000	0,019	0,000	0,030	0,000
6	0,018	0,000	0,071	0,000	0,009	0,000	0,033	0,000
7	0,009	0,000	0,065	0,000	0,081	0,000	0,052	0,000
8	0,098	0,000	0,009	0,000	0,286	0,000	0,131	0,000
9	0,303	0,000	0,182	0,882	0,598	0,000	0,361	0,294
10	0,639	0,000	0,451	1,407	0,981	0,855	0,690	0,754
11	1,037	0,902	0,800	1,555	1,413	1,393	1,083	1,283
12	1,396	1,549	1,155	1,732	1,761	1,946	1,437	1,742
13	1,677	1,714	1,443	1,796	1,934	2,052	1,685	1,854
14	1,849	2,058	1,645	1,635	1,995	1,889	1,830	1,861
15	1,910	1,967	1,760	1,825	1,997	2,062	1,889	1,952
16	1,906	1,715	1,810	1,975	2,007	1,992	1,908	1,894
17	1,898	1,438	1,848	1,827	2,055	1,778	1,934	1,681
18	1,910	1,564	1,903	1,911	2,118	2,150	1,977	1,875
19	1,902	2,271	1,968	1,857	2,154	2,116	2,008	2,081
20	1,835	1,960	2,015	1,981	2,155	2,373	2,002	2,105
21	1,746	1,789	2,037	1,968	2,119	2,126	1,967	1,961
22	1,674	1,877	2,031	2,332	2,050	1,830	1,919	2,013
23	1,633	1,550	2,007	1,888	1,971	1,749	1,871	1,729
24	1,627	1,559	1,957	1,738	1,927	1,767	1,837	1,688
25	1,664	1,740	1,888	1,681	1,968	1,869	1,840	1,763
26	1,721	1,839	1,829	1,814	2,029	2,259	1,860	1,970
27	1,771	1,661	1,843	1,878	2,058	2,012	1,891	1,850
28	1,798	1,771	1,937	2,081	2,098	2,041	1,945	1,964
29	1,788	1,868	2,045	1,979	2,162	1,764	1,999	1,871
30	1,743	1,715	2,123	2,073	2,252	1,911	2,039	1,900
31	1,684	1,522	2,186	1,987	2,297	2,147	2,056	1,886
32	1,594	1,765	2,220	2,069	2,220	2,133	2,011	1,989
33	1,410	1,827	2,202	2,180	1,985	2,271	1,866	2,093
34	1,113	1,632	2,107	1,955	1,577	2,042	1,599	1,876
35	0,767	0,653	1,919	1,206	1,075	1,266	1,254	1,042
36	0,471	0,301	1,625	0,544	0,632	0,509	0,910	0,452
37	0,315	0,000	1,237	0,000	0,357	0,000	0,636	0,000
38	0,317	0,000	0,852	0,000	0,279	0,000	0,483	0,000
39	0,501	0,000	0,557	0,000	0,425	0,000	0,494	0,000
40	0,852	0,000	0,404	0,411	0,796	0,455	0,684	0,289
41	1,271	1,230	0,424	1,161	1,280	1,386	0,991	1,259
42	1,613	1,657	0,604	1,527	1,707	1,771	1,308	1,652
43	1,795	2,018	0,895	1,455	1,972	2,189	1,554	1,887
44	1,841	2,009	1,217	1,842	2,108	1,907	1,722	1,919

APÊNDICE N

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continuação)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	-----kg.s ⁻¹ -----							
45	1,791	1,981	1,510	2,013	2,164	2,017	1,822	2,004
46	1,706	1,690	1,733	1,877	2,154	1,870	1,864	1,812
47	1,643	1,479	1,865	1,477	2,071	1,985	1,859	1,647
48	1,622	1,708	1,905	1,804	1,955	1,996	1,828	1,836
49	1,639	1,647	1,895	1,605	1,862	1,743	1,799	1,665
50	1,665	1,570	1,857	1,707	1,835	1,853	1,786	1,710
51	1,689	1,743	1,819	1,826	1,834	1,652	1,781	1,740
52	1,673	1,981	1,811	1,753	1,865	1,756	1,783	1,830
53	1,630	1,608	1,793	1,748	1,916	2,067	1,780	1,808
54	1,597	1,440	1,770	1,415	1,953	1,936	1,773	1,597
55	1,549	1,616	1,757	1,964	1,987	1,865	1,764	1,815
56	1,483	1,835	1,766	1,964	1,983	1,815	1,744	1,871
57	1,416	1,643	1,792	1,796	1,913	1,770	1,707	1,737
58	1,355	1,359	1,823	1,495	1,813	1,736	1,664	1,530
59	1,290	1,074	1,809	1,576	1,650	1,886	1,583	1,512
60	1,203	1,499	1,775	1,789	1,337	2,092	1,438	1,793
61	1,055	1,443	1,746	1,940	0,913	1,098	1,238	1,494
62	0,837	1,310	1,680	1,582	0,544	0,516	1,020	1,136
63	0,592	0,646	1,517	0,931	0,299	0,000	0,803	0,525
64	0,374	0,333	1,264	0,000	0,151	0,000	0,596	0,111
65	0,212	0,000	0,967	0,000	0,082	0,000	0,420	0,000
66	0,101	0,000	0,663	0,000	0,051	0,000	0,272	0,000
67	0,038	0,000	0,406	0,000	0,038	0,000	0,161	0,000
68	0,012	0,000	0,233	0,000	0,053	0,000	0,099	0,000
69	0,018	0,000	0,112	0,000	0,069	0,000	0,066	0,000
70	0,035	0,000	0,025	0,000	0,150	0,000	0,070	0,000
71	0,063	0,000	0,019	0,000	0,346	0,000	0,142	0,000
72	0,152	0,000	0,015	0,000	0,588	0,000	0,252	0,000
73	0,330	0,000	0,030	0,000	0,780	1,064	0,380	0,355
74	0,562	0,145	0,140	0,000	0,938	0,906	0,547	0,350
75	0,810	0,816	0,310	1,289	1,076	1,430	0,732	1,178
76	1,015	1,355	0,548	1,489	1,223	1,364	0,929	1,403
77	1,152	1,212	0,851	1,378	1,344	1,430	1,116	1,340
78	1,240	1,436	1,127	1,426	1,461	1,383	1,276	1,415
79	1,337	1,245	1,283	1,426	1,545	1,628	1,388	1,433
80	1,462	0,977	1,367	1,337	1,606	1,660	1,478	1,325
81	1,581	1,634	1,448	1,465	1,626	1,769	1,552	1,623
82	1,646	1,534	1,521	1,358	1,617	1,775	1,595	1,556
83	1,685	1,509	1,569	1,611	1,605	1,433	1,620	1,517
84	1,730	1,662	1,626	1,698	1,661	1,694	1,672	1,685
85	1,779	1,603	1,697	1,520	1,705	1,785	1,727	1,636
86	1,814	1,631	1,711	1,445	1,713	1,651	1,746	1,576
87	1,837	1,666	1,662	1,615	1,722	1,797	1,740	1,693

APÊNDICE N

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(continuação)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	----- $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ -----							
88	1,905	1,653	1,617	1,645	1,745	1,874	1,756	1,724
89	2,032	1,700	1,616	1,611	1,747	1,658	1,798	1,656
90	2,124	2,206	1,646	1,414	1,755	1,704	1,842	1,774
91	2,121	2,054	1,707	1,658	1,774	1,642	1,867	1,784
92	2,012	2,096	1,798	1,626	1,722	1,693	1,844	1,805
93	1,836	1,790	1,897	1,831	1,577	1,801	1,770	1,807
94	1,570	1,830	1,980	2,121	1,281	1,682	1,610	1,878
95	1,200	1,536	1,986	1,727	0,868	0,871	1,351	1,378
96	0,797	0,770	1,870	0,979	0,495	0,635	1,054	0,795
97	0,471	0,402	1,614	0,539	0,244	0,000	0,776	0,314
98	0,244	0,000	1,262	0,000	0,127	0,000	0,544	0,000
99	0,120	0,000	0,887	0,000	0,053	0,000	0,354	0,000
100	0,067	0,000	0,565	0,000	0,018	0,000	0,217	0,000
101	0,037	0,000	0,317	0,000	0,058	0,000	0,137	0,000
102	0,031	0,000	0,156	0,000	0,088	0,000	0,092	0,000
103	0,035	0,000	0,095	0,000	0,069	0,000	0,066	0,000
104	0,037	0,000	0,076	0,000	0,062	0,000	0,058	0,000
105	0,046	0,000	0,054	0,000	0,056	0,000	0,052	0,000
106	0,044	0,000	0,037	0,000	0,008	0,000	0,029	0,000
107	0,019	0,000	0,012	0,000	0,011	0,000	0,014	0,000
108	0,002	0,000	0,008	0,000	0,036	0,000	0,015	0,000
109	0,068	0,000	0,007	0,000	0,179	0,000	0,084	0,000
110	0,274	0,000	0,012	0,000	0,467	0,000	0,251	0,000
111	0,596	0,000	0,010	0,000	0,891	0,000	0,499	0,000
112	0,977	0,690	0,067	0,000	1,336	1,628	0,793	0,773
113	1,348	1,485	0,187	0,404	1,677	2,025	1,071	1,305
114	1,664	1,585	0,404	1,452	1,932	1,975	1,333	1,671
115	1,865	1,968	0,741	1,630	2,028	1,785	1,545	1,794
116	1,937	2,153	1,149	1,846	2,036	1,755	1,707	1,918
117	1,936	1,851	1,541	1,938	2,033	2,098	1,837	1,962
118	1,927	1,715	1,854	2,039	2,000	2,319	1,927	2,024
119	1,928	1,682	2,070	2,005	1,872	1,851	1,957	1,846
120	1,944	2,008	2,193	1,749	1,782	1,539	1,973	1,765
121	1,936	2,325	2,187	2,245	1,807	1,499	1,977	2,023
122	1,904	1,960	2,112	1,766	1,880	1,907	1,965	1,877
123	1,850	1,706	2,023	1,625	1,902	1,955	1,925	1,762
124	1,777	1,900	1,917	1,481	1,861	1,799	1,852	1,727
125	1,693	1,866	1,803	1,738	1,924	1,889	1,807	1,831
126	1,639	1,949	1,749	1,627	1,960	1,848	1,783	1,808
127	1,619	1,418	1,754	1,867	1,868	1,695	1,747	1,660
128	1,588	1,390	1,794	1,831	1,797	2,015	1,726	1,745
129	1,574	1,440	1,878	1,490	1,765	2,074	1,739	1,668
130	1,529	1,908	1,949	1,763	1,433	1,705	1,637	1,792
131	1,345	2,309	1,943	1,839	0,940	1,303	1,410	1,817

APÊNDICE N

Fluxo de grãos ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) nas 3 repetições e média dos dados da balança eletrônica (referência) e do monitor de produtividade no tratamento com mudança abrupta do fluxo de grãos em área não sistematizada de arroz irrigado. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

(conclusão)

n	Fluxo de Grãos na Colhedora							
	Rep1		Rep2		Rep3		Média	
	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor	Referência	Monitor
	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$							
132	1,043	1,457	1,898	1,885	0,543	0,000	1,161	1,114
133	0,713	0,690	1,856	1,562	0,331	0,231	0,966	0,827
134	0,429	0,000	1,709	1,138	0,161	0,000	0,766	0,379
135	0,246	0,000	1,434	0,430	0,088	0,000	0,589	0,143
136	0,130	0,000	1,119	0,395	0,073	0,000	0,441	0,132
137	0,054	0,000	0,832	0,000	0,053	0,000	0,313	0,000
138	0,029	0,000	0,562	0,000	0,003	0,000	0,198	0,000
139	0,043	0,000	0,346	0,000	0,005	0,000	0,131	0,000
140	0,075	0,000	0,197	0,000	0,025	0,000	0,099	0,000
141	0,081	0,000	0,101	0,000	0,011	0,000	0,065	0,000
142	0,073	0,000	0,065	0,000	0,009	0,000	0,049	0,000
143	0,078	0,000	0,066	0,000	0,090	0,000	0,078	0,000
144	0,075	0,000	0,047	0,000	0,089	0,000	0,071	0,000
145	0,034	0,000	0,019	0,000	0,110	0,000	0,054	0,000
146	0,003	0,000	0,039	0,000	0,097	0,000	0,046	0,000
147	0,017	0,000	0,047	0,000	0,015	0,000	0,026	0,000
148	0,040	0,000	0,027	0,000	0,008	0,000	0,025	0,000
149	0,068	0,000	0,035	0,000	0,036	0,000	0,046	0,000
150	0,047	0,000	0,054	0,000	0,038	0,000	0,047	0,000
151	0,065	0,000	0,025	0,000	0,130	0,000	0,073	0,000
152	0,219	0,000	0,018	0,000	0,417	0,000	0,218	0,000
153	0,467	0,000	0,028	0,000	0,776	0,705	0,424	0,235
154	0,864	0,334	0,024	0,000	1,140	0,924	0,676	0,419
155	1,268	1,247	0,002	0,000	1,522	1,531	0,931	0,926
156	1,587	1,702	0,100	0,404	1,777	1,919	1,155	1,342
157	1,831	2,178	0,331	1,386	1,923	1,970	1,362	1,845
158	1,916	1,980	0,656	1,819	1,908	2,270	1,493	2,023
159	1,922	1,808	1,074	2,075	1,700	1,591	1,565	1,825
160	1,957	1,875	1,492	2,239	1,555	1,415	1,668	1,843
161	1,935	1,774	1,786	1,881	1,537	1,302	1,753	1,652
162	1,900	1,859	1,984	1,783	1,493	1,419	1,792	1,687
163	1,914	1,998	2,034	1,778	1,584	1,883	1,844	1,886
164	1,939	1,726	1,964	1,770	1,743	1,799	1,882	1,765
165	1,949	1,712	1,909	1,800	1,788	1,674	1,882	1,729
166	1,974	1,827	1,863	1,613	1,820	1,713	1,886	1,718
167	1,973	1,866	1,796	1,604	1,846	1,620	1,872	1,697
168	1,896	1,699	1,767	1,910	1,869	1,778	1,844	1,796
169	1,775	1,731	1,738	1,440	1,831	1,822	1,781	1,664
170	1,649	1,534	1,681	1,574	1,664	1,427	1,665	1,512
171	1,538	1,551	1,647	1,680	1,485	1,554	1,557	1,595
172	1,405	1,774	1,638	1,620	1,362	1,268	1,468	1,554
173	1,267	1,497	1,667	1,965	1,751	1,372	1,562	1,611
174	1,153	1,160	1,745	1,581	1,809	1,576	1,569	1,439
175	0,749	0,020	1,776	1,929	1,792	1,796	1,439	1,248

ANEXOS

ANEXO A

Software utilizado no datalogger CR 850 para aquisição e armazenamento dos dados amostrais, parte 1. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

```
'CR800
'Created by Short Cut (2.5)

Public Batt_Volt
Public Massa
Public Padrao
Public GGA As String * 80
Public VTC As String * 80
Public Faixa As Long
Dim GPS As String * 80
Dim Ligado
Dim Desligado
Dim Pisca
Dim Cont

Units Batt_Volt=Volts
Units Massa=Kg
Units Padrao=Kg
|
Dim nmb bytes_rtrnd

DataTable(Table1,True,-1)
  DataInterval(0,50,mSec,10)
  Sample(1,Faixa,FP2)
  FieldNames("Faixa")
  Average(1,Massa,FP2,0)
  FieldNames("MasMedia")
  Average(1,Padrao,FP2,0)
  FieldNames("PadMedio")
  Sample(1,VTC,String)
  FieldNames("VTC")
  Sample(1,GGA,String)
  FieldNames("GGA")
  Sample(1,Batt_Volt,FP2)
  FieldNames("Bateria")
EndTable

BeginProg
  SerialOpen (Com1,9600,0,0,400)
  PortsConfig(&B0000,&B1100)
  Scan(50,mSec,1,0)
  Battery(Batt_Volt)
  If Batt_Volt < 12 Then
    If Cont = 10 Then
      Pisca = Pisca XOR 255
      SW12(Pisca)
      Cont = 0
    EndIf
    Cont = Cont + 1
  Else
    PortGet(Ligado,3)
    If Ligado Then
      BrFull(Massa,1,mV25,1,1,1,2500,False,False,0,250,374.299160612429,-81.9132351658074)
      BrFull(Padrao,1,mV25,2,2,1,2500,False,False,0,250,346.943723,-4.074131259)
    EndIf
  EndIf
  SerialInRecord (Com1.GPS.&h24.0.&h0A.nmb bytes_rtrnd.01)
```

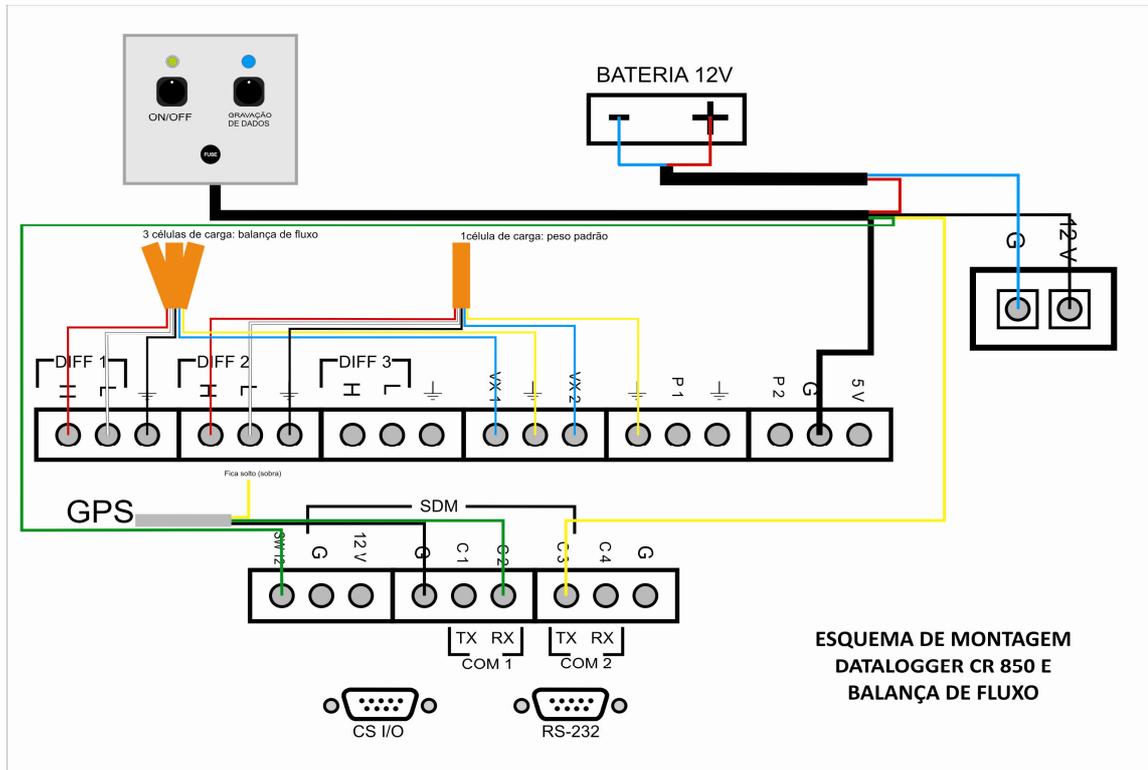

ANEXO B

Software utilizado no *datalogger* CR 850 para aquisição e armazenamento dos dados amostrais, parte 2. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

```
SerialInRecord (Com1,GPS,&h24,0,&h0A,nmbr_bytes_rtrnd,01)
If nmbr_bytes_rtrnd > 5 Then
  If InStr(1,GPS,"V",2) = 0 Then
    GGA = GPS
  Else
    VTG = GPS
  EndIf
EndIf
CallTable(Table1)
SW12(1)
If Desligado Then
  Faixa = Faixa + 1
  Desligado = 0
EndIf
Else
  SW12(0)
  Desligado = 1
EndIf
EndIf
NextScan
EndProg
```


ANEXO C

Esquema de montagem e configuração da balança eletrônica e datalogger CR 850 utilizados como referência nas avaliações. Cachoeira do Sul-RS, 2009.



ANEXO D

Função criada no *software* Matlab® para execução do cálculo matemático da filtragem eletrônica dos dados adquiridos na balança eletrônica. Cachoeira do Sul-RS, 2009.

```

1  function out = filtra(in, decimacao, filtro, tolerancia)
2  -   Fpass = filtro; % Passband Frequency
3  -   Fstop = filtro + 0.1; % Stopband Frequency
4  -   Apass = 1; % Passband Ripple (dB)
5  -   Astop = 100; % Stopband Attenuation (dB)
6
7  -   h = fdesign.decimator(decimacao, 'Lowpass', 'fp,fst,ap,ast', Fpass, Fstop, ...
8  -   Apass, Astop);
9
10 -   Hd = design(h, 'equiripple', ...
11 -   'MinOrder', 'any', ...
12 -   'StopbandShape', 'flat');
13
14 -   in2 = filter(Hd,in);
15 -   ref = 1:1:size(in2);
16 -   sp = spaps(ref,in2,tolerancia);
17 -   out1 = diff(sp.coefs);
18 -   for i=1:size(in2)
19 -       out2(i) = in((i-1)*decimacao+1) - sp.coefs(i);
20 -   end
21 -   subplot(3,2,1);
22 -   plot(in);
23 -   subplot(3,2,3);
24 -   plot(in2);
25 -   subplot(3,2,5);
26 -   plot(sp.coefs);
27 -   subplot(3,2,2);
28 -   plot(out1);
29 -   subplot(3,2,4);
30 -   plot(out2);
31
32 -   out = out1';
33 -   end
34

```

