**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

ROBSON ROGÉRIO DUTRA PEREIRA

**Protocolo ISO 11783: Procedimentos para comunicação serial de dados com o
Controlador de Tarefas**

São Carlos
2008

ROBSON ROGÉRIO DUTRA PEREIRA

**Protocolo ISO 11783: Procedimentos para comunicação serial de dados com o
Controlador de Tarefas**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Manufatura
Orientador: Dr. Ricardo Yassushi Inamasu

São Carlos

2008

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **ROBSON ROGERIO DUTRA PEREIRA**

Dissertação defendida e julgada em 29/01/2009 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **RICARDO YASSUSHI INAMASU (Orientador)**
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA)

aprovado

Prof. Dr. **MARCELO BECKER**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Associado **ANTONIO MAURO SARAIVA**
(Escola Politécnica/USP)

APPROVADO

Prof. Associado **JONAS DE CARVALHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica

Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

Dedicação

À Deus, à minha família, aos meus amigos e a todos brasileiros.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Ricardo Yassushi Inamasu pela amizade e pela orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Arthur José Vieira Porto pela amizade e pela contribuição que o Laboratório de Simulação e Controle do Departamento de Engenharia Mecânica da EESC/USP proporcionou para esta pesquisa.

À Embrapa Instrumentação Agropecuária pelo importante apoio para participar em cursos, eventos, realizar experimentos em campo e ainda suprir ferramentas de suporte.

À FINEP pelo suporte financeiro, por meio do programa Rede Brasil de Tecnologia, ao projeto “Aplicador de calcário à taxa variada” coordenado pela Embrapa.

A todos os amigos e professores e funcionários da “família” Laboratório de Simulação e Controle, pela amizade e pela cooperação. E aos meus amigos que não são do laboratório, mas foram importantes nesta fase da minha vida.

À minha família que me sustentou nos períodos difíceis, aos meus amigos pelo apoio e pelo incentivo em todos os momentos, mesmo estando longe.

A todas as empresas que auxiliaram direta e indiretamente: AGCO, ATB BALDAN, ENALTA, ORIGINAL, POWELL e VALTRA. Em especial, gostaria de agradecer ao Sr. Gregory Riordan e ao Sr. Mike Schmidt da empresa AGCO pelo suporte com equipamentos e informações muito relevantes para este trabalho.

Ao grupo Força Tarefa ISOBUS, por apoiar e promover o desenvolvimento da norma ISOBUS no Brasil e realização do Workshop ISOBUS Brasil.

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o que adquire conhecimento,
porque melhor é o lucro que ela dá do que o da prata”
Provérbios 3:13-16.*

RESUMO

Pereira, R. R. D. **Protocolo ISO 11783: Procedimentos para comunicação serial de dados com o Controlador de Tarefas**. 2008. 188 páginas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

O recente crescimento da utilização de tecnologias de automação e eletrônica embarcada em máquinas e implementos agrícolas tem estabelecido uma nova prática na área agrícola. Estas novas práticas relacionadas com a Agricultura de Precisão (AP) têm demandado a utilização de sensores e redes de comunicação embarcadas para aquisição de dados e controle dos dispositivos em campo. A incompatibilidade entre equipamentos e formatos de dados tornou-se um grande obstáculo. A tendência global é de uso de sistemas padronizados de acordo com a norma ISO 11783 (também conhecida como ISOBUS) nos dispositivos, ou *Electronic Control Unit* (ECU), utilizados na produção agrícola. No Brasil, essas ferramentas ainda não são largamente aplicadas. O objetivo deste trabalho é sistematizar as informações necessárias dos procedimentos para comunicação de uma ECU do implemento com a ECU de trator de gerenciamento. Focou-se no desenvolvimento dos arquivos padrões necessários e no programa da ECU do Implemento, e testes de validação da comunicação dos dispositivos via rede ISO 11783. Estabeleceu-se a relação entre as informações sistematizadas e os dispositivos embarcados em máquinas agrícolas. Os dispositivos embarcados consistem em cinco ECUs interconectadas pela rede ISO 11783. Quatro ECUS estão localizados no trator: ECU do GPS, Controlador de Tarefas (TC), Terminal Virtual (VT) e ECU do Trator (TECU). A ECU do GPS é responsável pela recepção do sinal do *Differential Global Position System* (DGPS) e disponibilização na rede ISO 11783. O TC é responsável pelo gerenciamento da aplicação do mapa de prescrição e pelo controle do implemento. O VT é responsável por monitorar e disponibilizar uma *interface* gráfica com o operador da máquina. O TECU disponibiliza a velocidade do trator obtida por um sensor de radar. A quinta ECU está localizado no implemento, definido como

Working Set Master (WSM), que é responsável por interpretar os comandos das ECUs do trator e integrar o dispositivo mecânico-hidráulico para realização de uma aplicação agrícola. Este trabalho mostrou os requisitos necessários para o desenvolvimento dos arquivos necessários (*TaskData.XML* e o *Device Description Object Pool*), as capacidades necessárias para o programa da ECU do Implemento, a validação da comunicação da ECU do Implemento com o TC (ECU do trator de gerenciamento) e comprovou que as informações sistematizadas facilitaram e proporcionaram a implementação de um sistema ISO 11783. Espera-se, que este trabalho possa abrir oportunidades para que a norma ISO 11783 possa ser melhor entendida e ampliar a possibilidade de disponibilizar um número maior de aplicações que envolvem o conceito de AP no Brasil.

Palavras-chave: ISO 11783, ISOBUS, CAN, rede de comunicação embarcada, eletrônica embarcada, VRT, aplicação à taxa variada, XML, controlador de tarefas, trator, implemento agrícola, máquina agrícola, agricultura de precisão, padrão de comunicação, padrão de arquivo.

ABSTRACT

Pereira, R. R. D. **ISO 11783 Protocol: Procedures for Serial Data Communication with the Task Controller. 2008.** 188 pages. Dissertation (Master of Science) – School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2008.

The recent growth of automation technology and embedded electronic in agricultural machinery has established a new practice in agriculture. These new practices related to Precision Agriculture (PA) have demanded the use of sensors and communications embedded networks for data acquisition and control devices in the farm field. The incompatibility between hardware, software and data formats has become a major obstacle. The global trend is to use standardized systems in accordance with ISO 11783 (also known as ISOBUS) in the devices, or Electronic Control Units (ECU), used in agricultural production. In Brazil, these tools are not yet implemented. The purpose of this work is to systemize the information necessary of the procedures for communication among the implement ECU with management tractor ECU. This work focuses standardized files format, the program of the implement ECU and the validation tests of the devices communication via ISO 11873 network. It was established the relation among the systematized information and embedded devices on agricultural machinery. The embedded devices consist in five ECUs connected in the ISO 11783 network. Four ECUs are located in the tractor: GPS ECU, Task Controller (TC), Virtual Terminal (VT) and Tractor ECU (TECU). The GPS ECU is responsible to the Differential Global Positioning System (DGPS) positioning. The TC is responsible to manage the prescription map and to control the implement. The VT is responsible monitor the application. The TECU disposes tractor velocity of a radar sensor. The fifth device located in the implement is Working Set Master (WSM), which is responsible to interpret the commands from the tractors ECUs and integrate the mechanical-hidraulical device instruction for agricultural operation. It was presented how to develop the needed standardized files (TaskData.XML and Device Description Object Pool), the capabilities needed of the

Implement ECU program, the validation of communication between the Implement ECU with the TC (management tractor ECU) and was prove that the information systematized has facilitated and provided the communication. It is expect that this work may open opportunities for the ISO 11783 standard can be better understood and enlarge the possibility of providing a great number of applications involving the concept of AP in Brazil.

Keywords: ISO 11783, ISOBUS, CAN, embedded network communication, embedded electronics, VRT, variable rate control, XML, task controller, tractor, agricultural implement, agricultural machinery, precision agriculture, communication standard, file standard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Utilização de uma comunicação serial não-padronizada (NISSEN e HENNINGER, 2008c).	21
Figura 2	– Escalas em uma espiral espacial ascendente. Fonte: adaptado de Comitê norte-americano (NATIONAL..., 1997).	35
Figura 3	– Controladores de implementos dedicados com transferência de dados manual. Fonte: adaptado de Auernhammer e Speckmann (2006).	49
Figura 4	– Esquemático de um sistema de controle e informações universal. Fonte: adaptado de Jahns e Speckmann (1984).	50
Figura 5	– Computador para todos os fins da fazenda com meios para transferências de dados e sinais do trator. Fonte: adaptado de Adaptado de Bosselmann (1987).	51
Figura 6	– Comunicação eletrônica embarcada em uma unidade trator-implemento pela LBS. Fonte: adaptado de Auernhammer e Frisch (1993).	53
Figura 7	– (a) Comparação entre o sistema centralizado e o distribuído. (b) Conexão via cabo par trançado da rede CAN. Fonte: adaptado de HED (2008).	55
Figura 8	– Definição do identificador de 11 bits da LBS. Fonte: adaptado de Auernhammer e Speckmann (2006).	57
Figura 9	– Task Controller e a troca de dados em uma rede LBS. Fonte: adaptado de ISO 11787 (1995).	59
Figura 10	– Estrutura do identificador ISOBUS. Fonte: adaptado de ISO 11783-3 (1998).	67
Figura 11	– Dispositivos e interfaces para o gerenciamento das <i>tasks</i> . Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).	75
Figura 12	– <i>Device Class</i> (Classe do dispositivo). Fonte: http://www.isobus.net/ .	77
Figura 13	– (a)DPD e seu respectivo DDI (b)Unidades de media. Fonte: http://www.isobus.net/ .	78
Figura 14	– (a)Especificações do dispositivo geral (b)Especificações do dispositivo detalhada. Fonte: http://www.isobus.net/ .	79
Figura 15	– Interconexão na rede. Fonte: adaptado de ISO 11783-2 (2002).	80
Figura 16	– Maneira que o dado é identificado em XML.	85
Figura 17	– Processos automáticos de coleta de dados, documentação e o gerenciamento interno ou externo desses dados. Fonte: adaptado de Steinberger et al. (2007).	86
Figura 18	– (a)Fluxo de dados entre sistemas para processamento, armazenamento e o fornecimento de dados do processo de produção agrícola. Fonte: adaptado de Kunisch et al. (2007). (b)Esfera de atuação do agroXML. Fonte: adaptado de Kunisch et al. (2007).	87
Figura 19	– Exemplo do arquivo <i>grid</i> tipo 1. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).	91
Figura 20	– Exemplo do arquivo <i>grid</i> tipo 2. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).	93
Figura 21	– Exemplo de um arquivo binário de dados de registro. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).	96
Figura 22	– Procedimento de teste utilizado no presente trabalho.	99
Figura 23	– AGCO GTA Console II versão 1.6.2.	102

Figura 24	– (a)Esquemático da interface CAN. Fonte: adaptado de Sousa (2002). (b)Placa eletrônica da interface CAN.....	103
Figura 25	– (a) Software Vector CANoe (b) Interface CAN CardXL (c) Interface CAN BoardXL (VECTOR, 2008).	105
Figura 26	– Receptor GPS AgGPS 114 (TRIMBLE, 2008).....	107
Figura 27	– Sensor Ativo Crop Circle ACS-10 (HOLLAND SCIENTIFIC, 2008).	108
Figura 28	– Coletor de dados <i>GeoScout</i> (HOLLAND SCIENTIFIC, 2008).....	109
Figura 29	– Visão estrutural da IsoAgLib. Fonte: adaptado de IsoAgLib (2008).....	111
Figura 30	– (a) Protótipo de implemento ISOBUS (BALDAN, 2008) (I)ECU do implemento (WSM)(ENALTA, 2008; SOUSA, 2002) (II) Válvula DC (III) Motor Hidráulico.	114
Figura 31	– Trator Protótipo ISOBUS (VALTRA, 2008).....	115
Figura 32	– (a)Tela inicial do OP (b)Tela do OP para escolha das taxas de aplicação.	117
Figura 33	– DDOP no formato XML (PEREIRA et al., 2008a).....	118
Figura 34	– Amostra do arquivo <i>TaskData.XML</i> (PEREIRA et al., 2008a).....	119
Figura 35	– Seqüência de bytes do DDOP.XML (PEREIRA et al., 2008a).	120
Figura 36	– Procedimentos da inicialização do TC e WSM, e o estabelecimento da conexão entre eles. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).....	122
Figura 37	– (a) Seqüência da configuração com existência de DDOP no TC. (b) Seqüência da configuração quando não há DDOP no TC.....	126
Figura 38	– Fluxograma recomendável do procedimento de inicialização entre o WSM e o TC..	127
Figura 39	– Topologia Típica Rede ISO 11783. Fonte: adaptado de ISO 11783-4 (2001).	129
Figura 40	– Frame do CAN 2.0B (CAN Estendido). Fonte: adaptado de ISO 11783-3 (1998).	131
Figura 41	– Tipos de PDUs. Fonte: adaptado de ISO 11783-3 (1998).	132
Figura 42	– Equipamentos utilizados para obtenção da variabilidade espacial georreferenciada.....	140
Figura 43	– Foto por satélite do campo de futebol da EESC – USP obtida pelo software Google Earth (GOOGLE EARTH, 2008).....	141
Figura 44	– Variabilidade do campo medida e interpretada.	142
Figura 45	– Mapa de prescrição.	143
Figura 46	– Código do <i>TaskData.XML</i> da tarefa do campo EESC-USP.	144
Figura 47	– DDOP do Adubadora (<i>Fertilizer</i>) DMP-7500.	146
Figura 48	– Uso das memórias de programa e de dados do microcontrolador PIC 18f258.	148
Figura 49	– Fluxograma do WSM.	150
Figura 50	– Tela do modo manual/ automático configurado pelo OP.	151
Figura 51	– Fluxograma do processo 2.	153
Figura 52	– Sistema montado em laboratório.....	157
Figura 53	– Primeira análise das mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste em laboratório.	159
Figura 54	– Telas do TC para: (a) seleção da aplicação e o operador; (b) Tela para seleção do implemento; (c) inicialização da aplicação.	162

Figura 55	– (a) Tela do implemento para seleção do modo automático (b) Tela de inicialização da tarefa.	162
Figura 56	– Segunda análise das mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste em laboratório.	163
Figura 57	– Cálculo do controle PWM realimentado.	164
Figura 58	– Execução da tarefa monitorada pelo TC.	164
Figura 59	– Trator e o implemento experimental.	165
Figura 60	– Mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste com trator e implemento	167
Figura 61	– Teste com IsoAgLib.	168
Figura 62	– Mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste com IsoAgLib.	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Partes da Norma DIN 9684/ LBS.....	60
Tabela 2	– Elementos XML.....	89
Tabela 3	– Definições dos valores gravados do arquivo binário (ISO 11783-10, 2007).	94
Tabela 4	– Versões do TC (ISO 11783-10, 2007)	124
Tabela 5	– As taxas de aplicações e respectivas cores.	143
Tabela 6	– Mensagens do processo.....	158
Tabela 7	- Vector CANoe VS. IsoAgLib.	174

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACK	Acknowledgment
AP	Agricultura de Precisão
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BAM	Broadcast Announce Message
BUS	Binary Unit System
CAN	Controller Area Network
CM	Connection Management
CRC	Cyclic Redundancy Check
CTS	Clear to Send
DA	Destination Address
DDOP	Device Description Object Pool
DET	DeviceElement
DGPS	Differential Global Positioning System
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLC	Data Length Code
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DLV	DataLogValue
DP	Data Page
DT	Data Transfer
ECU	Electronic Control Unit
EOF	End of Frame
ETP	Extended Transport Protocol
FMIS	Farm Management Information System
FTI	Força Tarefa ISOBUS
GPS	Global Positioning System
GRD	grid
HAL	Hardware Abstraction Layer
I2C	Inter-Integrated Circuit
IBBC	Implement Bus Breakaway Connector
IBC	Implement Breakaway Connector
IDE	Identifier Extension
IGI	ISOBUS Group Implementation
IHM	Interface Humano-Máquina
ISO	International Organization for Standardization
JB	Job Controller
LBS	Landwirtschaftliches BUS System
LIN	Local Interconnect Network
MICS	Mobile Implement Control System
MOST	Media Oriented System Transport
NAIITF	North American ISOBUS Implementation Task Force
NIU	Network Interconnection Unit
Nó	Conjunto ECU + dispositivo
OP	Object Pool
OSI	Open System Interconnection

PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PDA	Personal Digital Assistants
PDU	Protocol Data Unit
PDUF	Protocol Data Unit Format
PDUS	Protocol Data Unit Specific
PDV	ProcessDataVariable
pH	potencial Hidrogeniônico
PGN	Parameter Group Number
PTN	Position
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Robô Agrícola Móvel
RTS	Request to Send
SA	Source Address
SA	Selective Availability
SAE	Society of Automobile Engineers
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SD	Secure Digital
SOF	Start of Frame
SPI	Serial Peripheral Interface
SRR	Substitute Remote Request
TBC	Terminating Bias Circuit
TBC_GND	Terminating Bias Circuit Ground
TBC_PWR	Terminating Bias Circuit Power
TC	Task Controller
TDP	Tomada de Potência
TECU	Tractor ECU
TI	Tecnologia da Informação
TIM	Time
TLG	TimeLog
TP	Transport Protocol
TSK	Task
TZN	TreatmentZone
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
VRT	Variable Rate Technology
VT	Virtual Terminal
WS	Working Set
WSM	Working Set Master
XML	Extensible Markup Language

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Objetivo.....	24
1.2	Estrutura do Trabalho	25
2	AGRICULTURA DE PRECISÃO	27
2.1	Dimensões da Agricultura de Precisão	29
2.1.1	Gerenciamento Agrícola.....	32
2.1.2	Contexto Topográfico: Escalas na Espiral Espacial Ascendente.....	34
2.1.3	Manejo do Talhão	35
2.1.4	Armazenagem de Dados	37
2.1.5	Análise Topográfica	37
2.1.6	Manejo Regional.....	38
2.2	Tecnologias Envolvidas na Agricultura de Precisão	38
2.2.1	Informações Georreferenciadas	39
2.2.2	Sistema de Posicionamento Global (GPS – <i>Global Positioning System</i>)	39
2.2.3	Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e <i>Softwares</i> de Mapeamento.....	42
2.2.4	Sistemas de Mapeamento da Produtividade.....	42
2.2.5	<i>Variable Rate Technologies</i> (Tecnologias à Taxa Variada).....	43
2.2.6	Sensores para Solo e Plantas	45
2.2.7	Sensoriamento Remoto	45
3	DESAFIOS PARA PADRONIZAÇÃO.....	47
3.1	Força Tarefa ISOBUS Brasil.....	47
3.2	Contexto da Padronização e a norma DIN 9684 / LBS	48
3.2.1	Interface de Sensor Embarcada no Trator para o Controle do Implemento	52
3.2.2	Barramento Agrícola Embarcado (LBS).....	52
3.2.3	Controller Area Network (CAN)	54
3.2.4	Definição de um Sistema LBS	56
3.2.5	Estrutura do Identificador da LBS.....	56
3.2.6	O Terminal do Usuário da LBS.....	58
3.2.7	Troca de Dados da LBS	58
3.2.8	LBS na Prática.....	60
3.3	Norma ISO 11783	61
3.3.1	ISOBUS	62
3.3.2	Parte 1: Norma Geral para Comunicação de Dados Embarcados (<i>General Standard for Mobile Data Communication</i>)	65
3.3.3	Parte 2: Camada Física (<i>Physical Layer</i>).....	65
3.3.4	Parte 3: Camada de Enlace de Dados (<i>Data Link Layer</i>)	66
3.3.5	Parte 4: Camada de Rede (<i>Network Layer</i>).....	68
3.3.6	Parte 5: Gerenciamento de Rede (<i>Network Management</i>).....	69
3.3.7	Parte 6: Terminal Virtual (<i>Virtual Terminal</i>)	69
3.3.8	Parte 7: Mensagens do Implemento na Camada de Aplicação (<i>Implement Messages Application Layer</i>).....	71
3.3.9	Parte 8: Mensagens de Trem de Força (<i>Power Train Messages</i>) e a Norma SAE J1939	71
3.3.10	Parte 9: ECU do Trator (<i>Tractor ECU</i>).....	72
3.3.11	Parte 10: Controlador de Tarefas e a Troca de Dados com o Sistema de Gerenciamento da Informação (<i>Task Controller and Management Information System Data Interchange</i>).....	73

3.3.12	Parte 11: Dicionário dos Elementos de Dados Embarcados (<i>Mobile Data Element Dictionary</i>)	76
3.3.13	Parte 12: Serviços de DIAGNÓSTICOS (<i>Diagnostics Services</i>)	80
3.3.14	Parte 13: Servidor de Arquivo (<i>File Server</i>)	81
3.3.15	Parte 14: Funções Automatizadas (<i>Automatic Functions</i>)	81
3.3.16	ISOBUS na Prática	81
3.4	XML	84
3.5	Arquivos de Transferência de Dados Binários	89
3.5.1	Estrutura do Arquivo Binário <i>GRID</i>	89
3.5.2	Estrutura do Arquivo Binário de Registro do Processo	93
3.6	Teste de Conformidade	96
4	METODOLOGIA, MATERIAIS E MÉTODOS PARA COMUNICAÇÃO SERIAL	97
4.1	O Terminal Virtual (VT) e o Controlador de Tarefas (TC)	101
4.2	A ECU do Implemento	102
4.3	Vector CANoe e Interfaces CAN	104
4.4	Receptor GPS	106
4.5	Sensor Embarcado para Aquisição de Variabilidade Espacial (sensor on-the-go) ..	107
4.6	Sistema de Gerenciamento Agrícola	109
4.7	IsoAgLib	109
4.8	Protótipos - Implemento e Trator ISOBUS Compatível	112
4.9	Informações Sintetizadas	116
4.9.1	<i>Working Set</i> (Grupo de ECUs)	116
4.9.2	<i>Object Pool</i> (OP) e o <i>Device Description Object Pool</i> (DDOP)	117
4.9.3	Dados da Tarefa (<i>TaskData.xml</i>)	119
4.9.4	Seqüência de Bytes do DDOP e os Protocolos de Transporte	120
4.9.5	Troca de dados entre o Controlador de Tarefas (TC) e o Sistema de Gerenciamento da Informação da Fazenda (FMIS)	121
4.9.6	Camada Física e Enlace de Dados	128
4.9.7	Camada de Rede e Gerenciamento de Rede	129
4.9.8	Terminal Virtual (VT), Protocolo de Transporte (TP) e Protocolo de Transporte Estendido (ETP)	133
4.9.9	Controlador de Tarefas (TC) e Agricultura de Precisão (AP)	135
4.9.10	Recomendações Técnicas de especialistas	136
5	RESULTADOS	139
5.1	Implementação	139
5.1.1	<i>TaskData.xml</i>	140
5.1.2	DDOP	145
5.1.3	O Programa do WSM (ECU do Implemento)	148
5.2	Testes Realizados	155
5.2.1	Teste em laboratório	156
5.2.2	Teste com Trator e Implemento	165
5.2.3	Teste com IsoAgLib	168
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	173
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	177
8	REFERÊNCIAS	179

1 INTRODUÇÃO

Agricultura de Precisão (AP) é um conjunto de técnicas e ações de gerenciamento das lavouras que leva em consideração a variabilidade dos parâmetros do solo e do comportamento da lavoura dentro do talhão (MENEGATTI e MOLIN, 2004). Historicamente a variabilidade na distribuição de insumos numa plantação dependia da habilidade e experiência dos agricultores, mas com o crescimento das áreas de cultivo essa prática se tornou inviável. Nos últimos dez anos, o aumento da mecanização agrícola gerou o crescimento na produção agrícola através da aplicação uniforme de insumos. A mecanização agrícola, fazendo uso da automação e da informática, fornece suporte técnico para o crescimento da AP (GODOY, 2007).

Deve-se salientar que o uso não racional de insumos, como ocorre na aplicação uniforme, resulta em agressões ao meio ambiente e compromete o solo para próximos cultivos. Como solução para os problemas citados acima, surgem os primeiros resultados de pesquisas e produtos comerciais para máquinas e implementos usando tecnologia para detecção e mapeamento da variabilidade agrícola (solução divulgada em larga escala como sendo AP). A adoção da AP, definida não somente como uso de dispositivos eletrônicos e Tecnologia da Informação (TI), mas sim como um conceito, possui um grande potencial para a racionalização de sistemas de produção agrícola modernos devido à:

- Redução do excesso de insumos aplicados no solo ou no talhão;

- Conseqüente diminuição dos custos de produção;
- Diminuição da contaminação do meio ambiente;
- Melhoria no gerenciamento agrícola;
- Melhoria na qualidade da colheita.

Observa-se que o conjunto de informações necessárias pelos agricultores vem crescendo rapidamente no agronegócio. Em adição a isso, cada vez mais, o mercado globalizado requer maior quantidade de produtos agrícolas. Neste contexto, verifica-se que a AP consegue atender as exigências do mercado globalizado através de gerenciamento mais preciso das atividades agrícolas, diminuição de custos de produção e melhorias do solo.

É comum o solo brasileiro possuir uma acidez alta, que não é favorável para o plantio, ou seja, os corretivos do solo são insumos fundamentais na agricultura do Brasil. Portanto, a aplicação correta dos insumos assume um papel importante em termos de fertilidade do solo e fatores econômicos e de produtividade. A eficiência dos insumos nos processos de produção agrícola é dependente da qualidade do insumo e de como é aplicado no solo. A ocorrência de erros nesta etapa afeta diretamente a produtividade agrícola.

Para a aplicação correta e uniforme de insumos, os resultados obtidos em Balastreire e Coelho (1992) mostram que a distribuição de insumos aplicada por uma adubadora a lanço concentrou-se no centro de uma faixa transversal do solo e que essa concentração era progressivamente menor no sentido do centro para a borda. E devido a isso, foi necessário passar novamente a adubadora a lanço no talhão na tentativa de diminuir a desuniformidade.

Os dispositivos eletrônicos instalados em tratores e implementos estão tornando-se cada vez mais complexos devido à demanda de uma grande quantidade de dados da aplicação para tomadas de decisões na produção agrícola (STONE et al., 1999). Os avanços nos componentes eletrônicos e microeletrônicos nos últimos dez anos promoveram máquinas agrícolas com alta tecnologia com o uso de Unidade de Controle Eletrônico (*Electronic Control Unit* – ECU) (GUIMARÃES, 2003). A utilização de uma ECU para cada atividade agrícola gera um sistema centralizado e complexo, além de uma enorme quantidade de cabos de uma ECU pra todo o sistema, como pode-se observar na Figura 1.

Figura 1 – Utilização de uma comunicação serial não-padronizada (NISSEN e HENNINGER, 2008c).

Para solucionar este problema, um sistema distribuído, uma rede de comunicação e um protocolo de comunicação foram estudados pelas grandes empresas fabricantes de tratores. A rede e o protocolo trazem facilidades que são:

- Robustez;
- Confiabilidade;
- Redução significativa de cabos;
- Facilidade para expansão do sistema.

Na AP são necessários tanto sistemas eletrônicos de coleta de dados como aplicadores de insumos que utilizem a Tecnologia de Aplicação de Insumos à Taxa Variada (*Variable Rate Technology* - VRT). Conseqüentemente, com o incremento da automação em sistemas agrícolas (por exemplo, máquinas e implementos, controle de estufas para plantas, etc.) tem sido a tendência para adoção de soluções baseadas em sistemas distribuídos com uma rede de comunicação. O protocolo *Controller Area Network* (CAN) tem demonstrado grande importância na automação em sistemas agrícolas. Segundo Auernhammer e Speckmann (2006), Suvinen e Saarilahti (2006) e Sousa (2002) o protocolo CAN é viável para as aplicações agrícolas.

O protocolo CAN possui um grande potencial para estabelecer a interconexão entre as ECUs devido à estabilidade nas camadas de baixo nível como em sistemas

de controle distribuídos em tempo-real* (PORTILLO et al., 2006; TÖRNGREN, 1995).

Suvinen e Saarilahti (2006) apresentam a adequação do uso do CAN em máquinas agrícolas. Este protocolo foi originalmente desenvolvido pela Bosch (BOSCH, 2008) para conexão de unidades eletrônicas na área automotiva. Suas especificações podem ser encontradas em publicações da Bosch e Kvaser (KVASER, 2008) entre muitos outros.

Recentemente o protocolo CAN vem sendo aplicado na automação agrícola através da norma ISO 11783, também conhecida como ISOBUS. A padronização da eletrônica embarcada em máquinas agrícolas é atualmente um esforço mundial. Dois grupos, *North American ISOBUS Implementation Task Force* (NAITF, 2008) nos Estados Unidos e *Implementation Group ISOBUS* (IGI, 2008) na Europa sob o suporte da *International Organization for Standardization* (ISO, 2008) têm criado a norma ISO 11783 – *Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communication data network*, composta de catorze partes, das quais, onze já publicadas (ISO, 2008). Esta norma tem por objetivo prover um padrão para a interconexão de dispositivos eletrônicos embarcados em máquinas e implementos agrícolas através de uma rede de controle e comunicação serial de dados. No Brasil a norma ISO 11783 foi divulgada na Agrishow 2007, em Ribeirão Preto - SP, apoiada pela Força Tarefa ISOBUS Brasil (FTI BRASIL, 2008), cujo será citado na seção 3.1.

Benneweis (2005) cita que os objetivos das forças tarefas IGI e NAITF são:

* Tempo-real – é um termo que refere-se a sistemas em que o tempo de execução de uma determinada tarefa é bem definido. O sistema só pode ser considerado de tempo-real se este atender as exigências das definições do tempo de execução.

- Promover ISOBUS em conferências e em feiras agrícolas;
- Desenvolver protocolos de ensaios a nível mundial para os fabricantes certificarem o seu equipamento conforme a norma ISO 11783;
- Organizar reuniões para testar equipamentos de vários fabricantes conforme norma ISO 11783.

Pode-se observar em Oksanen et al. (2005a) que um dos desafios relacionados ao uso da rede ISO 11783 é o desenvolvimento de implementos compatíveis que realizem tarefas específicas, como o sensoriamento remoto e aplicações VRT (OKSANEN et al., 2005a). Em outro trabalho, Oksanen et al. (2005b) descrevem uma implementação ISO 11783 com componentes compatíveis.

No entanto, a norma ISO 11783 ainda não está largamente adotada pelas empresas nacionais. Como o mercado brasileiro está iniciando esta transição, provocada pela tendência global, é importante que se iniciem os projetos de implementação da norma tendo como base as informações necessárias sistematizadas. A leitura do documento ISO 11783 não é suficiente para implementação desta tecnologia pelas empresas nacionais. Como o padrão não está concluído, a consulta de documentos sobre termos básicos não é suficiente e faz-se necessário, para o domínio dessa tecnologia, o estudo e a busca de informações de ordem prática que ainda não são encontradas na literatura. A engenharia no Brasil ainda deve investir para que os resultados internacionais relevantes sejam também absorvidos. Somente dessa forma será possível participar do processo de inovação mundial em uma área tão importante ao Brasil.

1.1 OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é sistematizar as informações necessárias para apoiar desenvolvimentos de aplicativos para um trator ISOBUS compatível. O foco do trabalho é no desenvolvimento de *software* e na edição de arquivos para que uma ECU de implemento agrícola comunique com o Terminal Virtual (*Virtual Terminal* – VT) e com o Controlador de Tarefas (*Task Controller* – TC).

Para alcançar esse objetivo são sistematizadas, a partir das várias partes da norma e outras fontes, tanto as informações necessárias para a criação de um arquivo no formato XML, denominado Dados da Tarefa (*TaskData.XML*), como também as informações necessárias para análise e interpretação do *TaskData.XML* no computador da fazenda, denominado de Sistema de Gerenciamento da Informação da Fazenda (*Farm Management Information System* - FMIS). Para utilização do FMIS, será feita a sintetização das informações para a geração de mapa de prescrição com as taxas de aplicações de acordo com a variabilidade espacial georreferenciada de um campo experimental.

Este trabalho tem com objetivo final a validação das informações sistematizadas por meio de testes em bancadas e em máquinas agrícolas. As máquinas agrícolas são denominadas de Sistema de Controle do Implemento Embarcado (*Mobile Implement Control System* - MICS) pela norma ISO 11783. Espera-se este trabalho seja uma das referências para orientação na implementação da norma ISO 11783 e apoiar o gerenciamento agrícola pela AP e auxiliar a aplicação da tecnologia VRT.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O texto foi dividido em mais sete capítulos. No capítulo 2 são abordados o contexto histórico da AP e as tecnologias envolvidas, com a finalidade de evidenciar a utilização da automação na agricultura.

O capítulo 3 menciona as características da norma ISO 11783 e as normas e os protocolos incorporados pela norma ISO 11783. Apresenta também uma síntese das catorze partes da ISO 11783 e sobre a utilização da TI e do padrão do formato de arquivos XML. A finalidade deste capítulo é mostrar os desafios da padronização e suas aplicações.

O capítulo 4 apresenta os instrumentos utilizados neste trabalho com suas respectivas características. Em seguida são expostas as informações sintetizadas e a metodologia utilizada no presente trabalho. Este capítulo tem a finalidade de mencionar o que foi utilizado para obtenção dos resultados.

No capítulo 5 são citados os resultados obtidos e suas respectivas validações, tendo como finalidade expor a aplicação da teoria dos capítulos anteriores. Os resultados estão divididos em implementação e testes realizados.

No capítulo 6 são mencionadas as conclusões do trabalho, discussões e os trabalhos futuros. Após as conclusões, no capítulo 7 são mencionadas algumas considerações finais.

E, finalmente, o capítulo 8 contém as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Para situar a automação no setor agrícola, faz-se necessário uma breve revisão sobre Agricultura de Precisão (AP). AP é um sistema de gerenciamento agrícola que incorpora diferentes áreas da ciência tais como a agronomia, a engenharia agrícola, geoestatísticas e outras, determinando assim um caráter multidisciplinar das tecnologias que estão envolvidas (SRINIVASAN, 2006).

A AP é a tecnologia de vanguarda e não simplesmente sinônimo de mapeamento da produtividade ou de aplicação da tecnologia VRT para mapeamento da variabilidade espacial. Desta maneira, a AP deve ser vista como um conjunto de técnicas para o gerenciamento da produção agrícola as quais têm o objetivo de reduzir as incertezas das tomadas de decisões para o melhor entendimento e gerenciamento das variáveis do campo. Dobermann et al. (2004) mencionam que os especialistas de diversas áreas da ciência e da TI envolvidos com AP, utilizam dados de múltiplas fontes e escalas para conduzir as tomadas de decisão da produção agrícola.

Em Gozdowsk e Samborski (2007) a AP é mencionada como um sistema de gerenciamento agrícola, que para sua implementação e prática, demanda pesquisas multidisciplinares, com o uso de várias ferramentas, tais como Sistema de Informações Geográficas (SIG, do inglês *Geographic Information System* - GIS), *Global Positioning System* (GPS – Sistema de Posicionamento Global), sensoriamento remoto e monitores de produtividade agrícola.

Com o aumento do uso de sensores nas atividades agrícolas, faz-se necessária uma fusão do conhecimento de várias áreas da ciência, tais como, ciências biológicas, engenharias (tais como, molecular, elétrica, mecânica, mecatrônica, química, e entre outras), processamento de dados e técnicas de estimação para obtenção de resultados favoráveis à produtividade agrícola (SIGRIMIS et al., 1999).

Segundo Munack e Speckmann (2001), as demandas em AP devem estabelecer conexões ou envolver padrões conhecidos definidos por outras disciplinas, ou seja, por outras áreas da ciência. Uma avaliação da AP para produção de citrus foi feita em Du et al. (2008) aplicando um sistema multidisciplinar integrado com técnicas de sensoriamento remoto multiespectral utilizando veículo aéreo, com tecnologia VRT e com avaliação do impacto ambiental, reforçando o caráter multidisciplinar da AP.

Auernhammer (2002) e Ostermeier et al. (2007) concluem que para obtenção de melhores resultados nas pesquisas que envolvem a integração dos vários setores da produção agrícola é necessário um grupo de pesquisa interdisciplinar.

A seguir, são citadas várias definições para o termo AP:

- “Uma estratégia de gerenciamento que se utiliza da Tecnologia da Informação (TI) para coletar dados de múltiplas fontes, a fim de auxiliarem nas tomadas de decisões relacionadas à produção agrícola” (NATIONAL RESEARCH COUNCIL: BOARD ON AGRICULTURE, 1997);
- “Um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado das culturas” (BALASTREIRE et al., 1998);

- “Um conjunto de técnicas e ações de gerenciamento das lavouras levando em consideração a variabilidade dos parâmetros do solo e do comportamento da lavoura dentro do talhão” (MENEGATTI e MOLIN, 2004);
- “AP é definida como uma estratégia holística e protetora do meio ambiente na qual os produtores agrícolas podem variar o uso de insumos e métodos de cultivo para combinar a variação do solo e as condições da cultura por todo o campo. Há outras definições ainda e todas estas sugerem que haja pelo menos três elementos críticos para o sucesso da AP: informação, tecnologia e gerenciamento.” (SRINIVASAN, 2006).

A definição mais aceita e a que adotaremos no presente trabalho, é a de Menegatti e Molin (2004).

2.1 DIMENSÕES DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Após o impacto inicial da AP, o Comitê de Ciência para Agricultura dos EUA, envolvendo a comunidade acadêmica e empresarial, lançou o documento com o título “Agricultura de Precisão para o século 21” (NATIONAL..., 1997) e estabeleceu os primeiros conceitos de forma oficial no tema. A seguir, nesse item 2.1, será descrito de forma resumida o documento apresentado pelo Comitê norte-americano com algumas inserções de comentários com base em outras literaturas citadas, com o intuito de fornecer um panorama e fundamentar conceitos básicos em Agricultura de Precisão à engenharia e auxiliar a contextualizar o presente trabalho.

Historicamente o desejo de aperfeiçoar a eficiência da produtividade agrícola foi sempre estimulado por inovações tecnológicas. Com escalas maiores de

operação devido ao cultivo em grandes áreas (latifúndio), tornou-se inviável gerenciar de modo eficiente a variabilidade espacial por métodos de observação e/ou experiência.

O principal objetivo da AP no final da década de 1990 era possibilitar ao produtor gerenciar dados de variabilidade coletados anteriormente, que não puderam ser processados e utilizados em consequência do aumento das dimensões da área cultivada. Neste mesmo período, iniciou-se o desenvolvimento dos conceitos de gerenciamento total da fazenda por tomada de decisão.

A incorporação da TI nas práticas de produção agrícola iniciou-se no meio da década de 1980 e tem crescido rapidamente nos últimos anos. Verifica-se que o uso da informação na tomada de decisão agrícola não é novo, pois há décadas as informações do solo e do produto agrícola são coletadas e analisadas para gerenciar os insumos e os resultados de determinadas práticas agrícolas. A aplicação da TI na agricultura ficou conhecida por alguns termos, tais como AP, cultivo preciso (do inglês *precision farming*) e gerenciamento sítio-específico (do inglês *site-specific management*). Uma variedade de definições fora oferecida para o conceito da integração da TI com práticas agronômicas. A maioria dos autores tem focado na habilidade de obter dados da variabilidade espacial na escala de campo e variar insumos na produção agrícola. Porém, há outras escalas geográficas nas quais as informações podem ser obtidas e usadas para facilitar o gerenciamento localizado.

Uma diferença chave entre o gerenciamento convencional e a AP é a aplicação da TI moderna para fornecer, processar e analisar dados de múltiplas fontes de alta resolução espacial e temporal para tomada de decisão e operações no gerenciamento na produção agrícola. Os avanços em tecnologias são um processo

evolucionário e novas tecnologias continuarão a ser adaptadas para tomadas de decisão agrícolas.

Fatores como clima são gerenciados em escalas maiores do que fatores como fertilidade do solo e distribuição de pragas. Independente da escala, a AP divide-se em três componentes:

- Aquisição de dados;
- Análise e interpretação dos dados;
- Implementação de uma estratégia de gerenciamento, baseada nas informações dos dados coletados.

Cada fator específico, que possa ser gerenciado, possui a sua própria escala de variabilidade. O controle de insetos e o monitoramento do clima para o gerenciamento das tomadas de decisões para o cultivo são exemplos de variáveis que são gerenciadas em larga escala em uma determinada fazenda. Outros fatores como fertilidade do solo e distribuições de doenças podem variar significativamente em nível de talhão durante a semeadura e a germinação. Por esta razão, é importante observar a AP em termos das unidades espacial e temporal para tomada de decisão.

2.1.1 GERENCIAMENTO AGRÍCOLA

Segundo o comitê norte-americano (NATIONAL..., 1997), os avanços na TI e sua aplicação na produção agrícola, em outras palavras os avanços na AP, possibilitam mudanças significativas no gerenciamento e na tomada de decisões da produção agrícola. No fim da década 1990, várias práticas e tecnologias emergentes utilizadas na AP foram testadas e refinadas, sendo então implementadas ou rejeitadas. A dinâmica deste processo possibilitou que uma determinada prática e tecnologia inviável tecnicamente ou economicamente tornarem-se viável com o resultado de pesquisa e desenvolvimento de áreas não agrícolas. Portanto, a adoção da AP poderia ser estável ou instável.

O Comitê norte-americano (NATIONAL..., 1997) cita que os processos de tomada de decisão, antes dependentes do conhecimento adquirido pela observação e experiência, são diretamente modificados pela AP. Embora a exatidão nas dimensões da AP continue a evoluir, as características de grande parte das aplicações da AP que estão em uso ou em desenvolvimento, são citadas a seguir:

- A aquisição de dados por meio eletrônico-digital é automatizado e de baixo custo;
- A aquisição de dados ocorre com maior frequência e mais detalhada;
- Informações, provenientes das operações de campo ou amostras do solo/produtos agrícolas, são consideradas como entradas de dados da produção agrícola;
- A interpretação e análises dos dados são mais formais e analíticas;

-
- São aplicadas regras de tomadas de decisão investigadas por instituições de pesquisa em produção agrícola;
 - A implementação da resposta é mais localizada e adequada;
 - O desempenho dos sistemas de gerenciamento alternativo pode ser quantitativamente avaliado.

O Comitê norte-americano (1997) menciona que é difícil avaliar a eficiência da tomada de decisão devido ao tempo considerável entre a entrada de dados e a tomada de decisão. A interpretação ineficiente de dados é mais intensa quando os dados de entrada são preferencialmente observados, ao invés de serem medidos. Mesmo com estas características negativas, o gerenciamento destes cenários não é ignorado pelos fazendeiros. Pesquisas relevantes têm documentado que tomada de decisão humana possui maior probabilidade de cometer erros e interpretação equivocada de dados, devido aos seguintes fatores:

- Longos períodos entre o tempo de execução da tomada de decisão e o seu resultado;
- O fato do ecossistema ser complexo, gera uma dificuldade na compreensão da causa/efeito em uma zona de manejo.

Estas duas características aplicam-se aos cenários da produção agrícola tradicional. Portanto, a interferência de erros humanos pode ser significativamente reduzida com o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de tecnologias, por meio dos setores públicos e privados. Porém, para a área agrícola, o desenvolvimento e evolução de tecnologia tornaram-se viáveis após a queda do custo de sensores e atuadores, com o avanço da eletrônica.

2.1.2 CONTEXTO TOPOGRÁFICO: ESCALAS NA ESPIRAL ESPACIAL ASCENDENTE

Sistemas de produção agrícolas diferem-se de várias maneiras, incluindo escala de operação, tipo de produto agrícola e métodos de gerenciamento. A TI possui um papel importante na produção agrícola e no gerenciamento de recursos naturais, por meio do gerenciamento das informações coletadas por ferramentas envolvidas na produção agrícola.

Os sistemas de produção agrícola são caracterizados pela quantidade de escalas que estão envolvidas. Segundo Fresco (1995), os processos realizados em cada escala influenciam a produção agrícola. Estas escalas são vistas como um fluxo contínuo de informações das áreas de atuação, desde uma planta até o território nacional. Considerando este fluxo contínuo de informações na forma de uma espiral espacial ascendente, a partir do nível de uma única planta até o nível território nacional, como pode ser visto na Figura 2. Fresco (1995) ressalta a necessidade de relacionar resultados ou fenômenos com processos realizados em todas as escalas para determinar uma escala ótima de trabalho e do gerenciamento agrícola.

Figura 2 – Escalas em uma espiral espacial ascendente. Fonte: adaptado de Comitê norte-americano (NATIONAL..., 1997).

A conexão entre as escalas de alto e baixo nível é feita através das tecnologias da comunicação, tais como telefone, linha digital de alta velocidade, comunicação sem fio, comunicação via satélite, entre outras. Por exemplo, os dados coletados por um monitor de produtividade *on-the-go* são enviados por um *link* sem fio para o operador do computador da sede da fazenda, e estes dados são analisados e um pedido de compra é enviado via internet para empresa fornecedora de produtos químicos agrícolas.

O uso da TI permite ao produtor agrícola obter informações espacialmente explícitas e detalhadas em escala total da fazenda, cujas informações são suficientes para um gerenciamento viável em uma escala menor (NATIONAL..., 1997).

2.1.3 MANEJO DO TALHÃO

Os fatores limitantes de um determinado talhão podem mudar anualmente (por exemplo, a disponibilidade de nutrientes, doenças, pragas, plantas invasoras,

clima, etc.), e estabelecem barreiras que dificultam o manejo do talhão (pequenas áreas). Um dos aspectos mais atrativos da AP é o potencial para o gerenciamento individual de pequenas áreas, cujo tamanho é determinado por características locais e/ou pelo tipo de cultivo. A capacidade em determinar a localização repetidamente de um talhão e suas características agronômicas proporciona uma oportunidade de aperfeiçoar o gerenciamento total da área de produção. A subdivisão de um campo em pequenas unidades de manejo pode-se aperfeiçoar sustentavelmente os sistemas de produção agrícola em aspectos econômicos e ambientais (NATIONAL..., 1997).

Os primeiros defensores da AP utilizavam a abordagem de que as decisões de gerenciamento deveriam ser baseadas nas características do solo, assumindo que um conjunto de solos semelhantes poderia ser gerenciado como unidade homogênea. Pesquisas posteriores mostraram que vários tipos de solos possuem aproximadamente a mesma variabilidade de nutrientes. Mesmo o gerenciamento preciso baseado na variabilidade das propriedades físicas e químicas dentro dos tipos de solos pode ou não ser suficiente para o gerenciamento ótimo das atividades da produção agrícola.

Para aumentar a precisão da tomada de decisão, os produtores agrícolas devem estar cientes dos fatores limitantes de cada talhão e ter a capacidade de modificar o gerenciamento nesta escala. A determinação dos fatores limitantes é ao mesmo tempo difícil e onerosa, e seu custo é considerado pelos DSS – *Decision Support Systems* (Sistemas de Suporte a Decisão) na produção agrícola.

Segundo o Comitê norte-americano (1997) é indiscutível que os dados no nível talhão (Figura 2) da AP de alguns produtores agrícolas têm um valor

substancial quando comparados à dados similares de outras operações da produção em escalas de alto nível.

2.1.4 ARMAZENAGEM DE DADOS

Uma grande quantidade de dados do campo espacialmente referenciados é gerada por monitores de produtividade, sensores *on-the-go*, sensores remotos e outros. As informações localizadas de um determinado campo possuem certo valor pelo uso de determinado método de manejo, e possuem outro valor quando combinadas com dados das mesmas variáveis coletados nos campos vizinhos. Companhias têm disponibilizado para venda a terceiros esses dados, mas os produtores têm expressado resistência que seus dados sejam compartilhados. Contudo, o compartilhamento de dados com terceiros contribui para integração entre os vários níveis da escala espacial (Figura 2), mesmo sabendo que existe um custo para a interpretação e análise dos resultados dos dados coletados. Considerando as zonas de manejo como experimentos em fazenda, os dados coletados e analisados estatisticamente podem ser compartilhados com um grupo de produtores agrícolas de uma mesma cooperativa, e estes implementem práticas similares em outras fazendas.

2.1.5 ANÁLISE TOPOGRÁFICA

A análise topográfica considera os efeitos da produção agrícola nas áreas cultivadas, destacando-se o monitoramento da qualidade do solo e água. Com o auxílio do DSS é possível gerenciar processos em vários níveis de escalas (Figura 2). Tendo em foco o impacto das práticas da produção agrícola na mudança do seu ecossistema, o Comitê norte-americano (NATIONAL..., 1997), cita que análise topográfica descreve conexões inerentes entre a qualidade do solo e da água e os

sistemas de produção agrícola. Práticas de gerenciamento que possibilitem o uso eficiente de insumos agrícolas reduzem impactos ambientais e contribuem para a qualidade da bacia hidrográfica.

2.1.6 MANEJO REGIONAL

A escala apropriada para o gerenciamento regional varia de acordo com o fator limitante da produtividade. Diferentemente dos fatores limitantes em nível de talhão, os fatores limitantes em nível de manejo regional são os fatores gerenciados em nível de campo e de fazenda, tais como migração dos insetos, monitoramento da vegetação típica da região e outros. Dados regionais interagem também com dados mais localizados para que os produtores possam incorporar nos DSS (NATIONAL..., 1997).

2.2 TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Um aspecto fascinante da AP é que uma única tecnologia não está comprometida em melhorar uma única prática. A AP é um ponto de convergência de várias tecnologias com aplicação para várias práticas de gerenciamento. Entretanto, toda tecnologia não é necessariamente requerida ou aplicável para toda produção agrícola, conseqüentemente é difícil estabelecer um aspecto largamente aceito nas dimensões da AP. Todas as áreas da TI, tais como a microeletrônica, sensores, computadores, telecomunicações, estão em processo contínuo de evolução. Alguns produtos estão se tornando economicamente viáveis para aplicações agrícolas, devido aos desenvolvimentos e às pesquisas não agrícolas de várias tecnologias. Tecnologias utilizadas na AP como GPS, SIG e sensoriamento remoto foram

desenvolvidas em setores não agrícolas. Em contrapartida, outras tecnologias foram desenvolvidas exclusivamente para aplicações agrícolas, tais como sensores *on-the-go*, fertilizantes a taxa variada e sistemas de mapeamento da produtividade, entre outros. A AP integra a TI com o conhecimento agrônomo, por exemplo, a variabilidade espacial georreferenciada (GUO, 2005; TEKESTE, 2006).

2.2.1 INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS

A georreferência refere-se aos dados baseados em informações geográficas, o que implica na maneira de enxergar a informação agrícola e a variabilidade espacial com coordenadas geográficas. Portanto, para um determinado talhão pode-se obter vários tipos de informações utilizadas para realização de análises comparativas e quantitativas. Por exemplo, dados das propriedades físicas do solo podem ser comparados com outros disponíveis no DSS, como topografia da região, dados do monitor de produtividade e das aplicações VRT realizadas no campo (STABILE e BALASTREIRE, 2006).

2.2.2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS – GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

O Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*) é um dos tipos de Sistemas de Satélites de Navegação Global (GNSS – *Global Navigation Satellite Systems*) compostos por satélites. O conjunto de satélites emite sinais eletrônicos que podem ser captados por receptores móveis sensíveis à frequência de transmissão. O posicionamento é estipulado através das transmissões recebidas simultaneamente de quatro ou mais satélites. Com uma constelação de 24 satélites, qualquer posição no planeta terra é coberta por quatro ou mais satélites 24 horas por dia. Pela referência da localização exata do satélite e o tempo de

recepção do sinal entre o satélite e o receptor, a localização do receptor pode ser determinada por triangulação.

O uso do GPS permite associar a informação de latitude e longitude aos dados obtidos de um local específico do campo. Também é usado largamente para guiar a navegação pelo campo, possibilitando ao produtor agrícola visitar novamente um determinado local para comprovar a eficiência das DSS. Portanto, o GPS torna-se um componente de campo essencial para a maioria das aplicações da AP baseadas em mapeamento e outras medidas das características do solo que podem ser usadas pra geração de mapas de aplicação (NATIONAL..., 1997).

O posicionamento fornecido pelos receptores de GPS não dispõe de uma precisão suficiente para as aplicações dinâmicas em tempo-real da AP. Vários erros, incluindo aqueles introduzidos pelo governo norte-americano por questões de segurança nacional, contribuem para perda de exatidão do posicionamento. Segundo o Comitê norte-americano (NATIONAL..., 1997), na década de 90, o sistema estava sob eficácia seletiva (*Selective Availability* - SA) com uma exatidão em torno de 100 metros. No ano de 2000 a introdução do erro SA foi desabilitada pelo Departamento de Defesa Norte Americano (DOD, 2008), e a acurácia do erro sem SA é em torno de 10 metros. Entretanto, existem soluções técnicas para o melhoramento da exatidão do posicionamento. Uma técnica conhecida como correção diferencial é largamente usada para remover os efeitos das fontes de erros. O erro de posição é determinado pelo uso de uma ou mais estações bases fixas para comparar a posição calculada com a posição conhecida da estação. Pela combinação dos valores dos erros com o sinal do GPS, a exatidão da posição pode melhorar para em torno de 2 metros ou menos. Este posicionamento mais exato é conhecido como GPS diferencialmente corrigido (DGPS – *Differentially Corrected*

GPS). Estas correções podem ser feitas por *software* na operação de pós-processamento ou por *hardware* para o posicionamento em tempo-real. A maioria das operações da AP requer a disponibilidade do posicionamento em tempo-real, conseqüentemente é necessária a transmissão de sinais com correção diferencial para os receptores GPS no campo. Os procedimentos da correção diferencial são complexos, propensos à perda de sinal e ao alto custo dependendo do método utilizado para gerar e transmitir o sinal com correção diferencial.

Algumas empresas oferecem serviços de correção diferencial em tempo-real, porém, estes serviços estão direcionados ao setor industrial e não ao setor agrícola, portanto não cobrem adequadamente as áreas rurais. O governo norte-americano fornece sinais com correção diferencial para os faróis da guarda costeira, porém o acesso a estes sinais estão restritos à áreas navegáveis (costas e rios).

Além do GPS, existe outro tipo de GNSS em operação, que é o *GLObal NAvigation SyStem* (GLONASS) operado pelo governo russo e que possui as capacidades básicas do GPS. O GPS e o GLONASS possuem diferentes padrões de tempo e de sistemas de coordenadas, e essas diferenças devem ser corrigidas por receptores capazes de receber sinais de ambos GNSS. Receptores que usam técnicas como *Carrier Phase Tracking* (RTK – Real Time Kinematic) oferecem alta precisão, podendo obter um erro de até 0,160 m, porém com altos custos (SOUSA, 2007).

Alguns fatores podem limitar o uso do GPS na AP, tal como o tempo de atraso na atualização dos sinais do DGPS para o sensoriamento on-the-go, particularmente para operações com altas velocidades como as aplicações aéreas. A não exatidão do GPS gera dados deslocados, fornecendo mapas diferentes do mapa real. Os sinais do GPS podem ser severamente empobrecidos por mudanças

nas condições do clima, presença de folhagem e radiação eletromagnética. Os dados de posição nem sempre estão disponíveis na frequência de 1 segundo como é esperado, então são gerados dados com brechas.

De acordo com Oksanen et al. (2005) é apresentada uma solução de posicionamento do trator otimizada com o uso de navegação inercial e odometria utilizando um receptor GPS de baixo custo. Contudo, foi utilizado um Filtro de Kalman para a fusão de sensores utilizados no projeto Agrix.

2.2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) E SOFTWARES DE MAPEAMENTO

Os dados de uma variabilidade espacial georreferenciada podem ser armazenados, analisados e mostrados através de softwares da AP. Os softwares usados para manusear estes dados são chamados SIG, e todos os softwares SIG devem ter a capacidade exibir dados graficamente, independente de recursos e custos.

Estes *softwares* variam de simples mostradores de mapas até sistemas complexos capazes de analisar e integrar diferentes tipos de dados de diferentes bases de dados.

2.2.4 SISTEMAS DE MAPEAMENTO DA PRODUTIVIDADE

Os sistemas de mapeamento da colheita são capazes de armazenar as informações relativas à produtividade georreferenciada durante o processo da colheita. Os mapas resultantes mostram explicitamente as áreas de variação de produtividade. Como a produtividade é o fator determinante nos DSS, estes mapas

são desejados para ratificar as decisões de gerenciamento e manejo do campo (ANTUNIASSI et al., 2007).

2.2.5 VARIABLE RATE TECHNOLOGIES (TECNOLOGIAS À TAXA VARIADA)

A indústria norte-americana foi pioneira da AP, com a concepção inicial e a implementação da *Variable Rate Technology* (VRT), ou em português, Tecnologia de Aplicação de Insumo à Taxa Variada. Historicamente os métodos VRT foram introduzidos pela indústria nos meados da década de 1980 (NATIONAL..., 1997). Os aplicadores VRT variam espacialmente as taxas de aplicação dos insumos, tais como sementes, fertilizantes e produtos químicos. Os sistemas VRT incluem controladores especiais que variam as taxas do fluxo de um determinado produto, e até mesmo as taxas de vários produtos simultaneamente, em resposta à taxa desejada em um local específico. Os sistemas VRTs são projetados de acordo com o insumo que será controlado e a fonte de informação utilizada para as taxas locais, podendo ser esta fonte de informação:

- Baseadas em mapas, sendo necessário o georreferenciamento por sistema GPS/DGPS e uma unidade de comando que armazene estas informações para o plano de aplicação de insumos em cada local a ser atendido;
- Baseados em sensores, que não necessitam do georreferenciamento, porém incluem uma unidade de comando dinâmico que determina a aplicação através de análises em tempo-real das medidas de um sensor do solo ou cultura, para cada lugar dentro do campo percorrido.

Observou-se pelo Comitê norte-americano (NATIONAL..., 1997) que os dados de uma aplicação VRT em tempo-real que monitora as condições do solo e da cultura variam mais que os dados obtidos de um levantamento mapeado do campo.

Os sistemas GPS/DGPS limitam-se a uma amostra por segundo, o que limita a ação do controle à uma ação por segundo. Os sistemas em tempo-real oferecem alguns benefícios sobre o sistema de mapeamento, pois é direta e contínua a relação entre medição e atuação, reduzindo a área não amostrada. O mapeamento é baseado em um número limitado de amostras, podendo gerar um erro nas localidades estimadas. Apesar disso o sistema baseado em sensores é utilizado para alguns casos onde os requisitos são mais apurados, pois muitas vezes o custo não justificaria a adoção deste método.

VRTs com sensores já são utilizados em equipamentos agrícolas para:

- Aplicação de amônia anídrica, em resposta às variações do solo.
- Aplicação de sementes, população, em resposta às propriedades do solo.
- Aplicação de herbicidas, em resposta às oscilações de pragas na lavoura.
- Aplicação de nitrogênio, em resposta aos níveis de nitrogênio no solo.

Os sistemas baseados em mapas são empregados em aplicações de alto volume, que correspondem especificamente à correção do solo antes do plantio com fósforo e potássio. Apesar disto, este método também está disponível para os insumos citados anteriormente.

Os custos para automatização destes processos não são proibitivos, porém deve-se atentar para a gama de funções que podem ser requisitadas. Basicamente os VRTs representam uma interface entre *hardware* e *software*, porém este conjunto deve ser capaz de receber e processar os dados vindos dos sistemas GPS/DGPS, integrando com as informações mapeadas (UMEZU e CAPPELLI, 2006). Os requisitos podem então crescer conforme o grau de sofisticação e complexidade do sistema. Podem ser incorporados múltiplos insumos, para casos de aplicação de

mais um tipo de insumo, ou até mesmo um sistema GPS/DGPS embutido no produto. Além de todas essas variações, os custos devem ser levantados considerando o custo para o mapeamento do solo, treinamento do pessoal de operação e ainda o custo de desenvolvimento de novas tecnologias, quando necessário.

Uma análise do desempenho de um controlador VRT foi realizada em Werner et al. (2007). E em Umezu e Cappelli (2006), foi desenvolvido um controlador VRT para equipamentos de aplicação de insumos.

2.2.6 SENSORES PARA SOLO E PLANTAS

Moran et al. (1996) concluem que as informações dos sensores de solo são necessárias para levantar dos dados de mistura do solo, tais como quantidade de ácido nítrico[†], compactação, textura, salinidade, resíduos da colheita, número de sementes, etc. Estes parâmetros, juntamente com o pH do solo e a quantidade de fósforo e potássio não podem ser levantados por sensores remotos, porém os dados em tempo-real que os sensores de solo disponibilizam não são factíveis com os mapeamentos via satélite ou avião.

2.2.7 SENSORIAMENTO REMOTO

Os métodos remotos são baseados no emprego de aviões ou satélites o que é um potencial importante na AP para aquisição de dados. Apesar disto, melhorias são necessárias para os sensores remotos fornecerem a precisão necessária para a prática agrícola.

[†] Ácido nítrico - utilizado na fabricação de fertilizantes.

Segundo Cavani (2007) sistemas automáticos são normalmente empregados na indústria com o objetivo de otimizar a produção. No setor agroindustrial, estes sistemas são usados com o mesmo propósito, sendo que dentre estes sistemas é possível destacar os que empregam a visão computacional, pois esta tem sido usada para inspeção de lavouras, colheita mecanizada, guiagem de veículos e robôs, entre outras aplicações.

Em Tangerino et al. (2008) apresenta-se o uso remoto de um sensor ativo *on-the-go* que mede o estresse da planta para detectar o momento ideal para aplicação de fertilizante nitrogenado por VRT. Apresenta-se também o emprego de sensores ultra-sônicos para leitura da variabilidade espacial da altura da cultura.

Espera-se, com o conteúdo exposto neste capítulo, ter contextualizado as dimensões da AP e de algumas das tecnologias envolvidas, proporcionando assim uma visão dos desafios da padronização, que serão abordados no Capítulo 3.

3 DESAFIOS PARA PADRONIZAÇÃO

O emprego da TI em Agricultura de Precisão trouxe um novo desafio: A proliferação de máquinas com controle automático e seus sistemas de arquivo de soluções proprietárias. Como ocorreu no início da automação de escritório, hoje na AP há a ocorrência de arquivos incompatíveis provenientes de aplicativos de diferentes fabricantes.

A padronização da eletrônica embarcada em máquinas agrícolas é um esforço mundial, sendo a norma ISO 11783 o resultado deste esforço. Esta norma tem por objetivo prover um padrão para a interconexão de dispositivos eletrônicos embarcados em máquinas e implementos agrícolas através de uma rede de controle e comunicação serial. Porém, como citado anteriormente, o desenvolvimento das catorze partes da norma ISO 11783 ainda não está concluída.

Neste capítulo são mencionados os desafios da padronização, expondo sobre a força-tarefa criada no Brasil, as normas e as necessidades que deram origem a norma ISO 11783, e também é apresentado um resumo sobre cada parte desta norma.

3.1 FORÇA TAREFA ISOBUS BRASIL

No Brasil a norma ISO 11783 foi divulgada na Agrishow 2007, apoiada pela Força Tarefa ISOBUS Brasil (FTI BRASIL, 2008). A FTI é formada por um grupo de

empresas, universidades e instituições que se propuseram a promover esta norma, através de meios de divulgação e eventos e realizam testes e aplicação do padrão, dando suporte ao seu desenvolvimento. Além da FTI Brasil, há a comissão de estudos CE 04:15.15[‡] – Comunicação e Eletrônica Embarcada, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) responsável pela tradução e adaptação da ISO 11783 com o objetivo de disponibilizar a versão brasileira da norma e formalizar a participação brasileira abrindo canal oficial com a ISO. A FTI apóia as ações da CE 04:15.15 e realiza de fato as atividades de intercâmbio entre os membros da IGI e da NAIITF.

3.2 CONTEXTO DA PADRONIZAÇÃO E A NORMA DIN 9684 / LBS

Seguido a mesma tendência dos sistemas hidráulicos e elétricos, o uso de equipamentos eletrônicos e computadores embarcados tem crescido em máquinas agrícolas (AUERNHAMMER e SPECKMANN, 2006). Sistemas de controle dos processos autônomos permitem o uso de novos métodos de otimização e com isso reduzem a carga de trabalho. De acordo com Auernhammer e Speckmann (2006), em breve sistemas de controle com características holísticas poderão controlar toda produção agrícola, tornando-a mais eficiente, mais precisa, com menor impacto ambiental e totalmente rastreada. Os sistemas de produção agrícola vão ser desenvolvidos a fim de obter uma maior precisão na produtividade e na armazenagem para AP (GOERING et al., 2003). Para que esta característica seja alcançada e adotada mundialmente, as informações do processo da produção

[‡] CE 04:15.15 – Código referente a comissão de estudos.

agrícola devem ser disponibilizadas para todo o sistema de maneira clara, rápida, confiável e barata. Para isso se faz necessária a utilização de normas (ou padrões) em todos os setores da produção agrícola. O uso da eletrônica e a TI são essenciais para produção agrícola, apesar de ambas as tecnologias terem origens diferentes (AUERNHAMMER e SPECKMANN, 2006).

Segundo Auernhammer (1989), o uso da eletrônica em máquinas agrícolas iniciou com a simples função de monitoramento através de sensores, processamento e monitoramento. A transição do uso da eletrônica para controle e atuação foi marcada com dois notáveis desenvolvimentos: um foi o do controle eletrônico para engate de tratores e o outro foi um computador para um pulverizador. Ambos possuem uma comunicação proprietária entre os sensores, controladores, atuadores e IHM. Esta tendência foi seguida a partir do início da década de 1980 (Figura 3).

Figura 3– Controladores de implementos dedicados com transferência de dados manual. Fonte: adaptado de Auernhammer e Speckmann (2006).

São mostrados na Figura 3 os vários tipos de aplicações agrícolas (por exemplo, fertilização, pulverização, etc.) convergindo manualmente para um caderno de registro. Após o registro da aplicação agrícola, os dados eram analisados em um computador de gerenciamento. Um intercâmbio de dados rápido e confiável só será possível se os tratores fornecerem sinais semelhantes numa mesma velocidade e utilizando conectores num mesmo padrão. Para suprir estes problemas, o trabalho científico de Jahns e Spekmann (1984) foi o primeiro a propor a utilização de um sistema de comunicação aberto com inteligência compartilhada nos controladores da aplicação e uma única interface de usuário centralizado (CMC - Figura 4). Pode-se observar na Figura 4 que o CMC monitora diretamente algumas variáveis (combustível, marcha, etc.). O CMC possui uma *Interface BUS* que possibilita o monitoramento via BUS serial de outras variáveis que possuem *interface BUS* (sensor de velocidade, controle de engate, etc.).

Figura 4 – Esquemático de um sistema de controle e informações universal. Fonte: adaptado de Jahns e Speckmann (1984).

Em Peisl et al. (1994), foi desenvolvida a primeira aplicação do *Binary Unit System* (BUS - Unidade Sistema Binário), que originou uma rede de comunicação serial adequada para várias aplicações agrícolas, como pode-se observar na Figura 5. Porém, nesta primeira versão do BUS não havia conexão padronizada entre os dispositivos, e então Bosselmann (1987) propôs uma implementação de uma conexão padronizada entre os dispositivos conectados ao BUS.

Figura 5 – Computador para todos os fins da fazenda com meios para transferências de dados e sinais do trator. Fonte: adaptado de Adaptado de Bosselmann (1987).

Pode-se perceber que houve um avanço entre o sistema da Figura 3 e o sistema da Figura 5. Pode-se observar na Figura 5, as várias aplicações agrícolas conectadas a um dispositivo eletrônico sem um padrão definido. Já os sinais do trator (sensor radar, posicionamento, etc.) utilizam uma conexão no padrão DIN 9684/1. O dispositivo eletrônico central monitora aplicações agrícolas e armazena os dados em um cartão de memória não volátil, e estes dados são analisados no computador de gerenciamento.

3.2.1 INTERFACE DE SENSOR EMBARCADA NO TRATOR PARA O CONTROLE DO IMPLEMENTO

Para atingir o regime permanente de uma aplicação, segundo Auernhammer e Speckmann (2006), faz-se necessário um levantamento dos parâmetros indispensáveis para execução da aplicação. Contudo, cada aplicação deve requerer vários tipos sensores para sua detecção e monitoramento. Portanto, a solução mais econômica era desenvolver um trator que disponibilizasse os sinais e dados indispensáveis para a aplicação através de uma interface padronizada. Com este conceito, foi desenvolvida a primeira parte da norma DIN 9684 (*Agricultural Tractors and Machinery*) entre 1986 a 1989, que posteriormente em 1995, conhecida como a norma ISO 11786 (ISO 11786, 1995).

3.2.2 BARRAMENTO AGRÍCOLA EMBARCADO (LBS)

As conexões ponto-a-ponto de acordo com a norma DIN 9684-1 só permite a troca de dados em um sentido entre o trator e o aplicador. Esta limitação, impediu drasticamente a implementação de sistemas mais complexos com o potencial de reduzir o número de tratores, recursos humanos, carga horária de trabalho, entre outras. Os tratores e implementos adequados para aplicações agrícolas necessitavam ter um aplicador próprio com capacidade de comunicação entre elas de acordo com o padrão. De acordo com a DIN 9684-1, são definidas quatro interfaces bidirecionais essenciais:

- Sistema de gerenciamento da fazenda ↔ Unidade trator-implemento;
- Unidade trator-implemento ↔ Operador;
- Operador ↔ Implemento (e trator);

- Implemento ↔ Implemento.

No período de 1987 até 1997, foi desenvolvida uma norma no *Landmaschinen-und AckerschlepperVereinigung* (LAV – Associação de Fazendeiros e Máquinas agrícolas da Alemanha), com o suporte do *Deutsches Institut für Normung* (DIN – órgão de normatização da Alemanha). Auernhammer e Frisch (1993) apresentam o desenvolvimento de um projeto de investigação aplicada e simultânea para normatização que foi definida anteriormente. O barramento agrícola móvel, conhecido como LBS do termo alemão *Landwirtschaftliches BUS System* e do inglês *Agricultural BUS System*, foi desenvolvido de acordo com as partes de 2 a 5 da DIN 9684 para atender as necessidades da produção agrícola da Europa Central. Um dos requisitos fundamentais do setor agrícola foi à inibição de qualquer intervenção direta nas funcionalidades do trator-implemento (Figura 6).

Figura 6 – Comunicação eletrônica embarcada em uma unidade trator-implemento pela LBS.

Fonte: adaptado de Auernhammer e Frisch (1993)

Pode-se observar na Figura 6, existe um barramento (BUS do trator-implemento) que interliga os dispositivos embarcados no implemento traseiro com os do trator e com os do implemento dianteiro, constituindo assim o barramento agrícola embarcado. Esta interligação utiliza os conectores (Terminador BUS,

Conector do BUS, etc.) e dispositivos padronizados (T-ECU, Terminal BUS, etc.) pela norma DIN 9684. Em comparação as Figura 3 e Figura 5 com a Figura 6, o dispositivo eletrônico central é o Terminal do BUS com suporte para transferência de dados para o computador de gerenciamento via memórias portáteis não voláteis. Há também outro barramento mostrado na Figura 6, que é o BUS interno do trator que interliga os dispositivos de monitoramento do funcionamento do trator (sensor de velocidade, pressão do fluido hidráulico, etc.).

3.2.3 CONTROLLER AREA NETWORK (CAN)

Em vez de desenvolver um novo sistema para comunicação serial proprietária para LBS, decidiu-se utilizar um protocolo da indústria automotiva comercialmente disponível, com o objetivo de acelerar os avanços tecnológicos e o *know-how*. Outro motivo foi facilitar o cabeamento dos diversos dispositivos eletrônicos embarcados no trator e no implemento, onde podemos observar na Figura 7(a) a diminuição da complexidade entre o cabeamento convencional e o cabeamento multiplexado entre o painel de controle e o sistema, ou seja, pode-se reduzir em 4x a quantidade de cabos entre um convencional a um multiplexado.

(a)

(b)

Figura 7 – (a) Comparação entre o sistema centralizado e o distribuído. (b) Conexão via cabo par trançado da rede CAN. Fonte: adaptado de HED (2008).

Par interconexão dos dispositivos CAN é utilizado cabo par trançado, como pode-se observar na Figura 7(b). Observa-se na Figura 6 que o protocolo de baixo nível de comunicação serial de dado para baixas velocidades (até 125 kb/s) adotado foi CAN versão 2.0A desenvolvido pela Bosch (BOSCH, 2008; ISO 11519, 1994). Esta comunicação é baseada em um protocolo multi-mestre para processo distribuído. A comunicação serial de dados é feita com troca de mensagens entre os dispositivos, cujo quadro de mensagem do CAN 2.0A possui um identificador com 11 bits e campo de dados com 64 bits. O protocolo de rede do CAN fornece o endereçamento *object-oriented* (orientado a objeto), priorização de mensagens,

quadro de mensagens curtas e um tratamento de erro integrado, satisfazendo as necessidades das aplicações agrícolas.

Kanehiro et al. (2006) mencionam que a rede CAN pode operar com a velocidade máxima de 1Mbs. Possui imunidade a ruídos de alta frequência, cuja característica faz-se necessária quando as linhas de alimentação geram ruídos.

Pesquisas realizadas na Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, comprovam a viabilidade da aplicação do protocolo CAN na área agrícola pela análise de desempenho nos trabalhos Sousa et al. (2001), Sousa (2002) e Godoy (2007a).

3.2.4 DEFINIÇÃO DE UM SISTEMA LBS

A parte 2 da norma DIN 9684 define as aplicações, a linha de atuação, o protocolo BUS, o formato da mensagem e as configurações da camada física e de rede, de acordo com a norma ISO 11519 (ISO 11519, 1994).

Em oposição à filosofia original CAN, onde cada Nó administra apenas um ou alguns sensores e atuadores independentes como objetos, LBS define o conceito de trabalho por Nó controlador (*Job Controller* – JB). O JB proporciona o controle e execução de um dispositivo, ou a completa funcionalidade de um serviço (por exemplo, interface do usuário). Por isso, os JB são responsáveis por toda comunicação serial dos dispositivos ou dados do serviço conectados no BUS.

3.2.5 ESTRUTURA DO IDENTIFICADOR DA LBS

Combinações complexas de trator e implemento exigem a transmissão de um grande número de objetos dados em condições diversas. Isto é dificilmente alcançado com o endereçamento de 11 bits tendo um número máximo de 2048

objetos diferentes. Portanto, o campo identificador do CAN foi modificado para o uso da LBS, como pode-se observar na Figura 8.

Figura 8 – Definição do identificador de 11 bits da LBS. Fonte: adaptado de Auernhammer e Speckmann (2006).

A estrutura do identificador permite que ele seja utilizado para:

- Criar oito grupos diferentes de prioridades, utilizando os três bits mais significativos. Dos oito grupos diferentes de prioridade, a LBS define 6, que são (Figura 8):
 - Funções do Sistema;
 - Mensagens Básicas;
 - Mensagens Alvo;
 - Serviço >> Usuário;
 - Usuário >> Serviço;
 - Sistemas proprietários.
- Atribuir à maior prioridade no nível do sistema de supervisão;

- Atribuir a segunda maior prioridade para mensagens básicas;
- Atribuir a terceira maior prioridade no nível de dados do processo;
- Oferecer serviços especiais para o sistema BUS;
- Ter um campo de controle nos primeiros quatro bytes do campo de dados.

3.2.6 O TERMINAL DO USUÁRIO DA LBS

Um serviço do LBS chamado *User Station* (BS - terminal do usuário) foi desenvolvido para ser uma interface humano-máquina, baseada na rede LBS. O BS funciona como um terminal virtual em janelas seqüenciais ou multi-modo e proporciona um meio para exibição e troca de dados com dispositivos conectados ao barramento. A troca de dados é *mask-oriented* (orientado a máscara) e controlado por cada JB na rede LBS.

3.2.7 TROCA DE DADOS DA LBS

O serviço *Task Controller* (controlador tarefa) da rede LBS foi concebido para a troca de dados entre o computador de gerenciamento da sede da fazenda e o equipamento móvel (trator-implemento). Neste serviço são definidas as interfaces entre o Sistema Estacionário (computador de gerenciamento) e o Sistema de Controle do Processo Embarcado, como pode-se observar na Figura 9.

Figura 9 – Task Controller e a troca de dados em uma rede LBS. Fonte: adaptado de ISO 11787 (1995).

De acordo com o diagrama mostrado na Figura 9, os dados de uma aplicação agrícola trafegam por 3 interfaces. Na interface DIN 9684/3, estão definidas as mensagens CAN trocadas durante o processo e como os dados serão armazenados na interface não padronizado do meio de transferência. A norma DIN 9684 não define a maneira que o dado deve ser transportado, mas define o formato do arquivo transportado. Na interface DIN 9684/5 estão definidos como os dados do processo são interpretados, por exemplo, os dados do processo são definidos como Aquisição da Tarefa. Quatro diferentes formatos de arquivos ASCII são relevantes para a troca de dados com o computador de gerenciamento agrícola. A sintaxe corresponde ao *Agricultural Data Interchange Syntax* (ADIS – Sintaxe de Troca de Dados Agrícola) da norma ISO 11787 (ISO 11787, 1995).

Para cada aplicação agrícola, o arquivo Definições da Tarefa e o arquivo Aquisição da Tarefa devem ser redefinidos e transferidos para o Sistema de

Controle do Processo Embarcado. Ambos os arquivos são idênticos, enquanto os arquivos Dados da Máquina e o arquivo Dados do Campo não são modificados pelo processo. No Sistema de Controle do Processo Embarcado, o *Task Controller* utiliza as informações do arquivo Definições da Tarefa para controlar o implemento por meio das mensagens *process data* (dados do processo) da LBS.

3.2.8 LBS NA PRÁTICA

A norma DIN 9684 (LBS) é composta por cinco partes, como pode-se observar na Tabela 1:

Tabela 1– Partes da Norma DIN 9684/ LBS.

DIN 9684	AGRICULTURAL IMPLEMENTS AND TRACTORS. INTERFACE FOR SIGNAL TRANSMISSION (TRATORES E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS. INTERFACE PARA TRANSMISSÃO DE SINAIS)
Parte 1	<i>Point to point connection</i> (Conexão ponto a ponto)
Parte 2	<i>Serial data BUS</i> (Dados seriais do BUS)
Parte 3	<i>System functions, identifier</i> (Funções do sistema, identificador)
Parte 4	<i>User Station</i> (Estação do Usuário)
Parte 5	<i>Data Exchange with the management information system, Task Controller 1</i> (Troca de dados entre o Sistema de Gerenciamento da Informação e o Controlador de Tarefas 1)

Segundo Auernhammer e Speckmann (2006), após o início do primeiro teste do sistema em 1993 e da publicação da norma em 1997, a implementação, na prática, foi muito restrita. Os principais motivos foram os seguintes:

- Limitada disponibilidade de tratores de série com equipamentos LBS;
- Poucos implementos disponíveis com *job controllers* em conformidade com LBS;
- Incompatibilidades com sistemas baseados em outras normas (por exemplo, SAE J1939) e com sistemas de gerenciamento agrícolas;
- Definições insuficientes na norma;

- Falta de integração direta com as informações do GPS;
- Problemas na codificação dos dados de transferência entre computador de gerenciamento da fazenda e equipamentos móveis;
- Definições insuficientes do *Task Controller*;
- Pressão limitada de fatores econômicos e ambientais que incentivasse o uso da norma LBS;
- Escassez de instalações de ensaio e procedimentos de certificação.

Portando, até agosto de 2004, cerca de 20.000 tratores no mercado mundial eram equipados com LBS. Provavelmente, só uma pequena porcentagem de tratores utilizem o LBS (aproximadamente 6000 terminais LBS).

Desta forma, devido aos fatores limitantes, o uso da norma LBS tornou-se inviável. Após a verificação desta inviabilidade, iniciou-se uma nova fase da padronização agrícola e da eletrônica embarcada. Isso será apresentado na próxima seção.

3.3 NORMA ISO 11783

Nesta seção são expostos o conceito ISOBUS, um resumo da norma ISO 11783 e ISOBUS na prática. Entre essas informações expostas, algumas delas são muito relevantes para implementação da norma ISO 11783, porém deve-se citar que uma abordagem mais geral e detalhada da norma ISO 11783 foi feita em Sakai (2008).

A norma ISO 11783 é composta por um conjunto de definições, regras e procedimentos que têm por objetivo permitir a conexão e a troca de informações entre unidades de controle de um trator e de um implemento agrícola. Em outras palavras, é uma tentativa de aplicar o conceito de “*plug and play*” entre as máquinas e equipamentos agrícolas cada vez mais informatizadas. A norma ISO 11783 surgiu da união de dois outros padrões: LBS/ DIN 9684 citados na seção 3.2, uma norma baseada no protocolo CAN 2.0B (BOSCH, 2008). Portanto, a rede de comunicação é baseada em mensagens segundo o protocolo CAN (BENNEWEIS, 2005).

As mensagens são formadas por campos de bits, dos quais dois são destacados: o *Parameter Group Number* (PGN), que identifica o tipo da mensagem e é composto por 18 bits, e o Data Field, que contém os dados da mensagem, e pode ser de no máximo 8 bytes. Ou seja, cada mensagem possui tanto um identificador quanto um dado, e a partir delas são gerados diversos procedimentos para troca de informações.

Uma rede ISO 11783 básica é composta pelas seguintes unidades controladoras: GPS, Terminal Virtual (VT), Unidade de Controle Eletrônico do Trator (TECU) e Controlador de Tarefas (TC), distribuídas em uma rede (ou barramento) baseada no protocolo CAN.

O conceito básico da norma segue o Modelo Básico de Referência OSI, enquanto que diversas funcionalidades estão espalhadas por várias partes da norma (SAKAI, 2008).

3.3.1 ISOBUS

Embora um pouco tarde, a importância da eletrônica e tecnologia da informação no setor agrícola também foi reconhecida internacionalmente. As

primeiras discussões em 1988 acabaram por resultar na fundação de um subcomitê adequado (SC 19), em 1991, sob a liderança da comissão técnica 23 (ISO TC 23/SC 19) cujo é responsável por toda a área da agricultura e das florestas. Um grupo de trabalho (GT 1) dentro subcomitê 19 trata exclusivamente da aplicação de produtos eletrônicos em máquinas móveis. De acordo com os países participantes (Dinamarca, Alemanha, França, Grã-Bretanha, Holanda, Canadá, e os EUA) foram adotadas as seguintes definições, diferentes da LBS/ DIN 9684:

- O uso do protocolo CAN 2.0B (ISO 11898, 1993), com um identificador estendido de 29 bits;
- Aumentou-se a velocidade BUS para 250 kbit / s;
- Estruturação da norma com mais partes e melhores definições;
- Adaptar a norma ISO com *Open System Interconnect Basic Reference Model* (Modelo Básico de Referência OSI) sempre que possível (SAE J1939, 2003);
- Definição de uma norma interoperável com a norma SAE J1939 (SAE J1939, 2008);
- Definição das tarefas da *Tractor ECU* (ECU do Trator) para diferentes classes;
- Permissão de mensagens do tipo proprietárias.

A funcionalidade do sistema de informação da norma DIN 9684 foi herdado quase inalterado pela norma ISO 11783. O termo ISOBUS foi adotado por um grupo internacional de representantes de *marketing* de vários fabricantes de máquinas agrícolas do mundo todo em 2001, por duas razões:

- A intenção principal foi ter um termo de fácil memorização do que um número técnico da norma ISO 11783. Isto não foi só por causa dos representantes nas empresas que lidam com este tema diariamente, mas também para os usuários finais, os quais provavelmente desconhecem a existência ou a função da organização ISO;
- Nos primeiros momentos da implementação, a conclusão da norma estava longe de ser completada e uma base comum das atividades conjuntas se fez necessária. Por esta razão, os grupos internacionais de implementação, tais como o *Implementation Group ISOBUS* (IGI) e *North American ISOBUS Implementation Task Force* (NAITF), iniciaram a definição dos chamados documentos de Nível de Implementação (IL - *Implementation Level*) para cada uma das partes da norma ISO 11783. Os ILs são utilizados para o desenvolvimento de sistemas ISO 11783 compatíveis, proporcionando a implementação, o questionamento e a certificação ISOBUS antes da conclusão da norma ISO 11783. Isto permitiu que as indústrias conseguissem implementar completamente partes da norma ISO 11783 ou seções desta antes de tornar padrão internacional, uma vez que, o processo da completa padronização leva vários anos enquanto as indústrias necessitam das soluções imediatas (NISSEN, 2008a).

Em outras palavras, ISOBUS quer dizer mais do que ISO 11783, pois determinadas partes da norma são colocadas em ação antes de serem oficialmente publicadas. Questionamentos, exceções ou correções são realizadas antes de serem incluídos na norma. A certificação ISOBUS provavelmente não realiza testes com as definições completas da ISO 11783, pois é uma norma mais recente e complexa (NISSEN, 2008a).

A seguir são apresentados o resumo de cada uma das 14 partes da norma ISO 11783, para se obter uma conceituação básica com respeito à comunicação entre um implemento agrícola com o VT e o TC.

3.3.2 PARTE 1: NORMA GERAL PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS EMBARCADOS (*GENERAL STANDARD FOR MOBILE DATA COMMUNICATION*)

Esta parte contém definições básicas da norma e caracteriza as funções fundamentais e da estrutura organizacional. No final da normalização, esta parte será concluída e publicada (ISO 11783-1, 2007; SAKAI, 2008).

3.3.3 PARTE 2: CAMADA FÍSICA (*PHYSICAL LAYER*)

Esta parte descreve as definições do *hardware*. As principais características da estrutura do barramento são:

- Comprimento do BUS de no máximo 40 m por segmento;
- Extensão do BUS através de pontes de segmento a segmento;
- Comprimento *stub* (distância entre o conector do barramento e o terminador) de no máximo de 1 m;
- Distância entre ECU mínima 0,1 m;
- Número máximo de 30 Nós por segmento;
- Máximo 254 ECUs no total;
- Cabo de par trançado, não blindado, 75 Ω de impedância, 2 fios de sinal para rede CAN e 2 fios para alimentação do terminador ativo do BUS;

- Codificação das informações pelo identificador protocolo CAN 2.0B (como endereço de origem, endereço do destino e conteúdo do campo de dados), utilizando dois *Protocol Data Units* (PDU – Unidades dos Dados do Protocolo), que são PDU1 (comunicação ponto a ponto) e PDU2 (transmissão de dados para vários receptores ou determinado grupo, ou seja, difusão);

As principais características dos conectores são:

- BUS do implemento: conector *breakaway*, 9 pólos com fonte de alimentação integrada;
- Extensão do BUS: 9 pólos com fonte de alimentação integrada;
- Plug *in-cab* (da cabine do trator): 10 pólos para conexão do Terminal Virtual;
- Plug das ECUs: proprietárias entre a ECU e o BUS;
- Diagnóstico: 9 pólos.

Esta parte da norma também regulamenta o BUS *off* (desligado) e falhas por limitações (ISO 11783-2, 2002; SAKAI, 2008).

3.3.4 PARTE 3: CAMADA DE ENLACE DE DADOS (DATA LINK LAYER)

O protocolo básico especificado é o CAN versão 2.0 B (BOSCH, 2008). Para garantir a compatibilidade entre aplicações de ônibus, caminhões e veículos *off-road* (agrícolas), o formato do *frame* da mensagem foi harmonizado com a norma SAE J1939. Todas as informações têm de ser integradas no *Protocol Data Units* (PDU – Unidades do Protocolo de Dados). Um único PDU consiste de 7 campos, que representa a chave para a sua interpretação. Seis campos estão no identificador, que são: Prioridade, Reservado, *Data Page*, *PDU Format*, *PDU Specific*, *Source Address* (SA – endereço de origem). O sétimo campo é o Campo de Dados de 64

bits para uma única mensagem CAN. Há 8672 possibilidades diferentes de PDUs, que estão divididas em dois grupos, PDU1 e PDU2 (Figura 10).

Figura 10 – Estrutura do identificador ISOBUS. Fonte: adaptado de ISO 11783-3 (1998).

Quando estiver utilizando PDU1, existem 480 possibilidades diferentes e o *Destination Address* (DA – Endereço de Destino da mensagem) pode ser destino específico e global. Já para o PDU2, existem 8192 possibilidades diferentes. Ele só pode ser utilizado para comunicação com *Parameter Groups* (Grupos com Parâmetro) e somente destinos globais. Para o tratamento dos procedimentos dos PDUs, manipulação das respostas, tempo das respostas (<200 ms) ou períodos de espera (*Timeout* = 1250 ms) são especificados (ISO 11783-3, 1998; SAKAI, 2008). Cinco tipos de mensagens são atualmente suportados:

- *Command* (Comando) – Pode ser de destino específico ou global de uma determinada fonte;
- *Request* (Pedido) – Oferece a capacidade de solicitar informações em nível global ou de um destino específico;
- *Broadcast/ Response* (Resposta) – Pode ser uma difusão de informações para todos os dispositivos que estão na rede ou de uma resposta a um *Command* ou *Request*;

- *Acknowledgement* (Reconhecimento ou Confirmação) – Fornece um mecanismo *Handshake* (aperto de mão) entre os dispositivos na rede.
- *Group Function* (Função do Grupo) – Pode ser usado para grupos com funções especiais (funções proprietárias, funções *multi-packet* de um protocolo de transporte, e entre outras).

A norma define um recurso chamado *Parameter Group Number* (PGN – Número do Parâmetro de Grupo). O PGN é formado pelos campos bits reservado (R), *Data Page* (DP - página de dados), *PDU Format* (PF - Formato do PDU) e *PDU Specific* (PS - PDU Específico), totalizando 18 bits. Cada PGN é associado a uma, e apenas uma mensagem. Assim, as mensagens são identificadas pelos PGN, que se encontram no campo identificador de cada quadro. O campo de dados deve ser interpretado pelas ECU de acordo com o PGN identificado. Ou seja, para cada PGN existe um protocolo que define o conteúdo, a divisão e as unidades do campo de dados.

3.3.5 PARTE 4: CAMADA DE REDE (*NETWORK LAYER*)

Esta parte da norma especifica regras, requisitos e características para a troca de dados dentro dos diferentes segmentos da rede de comunicação. O foco principal são as especificações *Network Interconnection Unit* (NIU – Unidade de Interconexão de Rede) e suas tarefas, como por exemplo, o encaminhamento da mensagem, filtragem, tradução de endereços, reempacotamento de mensagem e gerenciamento de bancos de dados.

São também especificados os diferentes tipos de NIU, tais como o Repetidor, *Bridge* (Ponte), Roteador ou *Gateway*. Um exemplo típico é a aplicação da *Tractor*

ECU (TECU – ECU do Trator, onde podemos ver na seção 3.3.10 (ISO 11783-4, 2001; SAKAI, 2008).

3.3.6 PARTE 5: GERENCIAMENTO DE REDE (*NETWORK MANAGEMENT*)

O gerenciamento de rede abrange toda a área de tratamento e configuração do SA, do NAME e do tipo de ECU como um único membro identificável na rede. Todos os procedimentos importantes, convenções e seqüências são especificadas aqui, como o nome das especificações, nome dos campos, gerenciamento por SA de mensagens e procedimentos, tipos de ECU (*Standard, Diagnostic/ Development Tool, NIU*), tipos de SA das ECUs (*non-configurable-address, service-configurable-address, command-configurable-address* ou *self-configurable-address*), procedimentos inicialização da rede e as funcionalidades da rede (ISO 11783-5, 2001; SAKAI, 2008).

3.3.7 PARTE 6: TERMINAL VIRTUAL (*VIRTUAL TERMINAL*)

O *Virtual Terminal* (VT - Terminal Virtual) é uma ECU localizada na cabine do trator. Seu conceito é baseado em uma Interface Humano Máquina (IHM) e o objetivo deste dispositivo é a interação do usuário com qualquer implemento conectado ao trator. Esta interação é possível através de uma tela e de um conjunto de botões definidos no mesmo documento. Existe a opção de tela sensível a toque (*touch screen*).

Assim, quando um implemento agrícola ISOBUS compatível conectar-se ao trator, será estabelecida uma comunicação entre Terminal Virtual e implemento através de um protocolo definido na parte 6 da norma ISO 11783. Este protocolo define a troca de informações que permite ao usuário interagir com o implemento

tanto enviando funções de qualquer natureza, por exemplo, escolher um modo de aplicação, como também recebendo informações de seu estado, por exemplo, o volume restante de insumo no tanque ou o valor real da taxa de aplicação. Na inicialização, o implemento agrícola fornece as informações necessárias para o controle de suas funções. Estas informações estão contidas em um arquivo chamado *object pool*. O envio deste arquivo para o Terminal Virtual é possível através de um protocolo de transporte, ou seja, o arquivo é dividido e enviado em um conjunto de mensagens.

Um VT é uma ECU com um *display* gráfico que tem a finalidade de reduzir o tráfego da comunicação no barramento tanto quanto possível. O protocolo de tratamento da interface gráfica é organizado de maneira *object-oriented* (orientada a objeto). As informações das ECUs conectadas ao barramento são mostradas no *display*, que são definidas por *data mask* (máscara de dados), *alarm mask* (máscara de alarme) e *soft-key masks* (máscaras *soft-key*). Os dados dessas máscaras estão contidos em objetos de definições, que em conjunto compõem o *object pool* (OP). Antes da primeira interação, o OP deve ser carregado através do CAN BUS ou por qualquer outro meio para o VT. Uma mudança entre diferentes máscaras pode ser iniciada por uma única mensagem.

Esta parte da norma corresponde às definições do LBS DIN 9684 com extensões em relação ao *design* do *display*, *soft-keys*, métodos de navegação, métodos de edição, os métodos de controle e de uma metodologia de utilização adicional (ISO 11783-6, 2004; PEREIRA et al., 2008b; SAKAI, 2008; SAKAI et al., 2007a).

3.3.8 PARTE 7: MENSAGENS DO IMPLEMENTO NA CAMADA DE APLICAÇÃO (IMPLEMENT MESSAGES APPLICATION LAYER)

Esta parte da norma está intimamente relacionada com a SAE J1939/71 (SAE J1939, 2008), com suas extensões e adaptações específicas para aplicações agrícolas. Uma grande variedade de tipos de dados e os formatos apropriados das mensagens CAN estão definidos nesta parte da norma. Os dados das mensagens CAN podem ser dos tipos hora e data, velocidade, distância e direção, gerenciamento da alimentação, estado do implemento (estacionado, transportando e trabalhando, pelos parâmetros de navegação NMEA 2000), dados de controle de válvula, idioma e unidades de medida, dados da iluminação, *process data* (dados do processo) e de mensagens para controle remoto do trator (ISO 11783-7, 2007; SAKAI, 2008).

3.3.9 PARTE 8: MENSAGENS DE TREM DE FORÇA (POWER TRAIN MESSAGES) E A NORMA SAE J1939

As mensagens de Trem de Força (*Power Train Messages*) são iguais às definições da norma SAE J1939 (SAE J1939, 2008). Todavia, esta parte da ISO 11783 faz apenas uma referência cruzada para o documento correspondente da norma SAE J1939. Todas as mensagens para os dados específicos de cada veículo, de regulação e de atuação dos freios, dimensões, combustível, elétrica e eletrônica embarcada, de carga, potência do motor, velocidade do motor, torque e outros parâmetros são especificados aqui (ISO 11783-8, 2006; SAKAI, 2008).

Segundo Sakai (2008), a norma SAE J1939 – *Recommended Practice for Truck and Bus Control and Communication Network* foi desenvolvida pelo comitê SAE J1939 *Truck and Bus Control and Communications Subcommittee* para

aplicações em veículos pesados, como ônibus, caminhões e veículos de construção civil.

3.3.10 PARTE 9: ECU DO TRATOR (*TRACTOR ECU*)

Em um sistema com uma rede ISO 11783, a TECU funciona como um *gateway* entre o barramento do trator e barramento do implemento. Ela deve inicializar no barramento do implemento do mesmo modo que qualquer outra ECU na rede e o seu acesso ao VT é idêntico a de qualquer outro implemento e dispositivo. Quando a TECU possui a função de NIU, ela é também responsável pela conversão do *process data* e das mensagens do barramento do trator em parâmetros adequados.

A classe do trator é determinada pelo o conjunto mínimo de mensagens suportadas pela TECU instalada no trator. As TECU são divididas em 3 classes.:

- Classe 1 – Uma TECU com esta especificação tem uma interface simples com suporte para rede e fornece principalmente medições internas do trator em comparação ao nível do sinal no conector de acordo com a norma ISO 11786 (ISO 11786, 1995). Suporta o gerenciamento de energia, armazenamento do idioma de parâmetros específicos e permite o controle da iluminação do trator;
- Classe 2 – Mensagens adicionais para a classe 1, tais como: hora e data, distância e de direção baseados no solo e roda, informações *rear draft*, todas as mensagens da iluminação do implemento e *status* de válvulas auxiliares. Isto permite um controle mais sofisticado do implemento e uma estratégia de segurança;

- Classe 3 – Esta categoria de TECU aceita comandos do barramento do implemento. Em particular, os comandos básicos para engate traseiro, desacoplamento da potência e o processamento do controle de válvulas auxiliares. Portanto, o implemento está hábil a controlar a potência desejada na fonte e a posição do engate (ISO 11783-9, 2002; SAKAI, 2008).

3.3.11 PARTE 10: CONTROLADOR DE TAREFAS E A TROCA DE DADOS COM O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA INFORMAÇÃO (TASK CONTROLLER AND MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM DATA INTERCHANGE)

O TC é uma ECU que também está localizada na cabine do trator. O TC é responsável por gerenciar o controle de tarefas pré-determinadas. As tarefas são prescritas na sede da fazenda, e são transmitidas para o trator através de um cartão de memória, no formato de arquivo XML. Para que as tarefas possam ser realizadas, um implemento ISOBUS compatível deve enviar as características de seus dispositivos para o TC. Tais características são enviadas em um arquivo denominado *Device Description Object Pool*, também no formato XML. O TC não possui um *display* gráfico e por isso pode apresentar as tarefas no VT, ou seja, o TC torna-se um cliente do VT.

Esta parte da norma define o gerenciamento de tarefas em um sistema ISOBUS. Desta forma, o termo *task* (tarefa) é definido como a execução de um trabalho em um campo ou um cliente. O *Task Controller* (TC – Controlador de Tarefas) é, portanto, uma ECU localizada no trator ou no termo ISOBUS no Sistema de Controle do Implemento Embarcado (*Mobile Implement Control System - MICS*), que é responsável por enviar, receber e armazenar as mensagens *process data* em

um arquivo de registro. Outro componente essencial é o Sistema de Gerenciamento da Informação da Fazenda (*Farm Management Information System* - FMIS), que consiste no gerenciamento feito por um computador localizado na sede da fazenda com *software* adequado, o qual é necessário para a geração das *tasks*. Essa parte da norma, são definidos os requisitos e os serviços necessários para a comunicação entre o TC e as ECUs. Além disso, o formato de dados para comunicar com o FMIS era ADIS, herança da LBS (seção 3.2.7). Atualmente o formato de dados utilizados pra troca de arquivos entre MICS e FMIS é o *Extensible Markup Language* (XML). Os cálculos necessários para o controle e o formato das mensagens enviadas para o ECU são especificadas (ISO 11783-10, 2007; PEREIRA et al., 2008a; SAKAI, 2008). O gerenciamento das *tasks* tem os seguintes passos:

- Planejamento das *tasks* do campo e/ ou operações utilizando o FMIS;
- Conversão dos dados da *task* para o formato de dados requerido pelo MICS, gerando um *TaskData*;
- Transferência do *TaskData* para o TC, que está situado no MICS;
- O TC utiliza o *TaskData* para controlar o implemento através *Process Data Messages* (PDM – Mensagens dos Dados do Processo);
- O TC armazena simultaneamente os dados de execução da *task*;
- Transferência dos dados coletados para o FMIS;
- Reconversão e avaliação dos dados resultantes da *task*.

A Figura 11 exhibe o fluxo e o tipo de dados que trafegam entre o FMIS e MICS.

Figura 11 – Dispositivos e interfaces para o gerenciamento das *tasks*. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).

O diagrama da Figura 11 mostra a arquitetura dos dispositivos e das interfaces para o gerenciamento das *tasks* (aplicações agrícolas). O FMIS Figura 11 (a) é a interface com o computador de gerenciamento da fazenda. O TC (Figura 11 (b), citado anteriormente nesta seção) é umas das ECUs (ou dispositivo) que um trator ISOBUS deverá possuir. O ISO 11783 ECU's Figura 11 (c) seria o barramento de/ do implemento e suas ECUs embarcadas. A ISO 11783 PD (*Process Data* – Figura 11 (d)) são o tipo de mensagens trocadas entre o TC e a ECU do Implemento

durante a aplicação, onde os dados contidos neste tipos de mensagens são armazenados pelo TC para análise no computador de gerenciamento da fazenda. Portanto, a norma ISOBUS padroniza a forma dos dados inseridos, registrados e extraídos das aplicações, com o tipo de arquivo XML, como pode-se observar na Figura 11 (e). Com os arquivos XML inseridos, registrados e extraídos no trator e implemento ISOBUS, proporciona à um sistema ISOBUS ser inserido em um ciclo de gerenciamento de maior nível, cujo ciclo será citado na seção 3.4.

3.3.12 PARTE 11: DICIONÁRIO DOS ELEMENTOS DE DADOS EMBARCADOS (*MOBILE DATA ELEMENT DICTIONARY*)

O dicionário dos elementos de dados embarcados é uma listagem de todos os objetos de dados (*data objects*) e seus elementos de dados (*data element*). Um elemento de dados é uma unidade de informação, que consiste em atribuir o formato dos dados, comprimento, dígitos após o ponto decimal, unidade e a direção da comunicação. Há 16 tipos de implementos que são utilizados na agricultura e na floresta, cujos elementos de dados são definidos e estruturados em uma tabela. Os 16 tipos de implementos correspondem a diferentes classes de dispositivos (*device class*) e estão localizados no Anexo E da ISO 11783-1 (ISO 11783-1, 2007; PEREIRA et al., 2008a). Acessando o site www.isobus.net, pode-se criar e ativar uma conta gratuita, possibilitando o acesso ao banco de dados *ISOBUS Data Dictionary*. Na Figura 12 pode-se ver as 16 (de 0 a 15) possibilidades de classe de dispositivos.

Figura 12 – *Device Class* (Classe do dispositivo). Fonte: <http://www.isobus.net/>.

Em combinação com cada um desses *device class* existem atualmente 154 possibilidades previstas pela norma de *Device Process Data* (DPD – Dados do Processo do Dispositivo), como pode-se observar na Figura 13 (a). Contudo, cada DPD são identificados por um número chamado de *Data Dictionary Identifier* (DDI – Identificador do Dicionário de Dados). E, de acordo com DPD da aplicação a ser realizada em campo, é necessário determinar a unidade de medida a ser associada ao DPD (Figura 13 (b)).

(a)

(b)

Figura 13 – (a)DPD e seu respectivo DDI (b)Unidades de media. Fonte: <http://www.isobus.net/>.

O resultado da junção de todos estes dados são as especificações que o dispositivo deverá ter de modo resumido (Figura 14 (a)) e detalhado (Figura 14 (b)).

Search results:

The following table contains all entities matching your search criteria. For a detailed view select one or more entities and click "Show details" at the end of the page.

7 - Actual Mass Per Area Application Rate	
Definition	Actual Application Rate specified as mass per area
Units	mg/m ²
Device Class(es)	4 - Planters /Seeders 5 - Fertilizer 6 - Sprayers 10 - Irrigation

Show details for selected records

(a)

http://isobus.net/isobus_E/

VDMA ISO Comm

ISOBUS ISOBUS up-to-date ISOBUS standards Data Dictionary Press Download

ISOBUS Data Dictionary

<< Back

Detailed view

DD Entity	7 - Actual Mass Per Area Application Rate
Definition	Actual Application Rate specified as mass per area
Comment	
Device Class(es)	4 - Planters /Seeders 5 - Fertilizer 6 - Sprayers 10 - Irrigation
Unit Symbol	mg/m ² - Mass per area unit
Resolution	1/bit
SAE SPN	not specified
Range	0,00 to 2.147.480.000,00
Submit by	Part 10 Task Force
Submit Date	01.08.2003
Submit Company	89 - Kverneland Group, Electronics Division
Current Status	ISO-Published
Status Date	02.02.2005
Request Document	
Annex Release Date	01.03.2005
Status Comments	DDEs have been moved to published for creating the new Annex A version.

(b)

Figura 14 – (a)Especificações do dispositivo geral (b)Especificações do dispositivo detalhada.

Fonte: <http://www.isobus.net/>.

Estes dados logicamente estruturados são o elemento chave para que a comunicação *Process Data Message* (seção 3.3.11) tenha êxito na rede ISOBUS. O

Dicionário dos Elementos de Dados Embarcados foi originalmente desenvolvido e especificado para a DIN 9684 (ISO 11783-11, 2007; SAKAI, 2008).

3.3.13 PARTE 12: SERVIÇOS DE DIAGNÓSTICOS (*DIAGNOSTICS SERVICES*)

Um aspecto importante é a especificação de um conector de diagnóstico, com a alocação estendida dos pinos em comparação com a definição na norma ISO 11783-2. O sistema de diagnóstico oferece suporte à rede ISO 11783 e a outras redes padronizadas utilizadas na agricultura e floresta (Figura 15).

Figura 15 – Interconexão na rede. Fonte: adaptado de ISO 11783-2 (2002).

Os anexos desta parte da norma apresentam definições de parâmetros de diagnósticos, definições de mensagens de diagnósticos, configuração de rede com um sistema de diagnóstico em funcionamento, e sugestões de telas de configurações (ISO 11783-12, 2007; SAKAI, 2008).

3.3.14 PARTE 13: SERVIDOR DE ARQUIVO (*FILE SERVER*)

Um *File Server* (FS – Servidor de Arquivo) é uma ECU distinta no barramento de implemento, pois fornece armazenamento de arquivos a todos os controladores que estão conectados na rede. Isto permite o controle estendido da *task*, mantendo ao mesmo tempo um único *gateway* para FMIS. Esta parte da norma especifica o formato geral das mensagens, o formato dos dados e o controle de transmissão dos dados. Além disso, parâmetros especiais como grupos de comando, funções de comando, *flags*, como o dado é tratado e os atributos do diretório ou arquivo são definidos. Uma sequência de mensagens definidas permite que outros nós da rede comuniquem-se com o FS e manipulem arquivos e seus conteúdos (ISO 11783-13, 2007; SAKAI, 2008).

3.3.15 PARTE 14: FUNÇÕES AUTOMATIZADAS (*AUTOMATIC FUNCTIONS*)

Esta é única parte da norma ISO 11783 que não possui nenhuma publicação, existe somente o grupo de estudos para a sua implementação.

Funções Automáticas (*Automatic Functions*) são seqüências de várias funções executadas em uma máquina agrícola, que são automatizadas com a finalidade para reduzir o *stress* do operador e aumentar a produtividade e precisão da produção agrícola (IGI, 2008).

3.3.16 ISOBUS NA PRÁTICA

A norma ISO 11783 além de ser extensa, é uma norma complexa demandando um longo período de desenvolvimento e de implementação. O estudo da norma foi iniciado em 1991, a primeira parte da norma foi publicada em 1998 e a última parte em 2007.

Na área agrícola do Brasil, Molin et al. (2005) mencionam que o emprego de redes baseadas no protocolo CAN em máquinas agrícolas é ainda restrito a produtos importados. Trabalhos de pesquisa têm sido realizados no sentido de contribuir com os esforços internacionais para desenvolvimento e implementação da ISO 11783 e para contribuir com a assimilação dessa tecnologia por instituições e empresas nacionais, criando possibilidades de competição com os produtos importados. Auernhammer e Rothmund (2004) afirmam que a adoção em larga escala da norma ISO 11783 irá promover práticas automáticas de aquisição de dados.

Em Goering et al. (2003) um levantamento é feito na área agrícola, desde sistemas elétricos até aplicação da norma ISO 11783 em praticas agrícolas. Nos trabalhos de Hofstee e Goense (1997) e Hofstee e Goense (1999) são feitas simulações e comparações entre o padrão ISO 11783 e a DIN 9684.

Seguindo a tendência mundial da padronização da eletrônica embarcada na área agrícola, estão sendo realizados pela FTI Brasil eventos de interconexão e compartilhamento de experiências, denominados de *Workshop* ISOBUS Brasil (FTI BRASIL, 2008), com a presença de especialistas norte-americanos e europeus compartilhando conhecimentos como:

- ISOBUS *Virtual Terminal* (VT) (SCHMIDT, 2008a);
- ISOBUS *File Server* (FS) (SCHMIDT, 2008b);
- ISOBUS - *Status of Standardization and Implementation* (NISSEN, 2008a);
- ISOBUS *Diagnostics Functional Overview* (ISO 11783 *Part* 12) (NISSEN, 2008b);

-
- *ISOBUS Status of Standardization and Implementation* (NISSEN e HENNINGER, 2008c);
 - *Task Controller Functional Overview* (ISO 11783 Part. 10 & 11) (NISSEN, 2008d);
 - *Development of ECU's VT Object Pool* (KUHNEL, 2008a);
 - *ISOBUS ECU Developments* (KUHNEL, 2008b);
 - *Tools for interface development and diagnostics* (SPANGLER, 2008);
 - *Test procedures for ISOBUS – DLG testing* (MOLEN, 2008).

A implementação e o entendimento da norma ISO 11783 são potencialmente aumentadas com este tipo de evento. Além destes eventos, a implementação do padrão ISO 11783 é também potencializada com a IsoAgLib, que é uma biblioteca que reúne os serviços de comunicação e gerenciamento necessários aos sistemas compatíveis com a norma ISO 11783. Esta biblioteca possibilita o desenvolvimento de equipamentos agrícolas compatíveis com a ISOBUS de forma que o desenvolvedor não precise implementar os protocolos contidos nesta norma (MACHADO et al., 2008; SPANGLER, 2001; SPANGLER, 2008).

Fantuzzi et al. (2006) mencionam problemas da utilização da norma ISO 11783 em tempo-real, fazendo uma análise da arquitetura de rede e da norma de acordo com os requisitos de segurança de sistemas de controle distribuído (*Distributed Control Systems* – DSC).

3.4 XML

A *eXtensible Markup Language* (XML) é um subconjunto da *Standard Generalized Markup Language* (SGML), um padrão complexo de descrição de conteúdo e estrutura de documentos. É uma metalinguagem, ou seja, uma linguagem para descrever outras linguagens e, portanto, permite definir linguagens de marcação específicas para classes diferentes de documentos. Seu objetivo é o de organizar os dados no documento, agregando semântica aos seus conteúdos, mais do que apenas cuidar de sua apresentação. É um padrão aberto desenvolvido pelo *World Wide Web Consortium* (W3C), que supervisiona o seu desenvolvimento através do *W3C's XML Working Group* (XML, 2001).

A definição da estrutura legal de um documento XML, ou sua gramática, é a responsável por especificar quais as *tags* estão disponíveis (Figura 16), onde elas podem ocorrer no documento, e como elas se relacionam. Há duas formas de fazê-lo: com um *Document Type Definition* (DTD) e com um *XML Schema*. Embora não seja obrigatório utilizar DTD ou *Schema*, eles permitem verificar e validar um documento; por isso, em geral, são utilizados. Os *XML Schema* também são documentos XML e, portanto seguem suas regras de formação e podem ser manipulados por suas ferramentas, diferentemente dos DTDs. Um *XML Schema*, ao representar o formato dos dados de maneira completa e correta, podem ser publicados e compartilhados com parceiros de negócios, assegurando a acurácia tanto da sintaxe como da semântica dos dados transmitidos. Desse modo, um *Schema* comum permite que, tanto do lado do servidor como do cliente, os documentos XML possam ser validados de maneira fácil e eficiente (XML, 2001).

Figura 16 – Maneira que o dado é identificado em XML.

O formato de arquivo XML tornou-se o principal formato de arquivo para transferência de dados entre máquinas ou dispositivos (ISO 11783-10, 2007; ISOAGLIB, 2008; MANSOUR, 2006) e entre sistemas embarcados para estações de trabalho e banco de dados para análise e prescrição das aplicações no campo (AGROXML, 2008; ISO 11783-10, 2007; NASH et al., 2007; STEINBERGER et al., 2005; WERNER, 2008b; WERNER et al., 2008a), como pode-se observar na Figura 17.

Figura 17 – Processos automáticos de coleta de dados, documentação e o gerenciamento interno ou externo desses dados. Fonte: adaptado de Steinberger et al. (2007).

Um exemplo prático da troca de arquivos entre sistemas pode ser visto na Figura 18 (a) (AGROXML, 2008; SCHMITZ et al., 2007; STEINBERGER et al., 2005; STEINBERGER et al., 2007), onde a troca de dados é realizada entre um TC de um trator ISOBUS e com um banco de dados que pode ser acessado por uma interface agroXML e interpretar e analisar os dados da aplicação em campo. O agroXML é um padrão para o armazenamento e troca de dados entre sistemas, que é baseado no padrão internacional XML e consiste em um XML *Schema* agroXML-*Schema*. Pode-se observar na Figura 18 (b) a esfera de interação do padrão agroXML com sistemas ISOBUS, possibilitando principalmente o rastreamento dos produtos agrícolas (KUNISCH et al., 2007).

(a)

(b)

Figura 18 – (a)Fluxo de dados entre sistemas para processamento, armazenamento e o fornecimento de dados do processo de produção agrícola. Fonte: adaptado de Kunisch et al. (2007).

(b)Esfera de atuação do agroXML. Fonte: adaptado de Kunisch et al. (2007).

O dado XML pode ser apresentado tanto em um Navegador *web* quanto em uma aplicação interna da empresa sem requerer manipulação adicional ou programa de computador especial. A troca de dados entre as aplicações, todavia, demanda que as empresas adotem um mesmo padrão XML. De fato, a existência de diferentes padrões é encarada como uma possível fraqueza do XML. Com o aumento do uso da *internet* para integração de sistemas, o uso do XML tende aumentar, pois este está na base das tecnologias como serviços via *web* (*web service*) e arquiteturas orientadas a serviços (MURAKAMI e SARAIVA, 2005).

Bancos de dados centralizados e Interfaces Abertas Controladas (*Controlled Open Interfaces* – COI) possibilitam a compatibilidade entre diferentes sistemas de informação possibilitando novos tipos de serviços. O uso comum da *internet* torna possível a conexão entre uma unidade de trabalho com a sociedade da informação e seus serviços, para que se possa realizar uma aplicação remota das unidades de trabalho (PESONEN et al., 2007). Nesse contexto, tem-se que a interoperabilidade[§] é essencial. Para obtê-la, um dos maiores desafios é aquisição de dados de aplicações localizadas, mesmo possuindo uma mesma plataforma GIS e um mesmo paradigma de banco de dados, os sistemas podem possuir uma diferença conceitual do *schema* de banco de dados, diferentes *schema* de coleta de dados ou diferentes parâmetros de qualidade (BISHR, 1997).

[§] Interoperabilidade: é a capacidade que um sistema possui de compartilhar e trocar informações e aplicações, sendo necessário o uso de padrões abertos.

3.5 ARQUIVOS DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS BINÁRIOS

Segundo a ISO 11783-10 (2007), existem dois tipos de arquivos binários que são utilizados como parte do processo de transferência dos dados entre o FMIS (computador da fazenda – seção 3.3.11) e o MICS (TC + trator + implemento – seção 3.3.11). O primeiro arquivo é *grid* (elemento XML = GRD), que contém os valores *gridcell* (células grade). O segundo é *TimeLog* (elemento XML = TLG), que contém os dados binários registrados durante a aplicação agrícola. Ambos os arquivos binários são vinculados a uma *Task*. Para facilitar o entendimento de como esses arquivos são vinculados, pode-se observar na Tabela 2 a função, o designador e o nome dos elementos XML.

Tabela 2 – Elementos XML.

FUNÇÃO	DESIGNADOR DO ELEMENTO XML	NOME DO ELEMENTO XML
Descrição do cliente	<i>Customer</i>	CTR
Referência dos arquivos registrados (PDV)	<i>DataLogValue</i>	DLV
Descrição funcional ou física dos elementos de um dispositivo (por exemplo: ECU do Implemento, etc.)	<i>DeviceElement</i>	DET
Descrição da dimensão e a posição de um conjunto de <i>gridcells</i>	<i>Grid</i>	GRD
Posição da medição	<i>Position</i>	PTN
Variável dos dados do processo (por exemplo: taxa de aplicação, etc.) e o DDI correspondente (seção 3.3.12)	<i>ProcessDataVariable</i>	PDV
Descrição da ISO 11783 Task. Task é o elemento XML central do arquivo de transferência	<i>Task</i>	TSK
Especificação da gravação do tempo do processo	<i>Time</i>	TIM
Configuração da coleta dos DLVs em um arquivo binário	<i>TimeLog</i>	TLG
Descrição da zona de tratamento	<i>TreatmentZone</i>	TZN

3.5.1 ESTRUTURA DO ARQUIVO BINÁRIO *GRID*

As *gridcells* de uma *grid* (grade) só podem ser definidas em um arquivo binário. Dois tipos de *grids* são suportados: o primeiro tipo de *grid* contém os códigos

do *TreatmentZone* (zona de tratamento) e o segundo tipo de *grid* contém os valores da *ProcessDataVariable* (variáveis dos dados do processo). O primeiro tipo de *grid* é usado quando um número limitado de *TreatmentZones* é definido e as funções de *grid* funcionam como uma tabela para as *TreatmentZones*. Nesse caso, cada *gridcell* em um arquivo binário *grid* contém um *TreatmentZoneCode* da *TreatmentZone* que a *gridcell* pertence. Este tipo de *grid* tem no máximo um valor por *gridcell*, que é do tipo inteiro *unsigned* de 8 bits do código *TreatmentZoneCode*.

EXEMPLO – *Grid* que contém os *TreatmentZoneCodes*

O arquivo *TaskData.XML* contém uma definição *grid* com um atributo *TreatmentZoneIdRef* vazio:

```
<GRD A= "58.096653" B= "8.54321" C= "0.015" D= "0.014" E= "200" F= "300" G= "GRD00001" I= "1"/>
```

Arquivo binário contendo: (*TreatmentZoneCodes*)

(1) (4) (3) (6).....

Cada valor entre parênteses “()” é um dado gravado e representa o código-binário da *TreatmentZone*. Os parênteses são utilizados para uma melhor leitura neste exemplo e não fazem parte do formato binário. A relação entre o arquivo binário e da especificação do *grid* tipo 1 (GRD00001) é mostrado na Figura 19.

Arquivo TaskData.xml:

```

<ISO11783_TaskData ..... >
  <CTR ... >
  <TSK ... >
    ...
    <GRD A="58.096653" B="8.54321" C="0.015" D="0.014" E="200" F="300" G="GRD00001" I="1"/>
    <TZN A="1" B="MidRate 1" C="2">
      <PDV A="6" B="10000"/>
    </TZN>
    <TZN A="2" B="Midrate 2" C="3">
      <PDV A="6" B="12000"/>
    </TZN>
    <TZN A="3" B="Highrate 3" C="4">
      <PDV A="6" B="14000"/>
    </TZN>
    <TZN A="4" B="Highrate 4" C="5">
      <PDV A="6" B="15000"/>
    </TZN>
    <TZN A="5" B="Maxrate 5" C="6">
      <PDV A="6" B="17000"/>
    </TZN>
    <TZN A="6" B="Maxrate 6" C="7">
      <PDV A="6" B="19000"/>
    </TZN>
    ...
  </TSK>
</ISO11783_TaskData>

```

Arquivo GRD00001.bin:

Em seguida, uma amostra do código binário do *GridCell* do arquivo GRD00001.bin:

(1)(4)(5)(1).....

Cada registro representa uma referência da zona de tratamento do *GridCell*, em ordem do primeiro *grid cell* no *grid*. Então, *grid cell* 1 refere a zona de tratamento 1 "(1)", *grid cell* 2 refere a zona de tratamento 4 "(4)", *grid cell* 3 refere a zona de tratamento 5 "(5)" e assim por diante.

Figura 19 – Exemplo do arquivo *grid* tipo 1. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).

O segundo tipo de *grid* é utilizado quando o atributo *ProcessDataValue* do *ProcessDataVariable* não está classificado em um número limitado de *TreatmentZones*. Neste caso, um *TreatmentZone*, eventualmente com múltiplas *ProcessDataVariables*, é definido como um modelo para os arquivos binários *grid*. Não existem valores dos atributos XML "*ProcessDataValue*" na definição deste modelo no arquivo XML especificado, portanto estes valores são codificados em um arquivo binário de *grid* como inteiros *signed* de 32 bits. Para ordem dos bytes para dados do tipo inteiros de 32 bits, são aplicáveis as mesmas regras, tal como definido na ISO 11783-6.

EXEMPLO – *Grid* que contém *ProcessDataVariable* e *ProcessDataValues*

O arquivo *TaskData.XML* contém uma definição *grid* com um atributo *TreatmentZoneCode*:

```
<GRD A= "58.096653" B= "8.54321" C= "0.015" D= "0.014" E= "200" F= "300" G= "GRD00001" I= "2" J= "6"/>
```

e o protótipo da *TreatmentZone* sem os atributos *ProcessDataValue*:

```
<TZN A= "6" B= "Precision Farming" C= "2">
```

```
<PDV A= "1" B= "0"/>
```

```
<PDV A= "6" B= "0"/>
```

```
<PDV A= "10" B= "0"/>
```

```
</TZN>
```

O arquivo binário contendo: (*ProcessDataValue* gravados [])

```
[(11100)(15000)(190)]
```

```
[(14000)(20000)(200)]
```

```
[(19000)(25000)(200)]......
```

onde o primeiro dado gravado representa o primeiro *gridcell* com *ProcessDataValues* em seguida:

```
<PDV A="1" B="11100"/>
```

```
<PDV A="6" B="15000"/>
```

```
<PDV A="10" B="190"/>
```

Cada valor dentro dos colchetes “[]” no arquivo binário é um dado gravado e representa os *ProcessDataValues* para um *gridcell*. Os colchetes arredondados “[()...()]” delimitam os valores individuais do *ProcessDataValue* quando mais de uma *ProcessDataVariable* está presente no *TreatmentZone* referenciada. Novamente, os parênteses são apenas para melhor leitura neste exemplo e não são parte do formato binário. A Figura 20 mostra o arquivo binário relacionado com a especificação do *grid* tipo 2.

Figura 20 – Exemplo do arquivo *grid* tipo 2. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).

3.5.2 ESTRUTURA DO ARQUIVO BINÁRIO DE REGISTRO DO PROCESSO

O elemento XML *TimeLog* é utilizado no arquivo *TaskData.XML* para vincular um arquivo binário de registro, cujo contém uma tabela com valores do processo agrícola. No arquivo *TaskData.XML*, um elemento XML *TimeLog* deve ser referenciado com o *Time*, *Position* e *DataLogValues* (Tabela 2). Este elemento XML *TimeLog* refere-se a dois arquivos: um arquivo cabeçalho XML *TimeLog* e um arquivo binário de registro. No conteúdo do arquivo cabeçalho XML *TimeLog*, os elementos XML devem incluir atributos sem quaisquer valores para definir a estrutura do arquivo registro binários. Todos os atributos, com definições com valores não-vazios no arquivo cabeçalho XML *TimeLog*, contém valores fixos que são válidos para todos os códigos no arquivo binário de registro. Apenas os valores dos atributos do valor vazio do arquivo cabeçalho XML *TimeLog* são escritos no

arquivo binário de registro. Dentro do arquivo binário de registro, o valor do dado IDREF deve ser do tipo inteiro *signed* de 32 bits; as letras do *namespace* DET são utilizadas apenas no interior dos valores dos atributos XML. Um exemplo de um código de um arquivo XML *TimeLog* que especifica a estrutura do arquivo binário *TimeLog* é dada por:

```
<TIM A="" D="4">

    <PTN A="" B="" D=""/>

    <DLV A="0815" B="" C="DET1"/>

    <DLV A="4711" B="" C="DET2"/>

    <DLV A="4522" B="" C="DET3"/>

</TIM>
```

Os formatos dos dados binários do *TimeLog* são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Definições dos valores gravados do arquivo binário (ISO 11783-10, 2007).

VALOR	REFERÊNCIA XML	TIPOS DE DADOS BINÁRIOS	DEFINIÇÃO
TimeStart: horário do dia	TIM, A	inteiro unsigned 32-bit	milissegundos a partir da meia-noite
TimeStart: data	TIM, A	inteiro unsigned 16-bit	dias desde 1980-01-01
PositionNorth	PTN, A	inteiro 32-bit	10^{-7} graus WGS-84
PositionEast	PTN, B	inteiro 32-bit	10^{-7} graus WGS-84
PositionUp	PTN, C	inteiro 32-bit	mm relativo ao elipsóide WGS-84
PositionStatus	PTN, D	byte	1 = sem GPS 2 = 2d 3 = 3d 4 = dgps
PDOP	PTN, E	inteiro unsigned 16-bit	10^{-1} PDOP informação da qualidade
HDOP	PTN, F	inteiro unsigned 16-bit	10^{-1} HDOP informação da qualidade
NumberOfSatellites	PTN, G	byte	número de satélites utilizados
GpsUtcTime	PTN, H	inteiro unsigned 32-bit	UTC milissegundos desde a meia-noite
GpsUtcDate	PTN, I	inteiro unsigned 16-bit	UTC dias desde 1980-01-01
#DLV		byte	número de PDV a ser seguido
DLVn		byte	ordenação do número de PDV a ser seguido, começando com 0 para a primeira definição DataLogValue
ProcessDataValue		inteiro 32-bit	de acordo com DDI

Um exemplo de um arquivo binário de registro é mostrado na Figura 21.

Todos os atributos que se refiram a quaisquer valores são considerados como

valores fixos em todos os registros do arquivo binário. Todos os elementos DLV são indexados e referenciados para um registro binário de acordo com a ordem das suas definições. Os valores de *DataLogValues* efetivamente armazenados são definidos como # DLV. No exemplo da página anterior, existe um total de 3 DLVs. Para permitir que um conjunto dinâmico de DLVs no registro binário, cada um dos DLVs é identificado pela sua ordenação numérica DLVn da definição no arquivo XML.

```
<TIM A="" D="4">

    <PTN A="" B="" D=""/>

    <DLV A="0815" B="" C="DET1"/>

    <DLV A="4711" B="" C="DET2"/>

    <DLV A="4522" B="" C="DET3"/>

</TIM>
```

O arquivo XML acima especifica que toda seqüência dos registros que consiste no seguinte conjunto de valores:

(TimeStart,PositionNorth,PositionEast,PositionStatus,#DLV,DLV0,PDV0,DLV1,PDV1,DLV2,PDV2)

Onde,

- "DLV0,PDV0" são valores para "<DLV A="0815" B="" C="DET1"/>";
- "DLV1,PDV1" são valores para "<DLV A="4711" B="" C="DET2"/>";
- "DLV2,PDV2" são valores para "<DLV A="4522" B="" C="DET3"/>".

Isto significa que uma entrada *time* pode ter no máximo 255 PDVs.

Figura 21 – Exemplo de um arquivo binário de dados de registro. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).

3.6 TESTE DE CONFORMIDADE

Produtos ISOBUS compatíveis necessitam de um selo de conformidade com o padrão. Os testes são realizados com o objetivo de verificar a execução correta dos procedimentos determinados nas especificações da norma. Até o ano de 2008 existiam dois laboratórios no mundo aptos a realizar os testes de conformidade, o DLG (2009) na Europa e o WYLE LABS (2008) nos EUA. Atualmente o laboratório WYLE LABS não realiza os testes de conformidade, tendo somente o laboratório DLG como órgão certificador. Neste contexto, observa-se que os investimentos e uma alta demanda pelos testes justificariam a criação de um laboratório na América do Sul, ou mesmo no Brasil.

4 METODOLOGIA, MATERIAIS E MÉTODOS PARA COMUNICAÇÃO SERIAL

No capítulo 2 apresentaram-se as dimensões da Agricultura de Precisão as tecnologias envolvidas. Nas seções 3.1 até 3.2 do capítulo 3 apresentaram-se os desafios da padronização das tecnologias envolvidas na AP, o contexto da primeira padronização, alguns aspectos da norma DIN 9684/ LBS e o motivo desta norma não ter sido adotada como um padrão internacional.

Na seção 3.3 citou-se a norma ISO 11783/ ISOBUS como o novo padrão internacional para comunicação serial de dados para máquinas e implementos agrícolas e florestais, e um resumo de cada uma das 14 partes da norma ISO 11783. Na seção 3.4 apresentou-se o formato de arquivo XML para troca de dados entre sistemas (por exemplo: a troca de arquivos entre um trator-implemento com o computador da fazenda), e como a norma ISO 11783 padroniza esta troca de arquivos. E no final do capítulo 3 na seção 3.6 citou-se sobre os testes de conformidade da norma ISO 11783 e os laboratórios certificadores.

Estabeleceu-se até o presente ponto: as tecnologias envolvidas na AP, a norma ISO 11783 para comunicação serial de dados em máquinas agrícolas e o formato de arquivo para troca de dados entre o FMIS (fazenda) e o MICS (máquina agrícola). Para atingir o objetivo deste trabalho (seção 1.1), as informações necessárias para estabelecer a comunicação de uma ECU do implemento com o TC foram organizadas.

A organização das informações foi sistematizada em metodologia de implementação, constituindo por final em procedimentos experimentais envolvendo as ferramentas e os equipamentos. O presente capítulo apresenta a metodologia, a validação dessa proposta e seu resultado. A Figura 22 apresenta a síntese em diagrama.

Figura 22 – Procedimento de teste utilizado no presente trabalho.

O procedimento experimental descrito no diagrama Figura 22 é a realização do ensaio realizado após o estabelecimento do ambiente para ensaio com as ferramentas e os equipamentos e no domínio das informações sistematizadas. Por exemplo, de acordo com a Figura 22, para obtenção do resultado (1) *TaskData.XML*, o procedimento experimental necessita dos materiais e das informações sintetizados que contêm o valor (1) em suas tabelas. Outro exemplo seria para obtenção do resultado (4) Teste em laboratório, necessita-se dos materiais e das informações sintetizadas que contêm o valor (4) em suas tabelas. Após a montagem do ambiente para ensaio e a seleção das informações sistematizadas necessários para obter um determinado resultado, realiza-se o procedimento experimental. Com o resultado, pode-se verificar o desempenho da metodologia adotada é viável ou não.

Espera-se com esta metodologia roteirizar a implementação da comunicação serial de dados de uma ECU do implemento com o Controlador de Tarefas.

Nas seções 4.1 a 4.8 serão citados as ferramentas e os equipamentos e na seção 4.9 serão citadas as informações sintetizadas utilizados neste trabalho. Pretende-se com estas citações facilitar a organização dos ambientes de ensaios de acordo com as características e as particularidades dos equipamentos e as ferramentas envolvidas.

4.1 O TERMINAL VIRTUAL (VT) E O CONTROLADOR DE TAREFAS (TC)

Em parceria com a empresa AGCO (AGCO, 2008) e com a finalidade de acelerar a implementação da ISO 11783, pois não haviam terminais à venda para a comunidade acadêmica em meados 2007, foi utilizado o VT e o TC do GTA Console II versão 1.6.2 (Figura 23).

Figura 23 – AGCO GTA Console II versão 1.6.2.

Além do VT e do TC, este equipamento possui uma ECU com interface RS-232 para conexão do receptor GPS ao barramento de implemento, tela *touch screen* e suporta a inserção de arquivo através de cartão de memória *flash* do tipo SD (Figura 23 (a)).

4.2 A ECU DO IMPLEMENTO

A ECU adotada é baseada na placa eletrônica do trabalho de Sousa (2002), a qual suporta a comunicação para protocolo CAN 2.0B (BOSCH, 2008) com a velocidade de transmissão de dados 250 kbit/s (ISO 11783-3, 1998; STONE et al., 1999). A placa eletrônica é equipada com um microcontrolador PIC 18f258 de 8-bits com capacidade de 32 Kbytes de memória de programa e 1536 bytes de memória RAM (ou de dados) (MICROCHIP, 2008). O PIC 18f258 possui um controlador CAN e uma interface transreceptor CAN entre o controlador CAN e o barramento, ver Figura 24 (a). Há também um transreceptor RS-232 e regulador de tensão que

converte a fonte de tensão em um nível TTL de zero a 5 V. A Figura 24 (b) mostra a placa eletrônica da interface CAN.

(a)

(b)

Figura 24 – (a)Esquemático da interface CAN. Fonte: adaptado de Sousa (2002). (b)Placa eletrônica da interface CAN.

Esta interface CAN é responsável pela integração dos sensores e atuadores para redes CAN e para sistemas de controle distribuído via CAN. Devido à grande

disponibilidade no mercado e o baixo custo, em torno de R\$ 30,00, a utilização do microcontrolador PIC 18f258 é economicamente viável para sistemas de controle baseado em CAN (PEREIRA et al., 2007).

Para programar o PIC 18f258 é utilizando um ambiente de programação MPLAB da Microchip com seu respectivo compilador MCC18 (MICROCHIP, 2008). As linguagens de programação suportadas são ANSI C e *Assembly* (SAKAI et al., 2007b).

4.3 VECTOR CANOE E INTERFACES CAN

O ambiente de testes e monitoramento utilizado é Vector CANoe (Figura 25 (a)), que pode ser utilizado com dois tipos de interfaces CAN: a CAN CardXL e a CAN BoardXL (VECTOR, 2008). A diferença entre estas interfaces CAN é que a CAN CardXL (Figura 25 (b)) é uma placa PCMCIA, ideal para utilização em *notebooks*. E a CAN BoardXL (Figura 25 (c)) é um placa PCI ideal para computadores de mesa.

(a)

(b)

(c)

Figura 25 – (a) Software Vector CANoe (b) Interface CAN CardXL (c) Interface CAN BoardXL (VECTOR, 2008).

Os dispositivos CAN CardXL e CAN BoardXL são interfaces entre o barramento CAN e o ambiente Vector CANoe, onde a conexão com o barramento CAN é feita através de dois canais CAN, CH1 e CH2. Pode-se observar a posições dos canais destacadas por círculos nas Figura 25(b) e Figura 25(c).

No mercado há atualmente um grande número de ferramentas para auxílio de desenvolvimento de redes compatíveis com o padrão ISOBUS, porém a mais completa é o CANoe da Vector (VECTOR, 2008), com bibliotecas para ISO 11783. As características gerais da ferramenta são:

- Tráfego de mensagens no barramento – todas as mensagens enviadas na rede podem ser visualizadas no *software*;
- Análise de funcionalidade – é possível verificar a execução de procedimentos através da análise das mensagens e, portanto, o funcionamento adequado de um controlador;
- Análise de desempenho – pela verificação dos tempos e atrasos de mensagens no barramento;
- Simulação de apresentação gráfica no VT – o software possui um simulador de um VT, que auxilia no desenvolvimento de controladores de implementos, os quais interagem com o VT.

Através dessa conexão física com o barramento CAN, pode-se enviar, receber, acessar e gerenciar as mensagens que trafegam no barramento CAN pelo Vector CANoe. Além desses recursos, com o Vector CANoe pode-se criar redes virtuais com ECUs virtuais para interagir com o sistema real ou simplesmente simular o funcionamento de uma rede ISO 11783 (SAKAI et al., 2007b).

4.4 RECEPTOR GPS

O receptor GPS é o AgGPS 114 da Trimble (TRIMBLE, 2008). O AgGPS 114 é um receptor GPS de alto desempenho, com capacidade de recepção de um sinal

via satélite com correção DGPS e com vedação adequada para aplicações em campo, como pode-se observar na Figura 26.

Figura 26 – Receptor GPS AgGPS 114 (TRIMBLE, 2008).

Além disso, o receptor AgGPS 114 contém a tecnologia Choice, permitindo a utilização em tempo-real do OmniSTAR^{**} e do Racal-LandStar^{††}. Possui também uma conexão no padrão de comunicação serial RS-232 e as mensagens das coordenadas estão de acordo com o padrão NMEA-0183 (TRIMBLE, 2008).

4.5 SENSOR EMBARCADO PARA AQUISIÇÃO DE VARIABILIDADE ESPACIAL (SENSOR ON-THE-GO)

O sensor para aquisição da variabilidade espacial é o *Crop Circle* modelo ACS-10 da *Holland Scientific* (HOLLAND SCIENTIFIC, 2008). O *Crop Circle* é um

^{**} Empresa fornecedora do sinal com correção diferencial do GPS (sinal DGPS) - <http://www.omnistar.com/>

^{††} Empresa fornecedora do sinal com correção diferencial do GPS (sinal DGPS) - <http://www.navtechgps.com/supply/racal.asp>

sensor ativo de refletância e de baixa potência (100 mA), o qual fornece informações sobre índices vegetativos da planta com a taxa de 10 amostras por segundo, como pode-se observar na Figura 27.

Figura 27 – Sensor Ativo Crop Circle ACS-10 (HOLLAND SCIENTIFIC, 2008).

Ele Possui uma fonte própria que emite luz infravermelha próxima (NIR - *near infrared light*) e usa o princípio de que as plantas absorvem a luz visível e refletem uma porção da luz infravermelha devido a propriedades estruturais da planta. O sensor está programado para fornecer três tipos de dados: RNIR (*infrared band reflectance*), RVIS (*visible band reflectance*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (TANGERINO et al., 2008).

O sensor *Crop Circle* pode ser usado com um coletor de dados *GeoScout* da *Holland Scientific* (HOLLAND SCIENTIFIC, 2008), como pode-se ver na Figura 28 (b) entrada para sensor.

Figura 28 – Coletor de dados *GeoScout* (HOLLAND SCIENTIFIC, 2008).

Além disso, o *GeoScout* possui entrada serial RS-232 (Figura 28 (a)) e os dados são armazenados em um cartão de memória *flash* do tipo SD (Figura 28 (c)).

4.6 SISTEMA DE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA

O sistema de gerenciamento agrícola é o *GTA Suite Software* desenvolvido pela *AGCO Advanced Technology Solutions* (AGCO, 2008). O *GTA Suite Software* proporciona a gravação e o gerenciamento de dados das atividades agrícolas no computador da sede da fazenda. Além disso, gerencia dados georreferenciados de amostragem do solo das zonas de manejo para criação de mapas de prescrição. Suporta transmissão de dados no formato XML de máquinas agrícolas para o PC, e vice-versa, para a análise completa da preparação de planos de tratamento VRT.

4.7 ISOAGLIB

Como citado na seção 3.3.16 do capítulo 3, a *IsoAgLib* é uma biblioteca que reúne os serviços de comunicação e gerenciamento necessários aos sistemas

compatíveis com a norma ISO 11783. Os autores, Sr. Achim Spangler e Sr. Martin Wodok, licenciaram-na com exceções segundo os termos da GNU *General Public License* (GPL). A licença GPL garante aos usuários da biblioteca o direito de usar, modificar e distribuí-la, o que subentende o acesso ao código fonte desta pelo usuário. Esta biblioteca possibilita construir equipamentos agrícolas compatíveis com a ISOBUS de forma que o desenvolvedor não precise implementar os protocolos contidos nesta norma.

O IsoAgLib possui um *design* modular de acordo com os diferentes componentes funcionais da norma ISO 11783. São necessárias pequenas quantidades de módulos em todos os sistemas, para que ocorra a adaptação de acordo com necessidades de memória e recursos específicos de um determinado projeto. O princípio modular garante a utilização mínima da IsoAgLib na memória de programa (ISOAGLIB, 2008).

Além de ser modular, a IsoAgLib foi concebida com *design* em camadas para ser facilmente adaptado às novas plataformas de *hardware*. A maioria do *software* pode ser usado sem qualquer alteração em todas as plataformas. A estrutura em camadas é descrito pelo esquema apresentado na Figura 29.

Figura 29 – Visão estrutural da IsoAgLib. Fonte: adaptado de IsoAgLib (2008).

Nesta figura estão listados todos os elementos necessários por camada para todos os projetos:

- *HAL (Hardware Abstraction Layer* – camada de abstração de hardware) – Figura 29(c);
- *Extensions* – Figura 29(b);
- *Communication* – Figura 29(a).

Já os outros elementos listados não são necessários para todos os projetos. Por exemplo, os *drivers* na camada HAL como RS-232, entrada de sensores e controle de atuadores (principalmente PWM) foram desenvolvidos para um projeto de pesquisa na *Technische Universität München* (TUM – Universidade Técnica de Munique).

A IsoAgLib foi desenvolvida de forma a ser compatível com diversos sistemas, sendo que estes sistemas podem ser compostos de processador, memória, interface

humano-máquina e interface com o barramento CAN. Devido a isto, a IsoAgLib é dividida em duas partes: a biblioteca propriamente dita e a HAL. A HAL é responsável por comunicar-se com o sistema operacional (SO) ou com a BIOS do equipamento que está executando a aplicação, como pode-se ver na Figura 29.

A biblioteca IsoAgLib está preparada para inicializar uma ECU em uma rede CAN, sendo que neste processo é feita a negociação de endereços (*Address Claim*). Ela também implementa os protocolos de transportes, que são usados no TC e VT, sendo que estes últimos podem ser implementados com a IsoAgLib. Devido ao projeto desta biblioteca apresentar características de orientação a objeto, a IsoAgLib foi implementada em linguagem C++, sendo que a biblioteca faz uso de *templates* e *namespaces*. Utiliza também alguns objetos existentes na STD (*Standard Template Library*), por exemplo, listas, filas, vetores, etc. (SAKAI et al., 2007b).

É possível utilizar a IsoAgLib em equipamentos embarcados que usam Linux. Além dos equipamentos embarcados, é possível utilizá-la esta em PC com sistema operacional Linux ou Windows. Os PCs com Windows podem estar equipados com interfaces CAN da Vector (VECTOR, 2008).

4.8 PROTÓTIPOS - IMPLEMENTO E TRATOR ISOBUS COMPATÍVEL

Atualmente no Brasil não há implementos ISOBUS compatíveis. Para que um implemento agrícola seja ISOBUS compatível, ele deve conter ao menos uma ECU. Esta ECU, ou um grupo de ECU denominado *Working Set* (seção 4.9.1), é (ou são) responsável(s) por uma determinada aplicação agrícola, que pode envolver diversos sensores e atuadores. Para cada *Working Set* existe o seu mestre, denominado de Mestre do Grupo de ECU (WSM - seção 4.9.1). Este conceito possibilita a redução

de mensagens entre o VT e as ECU do *Working Set*, pois o VT e o TC trocam dados apenas com o WSM. Sob este conceito, também é possível a utilização de sub-redes para simplificar a comunicação, diminuindo a utilização do barramento do implemento.

Os principais tipos de máquinas agrícolas para correção do solo e fertilização são definidos pela sua funcionalidade. Há máquinas agrícolas que realizam trabalho utilizando a força gravitacional e outras utilizando a força centrífuga. As máquinas agrícolas que utilizam a força gravitacional possuem filas contínuas. Já as máquinas agrícolas que utilizam a força centrífuga possuem um sistema de caixa de velocidades (*speed box*) que aciona o sistema distribuição de insumos para linhas individuais ou conjugadas, onde a aplicação pode ser realizada por dois tipos de mecanismos, um utilizando pêndulo e outro utilizando motores centrífugos. As máquinas agrícolas que apresentam um maior potencial uniforme de distribuição transversal e longitudinal são os que utilizam a força gravitacional. Portanto, adotou-se através da parceria com a empresa Baldan (BALDAN, 2008), o implemento DMP – 7500 para aplicação de calcário a seco (Figura 30). Neste implemento estão instalados, num mesmo dispositivo, o WSM (seção 4.2) e a eletrônica de potência para a atuação PWM do aplicador de insumo (ENALTA, 2008), como pode-se visualizar na Figura 30 (a).

(a)

(b)

Figura 30 – (a) Protótipo de implemento ISOBUS (BALDAN, 2008) (I) ECU do implemento (WSM) (ENALTA, 2008; SOUSA, 2002) (II) Válvula DC (III) Motor Hidráulico.

O WSM (Figura 30 (I)) é a interface entre a rede ISO 11783 e a válvula DC (Figura 30 (II)) de controle do fluxo hidráulico do motor hidráulico (Figura 30 (III)). O motor hidráulico está conectado aos aplicadores do implemento, para aplicação de insumo no solo.

O DMP – 7500 possui um recipiente de insumo de grande capacidade com um agitador para descompactar o insumo. O insumo desloca-se pela força gravitacional até os orifícios localizados logo abaixo do recipiente pela atuação das roscas sem fim para atingir o solo. Portanto, com a máxima rotação das roscas sem fim será obtida a aplicação máxima do insumo e vice-versa.

A maior parte dos tratores do Brasil são fabricados por multinacionais e, por este motivo, os fabricantes já detêm a tecnologia ISOBUS. Porém não há uma demanda de tratores ISOBUS devido a falta de implementos ISOBUS. Verificou-se que a empresa Valtra (VALTRA, 2008) possuía um protótipo com uma rede ISO 11783 embarcada. Portanto, o trator protótipo adotado para testar a comunicação serial ISOBUS com um implemento protótipo é o Valtra BM125i (Figura 31).

Figura 31 – Trator Protótipo ISOBUS (VALTRA, 2008).

O trator Valtra BM125 é um trator protótipo ISOBUS, e contém os seguintes itens:

- Barramento do trator:

- TECU;
- Sensor de velocidade baseado no solo.
- Barramento de implemento:
 - TECU;
 - GTA Console II (citado anteriormente na seção 4.1):
 - VT;
 - TC;
 - ECU com interface RS-232 para conexão do receptor GPS;
 - Um receptor GPS;
 - *File Server*.
 - Conector padrão *Implement Bus Breakway Connector* (IBBC) para conexão do implemento.

4.9 INFORMAÇÕES SINTETIZADAS

As informações sintetizadas são baseadas principalmente na parte 10 e nas partes 11, 7, 3 1. Espera-se com esta seção, estabelecer um raciocínio seqüencial da utilização da norma ISO 11783 para comunicação serial de dados da ECU do implemento com o Controlador de Tarefas.

4.9.1 WORKING SET (GRUPO DE ECUS)

Working Set é definido como um grupo de ECUs do implemento, ou apenas uma ECU do implemento, que tem uma função específica. Neste grupo, uma das

ECUs do implemento é denominada *Working Set Master* (WSM). O WSM é responsável em estabelecer a comunicação entre Working Set com a rede ISO 11783, ou seja, o *Working Set* não está conectado à rede, como por exemplo, a comunicação WSM com VT e o TC (ISO 11783-1, 2007; ISO 11783-7, 2007).

4.9.2 OBJECT POOL (OP) E O DEVICE DESCRIPTION OBJECT POOL (DDOP)

O OP é um arquivo que contém um conjunto de objetos definidos pela norma (máscaras, botões, variáveis, indicadores gráficos, figuras bitmap, etc.) que serão exibidos no VT para representar um conjunto de ECU (*Working Set*). Quando se conecta um implemento ISOBUS em um trator ISOBUS, o WSM envia o OP (ISO 11783-6, 2004) para o VT. Depois de encerrada a transmissão, o VT verifica a existência de erro em algum objeto. Caso livre de erro, o OP é apresentado na tela e fica em estado de prontidão para executar suas funções programadas, como pode-se observar no exemplo o caso de um controlador de calcário apresentado na Figura 32 (a). O OP desenvolvido para esta aplicação (SAKAI, 2008), apresenta as opções de escolher manualmente a taxa de aplicação de calcário, Figura 32 (b).

(a)

(b)

Figura 32 – (a) Tela inicial do OP (b) Tela do OP para escolha das taxas de aplicação.

O *Device Description Object Pool* DDOP é um arquivo no formato XML (XML, 2001). Nele estão contidas todas as características de cada dispositivo no implemento, ou seja, de todos os sensores e atuadores, como pode-se ver na Figura 33, uma amostra do DDOP no formato XML (PEREIRA et al., 2008a).

Figura 33 – DDOP no formato XML (PEREIRA et al., 2008a).

Nesta amostra, a Figura 33 (a) é o ISO NAME do implemento, que contém informações do tipo:

- Grupo da Indústria;
- Classe do Dispositivo;
- Função do Dispositivo.

A Figura 33 (b) é o nome do implemento apresentado no TC, o qual está conectado ao trator, neste caso irá aparecer “DMP”. A Figura 33 (c) é a variável mostrada no TC durante a execução da tarefa e a Figura 33 (d) é a unidade desta variável.

4.9.3 DADOS DA TAREFA (TASKDATA.XML)

O arquivo dados da tarefa (*TaskData.XML*) contém as informações necessárias para realização da tarefa em um determinado campo de manejo. As informações da tarefa são baseadas em dados da variabilidade espacial do campo obtidas pela produtividade e pela análise do solo. Esta variabilidade espacial do solo obtida através de um determinado tipo de sensor, podendo ser do tipo *on-the-go* ou manual (amostragem). Utilizando o software capaz de interpretar os dados do sensor de acordo com a latitude e longitude do talhão, é construído um *TaskData.XML* (PEREIRA et al., 2008a) para aplicação de um determinado insumo utilizando um implemento de acordo com o insumo. Na Figura 34 pode-se visualizar uma amostra de arquivo *TaskData.XML*.

<ISO11783_TaskData VersionMajor="1" VersionMinor="0" ManagementSoftwareManufacturer="AGCO" ManagementSoftwareVersion="1.0.0.263" Da
 <!-- Product Definitions-->
 <PDT A="PDT1" B="Fuel" />
 <PDT A="PDT2" B="Calcareous" />
 <!-- Worker Definitions-->
 <WKR A="WKR1" B="Petrelli, Peter" />
 <!-- Customer Definitions-->
 <!-- Farm Definitions-->
 <FRM A="FRM1" B="EESC_USP" />
 <!-- Field Definitions-->
 <PFD A="PFD1" C="Soccer_Field" D="7700" F="FRM1" G="CTP2" />
 <!-- Crop Type Definitions-->
 <CTP A="CTP2" B="2007 Sugarcane" />
 <!-- Comment Definitions-->
 <!-- Tasks Definitions-->
 <TSK A="TSK1" B="Soccer_Field - Application" D="FRM1" E="PFD1" F="WKR1" G="3" P102_OFFX="0.00000000" P102_OFFY="0.00000000">
 .
 .
 <DAN B="70FE000000000000" A="200A000000000000">
 .
 .
 </TSK>
 <DVC A="DVC-3" B="Fertilizer" C="SIMULACAO" D="A00A800000012FD1" E="777" F="Fertlizr" G="FF000003506E65">
 <DET A="DET-6" B="6" C="3" D="DMP" E="1" F="5">
 <DPD A="3001" B="0006" C="3" D="3" E="Application Rate" F="2000" />
 <DVP A="2000" B="0" C="0.00999999978" D="2" E="Kg/ha" />
 </DVC>
 </ISO11783_TaskData>

A imagem mostra uma amostra do arquivo *TaskData.XML*. O código XML é exibido com várias marcações. Uma caixa amarela envolve a seção de definições de tarefas, incluindo a tag *<TSK>* e a tag *<DAN>*. Uma seta amarela aponta para a tag *<DAN>*, que é marcada com 'a'. Uma seta amarela aponta para a tag *<TSK>*, que é marcada com 'b'. Uma seta azul aponta para a tag *<DVC>*, que é marcada com 'c'.

Figura 34 – Amostra do arquivo *TaskData.XML* (PEREIRA et al., 2008a).

O item a da Figura 34 é um filtro do *TaskData.XML* para associar a tarefa somente ao implemento que for desta determinada classe. O item b da Figura 34 é uma tarefa, que contém informações como:

- O nome da tarefa;
- A fazenda;
- O talhão;
- O operador.

O item c da Figura 34 é o DDOP enviado pelo WSM e que está de acordo com os requisitos da tarefa, associado após o procedimento de inicialização entre o WSM e o TC.

4.9.4 SEQUÊNCIA DE BYTES DO DDOP E OS PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

Antes do envio do DDOP pelo WSM para o TC, primeiro deve-se converter o código DDOP.XML para uma sequência de bytes (*bytestream*), por exemplo utilizando a amostra da Figura 34, obtêm-se um *bytestream*, como pode-se observar na Figura 35.

```

0x03,0x00,0x0A,0x46,0x65,0x72,0x74,0x69,0x6C,0x69,0x7A,0x65,0x72,0x0A,0x53,0x49,0x4D,
0x55,0x4C,0x41,0x43,0x41,0x4F,0x30,0xA0,0x0A,0x80,0x00,0x00,0x01,0x2F,0xD1,0x03,0x37,
0x37,0x37,0x46,0x65,0x72,0x74,0x6C,0x7A,0x72,0xFF,0x00,0x00,0x03,0x50,0x6E,0x65,0x44,
0x45,0x54,0x06,0x00,0x03,0x03,0x44,0x4D,0x50,0x01,0x00,0x00,0x05,0x44,0x50,0x44,0xB9,
0x0B,0x06,0x00,0x03,0x09,0x0B,0x54,0x61,0x72,0x67,0x65,0x74,0x2F,0x52,0x61,0x74,0x65,
0xD0,0x07|
  
```

Figura 35 – Sequência de bytes do DDOP.XML (PEREIRA et al., 2008a).

A Figura 35 (a) é o ISO NAME anteriormente mencionado (seção 4.9.2). Posteriormente, este *bytestream* deve ser armazenado na memória não volátil do WSM (PEREIRA et al., 2008a).

Portanto, de acordo com o tamanho do *bytestream*, deve ser escolhido o protocolo de transporte para a transferência deste arquivo do WSM para o TC.

Dentre os principais, pode-se utilizar o TP (*Transport Protocol*) e o ETP (*Extended Transport Protocol*), onde:

- O TP é utilizado para: 8 bytes < dados < 1.786 bytes (ISO 11783-3, 1998);
- O ETP é utilizado para: 1.785 bytes < dados < 117.440.513 bytes (ISO 11783-6, 2004).

4.9.5 TROCA DE DADOS ENTRE O CONTROLADOR DE TAREFAS (TC) E O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA INFORMAÇÃO DA FAZENDA (FMIS)

Com base na ISO 11783-10, têm-se na Figura 36 os passos da inicialização e o gerenciamento da comunicação entre um WSM e TC.

Figura 36 – Procedimentos da inicialização do TC e WSM, e o estabelecimento da conexão entre eles. Fonte: adaptado de ISO 11783-10 (2007).

Estes procedimentos citados na Figura 36 são necessários para que haja uma correta conexão entre um WSM e o TC. Para que ocorra essa conexão, os tratores ISOBUS compatíveis terão um TC para realização e aquisição de dados da aplicação localizada. O TC possui um SA = 0xF7 (247), ou seja, endereço de origem (seção 3.3.4) 247 definido pela norma. Ao contrário do TC, o WSM ou de qualquer dispositivo proprietário (que ainda não são previstos pela ISO 11783) a ser conectado na rede ISO 11783 poderão usar a faixa de SA preferencial a partir de 0x80 (128) até 0xEE (238). Entretanto, a norma ISO 11783 deixa claro que essa faixa de SA está reservada para futuras atribuições do *Industry Group 2* (IG2 – Grupo de Indústria 2) que corresponde, em outras palavras, ao setor de equipamentos agrícolas e florestais (ISO 11783-1, 2007). Portanto, uma ECU do tipo WSM de ser configurada para que o seu SA possa ser alterado quando houver outra ECU na rede ISO 11783 com o mesmo endereço.

Após o TC e o WSM estarem devidamente configurados para a negociação dos SA na rede ISO 11783, o TC deve iniciar na rede com um pedido cortês com a mensagem *Request for address claim* (ISO 11783-5, 2001; SAKAI, 2008) e após a resposta de todos os nós da rede, deve completar o procedimento enviando a mensagem *Address claim*. Já o WSM, inicia com o envio da mensagem *Address claim* e se houver outra ECU na rede com o mesmo SA preferencial ocorrerá uma disputa de SA. Após esta fase, ambos TC e WSM entram em um estado de espera (*standby*) por 6 segundos. Encerrado esse período de 6 segundos, o WSM deve aguardar a mensagem *Task-controller status message* (*TC status message*) e o TC deve iniciar o envio desta mensagem a cada 2 segundos. Conseqüentemente, o WSM deve enviar uma resposta de status com a mensagem *Working-set task message* (*WS task message*) também com a frequência de 2 segundos, logo após

ter se identificado como o *master* do grupo *working-set*. A partir deste momento, inicia o procedimento denominado *handshaking*, que consiste em trocas de mensagens para o estabelecimento da conexão entre o TC e o WSM para a troca de dados de certa aplicação. Primeiramente, o WSM deve verificar as capacidades do TC de acordo com a versão com a mensagem *Request version message* e o TC responde com a mensagem *Version message*, Tabela 4:

Tabela 4 – Versões do TC (ISO 11783-10, 2007)

NÚMERO DA VERSÃO	VERSÃO DA ISO 11783-10
0	DIS (Draft International Standard)
1	FDIS (Final Draft International Standard)
2	Primeira edição publicada como um padrão internacional

Em seguida, o WSM verifica qual a versão do DDOP que está no TC com a mensagem *Request structure label message* e a partir deste momento o *handshaking* pode ter dois comportamentos:

- Comportamento A - Se há um DDOP:
 - TC responde com a mensagem *Structure label message*;
 - WSM solicita o idioma e o formato das unidades de medida com a mensagem *Request localization label message*;
 - TC responde com a mensagem *Localization label message*;
 - WSM solicita a ativação do DDOP com a mensagem *Object-pool activate message* ;
 - TC responde com a mensagem *Object-pool activate response message*.
- Comportamento B - Não há um DDOP:

- TC responde com *Negative acknowledge message (NACK message)*;
- WSM solicita o envio do DDOP com um determinado tamanho em bytes com a mensagem *Request object-pool transfer message*;
- TC responde com a mensagem *Request object-pool transfer message response*;
- Neste momento o WSM abre o TP ou ETP com a mensagem *Object-pool transfer message* para realizar a transferência de um DDOP maior que 8 bytes (ISO 11783-3, 1998) (ISO 11783-6, 2004) (SAKAI, 2008);
- Após a transferência o TC responde com a mensagem *Object-pool transfer response message*;
- WSM solicita a ativação do DDOP com a mensagem *Object-pool activate message*;
- TC responde com a mensagem *Object-pool activate response message*.

A partir da resposta do TC com a mensagem *Object-pool activate response message*, um meio para troca de dados entre o TC e o WSM é estabelecido. A Figura 37 mostram em (a) e (b) as duas seqüências da configuração da comunicação entre o TC e o WSM (ISOBUS TEST CONFORM, 2007), considerando que a entrada na rede, a disputa de endereços e o período de espera de 6 segundos já tenham ocorrido:

(b)

Baseado nas informações anteriores desta seção, a Figura 38 mostra o fluxograma recomendável para a inicialização entre o WSM e o TC.

Figura 38 – Fluxograma recomendável do procedimento de inicialização entre o WSM e o TC.

4.9.6 CAMADA FÍSICA E ENLACE DE DADOS

A norma ISO 11783 define regras e procedimentos a fim de permitir a conexão e troca de informações entre as ECUs na rede ISO 11783. ECU é o sistema eletrônico que promove a interconexão de um determinado dispositivo ao barramento, podendo uma única ECU responsável pela conexão de um ou mais dispositivos no barramento. A conexão de um dispositivo ao barramento também pode ser feita por mais de uma ECUs. O conjunto formado por ECU e dispositivo constitui um Nó. Estas ECUs podem estar em dois barramentos definidos pela norma ISO 11783 os quais são o barramento do trator (*tractor bus*) e o barramento do implemento (*implement bus*). Os barramentos e as conexões das ECUs aos barramentos devem ter características elétricas e físicas de acordo com especificações da ISO 11783-2. Recentemente, em uma das reuniões da CE-04:015.15, houve a necessidade de chamar o barramento do implemento por dois nomes, barramento de implemento (localizado no trator) e barramento do implemento (localizado no implemento), os quais foram adotados neste trabalho. A norma ISO 11783 prevê a conexão de dois barramentos com arquiteturas de rede diferentes, por exemplo, barramento A com rede SAE J1939 e outro barramento B com rede ISO 11783. Esta conexão entre redes diferentes é feita através de uma ECU utilizada como uma Unidade de Interconexão de Redes (NIU – *Network Interconnect Units*) com a função de isolar uma rede da outra, de acordo com a ISO 11783-4. Uma rede pode ter no máximo 30 Nós e o comprimento máximo do barramento é 40 m. Portanto, para sistemas complexos que necessitam mais de 30 Nós se faz necessário a utilização de uma NIU para cada grupo de Nós que não ultrapassem o limite máximo de acordo com ISO 11783-4. Uma topologia típica de uma rede ISO 11783 é apresentada na Figura 39.

Figura 39 – Topologia Típica Rede ISO 11783. Fonte: adaptado de ISO 11783-4 (2001).

Como pode-se ver na Figura 39, a ECU do Trator (TECU – *Tractor ECU*) é uma NIU responsável pelo isolamento e conexão entre o barramento do trator com o barramento de implemento, sendo o primeiro não necessariamente uma rede ISO 11783, mas o segundo necessariamente uma rede ISO 11783.

4.9.7 CAMADA DE REDE E GERENCIAMENTO DE REDE

A ISO 11783-5 contém regras que definem a administração dos *Source Address* (SA – endereço de origem) das ECUs e a associação destes endereços com a identificação funcional do dispositivo conectado à rede pela ECU. Também define o processo de conexão e inicialização das ECUs na rede. Nessa documentação são definidos os três tipos de ECUs previstos pela norma, que são:

- ECU Padrão: que não possui funções especiais;
- ECU de Diagnóstico ou de Desenvolvimento: conectada ao barramento com propósito de monitorar e analisar a rede a que está conectada;

- ECU de Interconexão de Redes: como descrito anteriormente (seção 4.9.6), é denominada de NIU e possui as funções especiais que permitem a comunicação entre sub-redes componentes de uma rede.

São especificadas quatro formas distintas de configuração de endereços em uma ECU. Assim são caracterizados quatro tipos de ECUs, segundo a forma de atribuição de endereços:

- ECU de Endereço Não Configurável;
- ECU de Endereço Configurável Manualmente;
- ECU de Endereço Configurável por Comando;
- ECU de Endereço Autoconfigurável.

A ISO 11783-5 define uma estrutura de campo de dados (*Data Field*) de mensagem denominada NAME (seções 4.9.2 e 4.9.4). Essa estrutura é composta por 64 bits e possui as funções de prover uma descrição funcional de uma ECU para outras ECUs conectadas a um barramento, e também, de fornecer um valor numérico para o processo de anúncio e de disputa de endereço de origem, na conexão e inicialização de ECUs em um barramento. A estrutura NAME constitui a base para o processo de conexão e inicialização de ECUs em uma rede. Esta estrutura permite que uma ECU, ao ser conectada em uma rede, seja identificada pela sua função e obtenha um endereço de origem. No processo de inicialização em que o endereço de origem é negociado através de mensagens pelo barramento, esta estrutura tem importância ainda maior. Para esta negociação e para administração de rede são definidas quatro mensagens específicas, estas mensagens são: Solicitação de Anúncio de Endereço (*Request for Address Claim*),

Anúncio de Endereço (*Address Claim*), Endereçamento por Comando (*Commanded Address*) e Anúncio Não Possível (*Cannot Claim*).

São definidas regras para o processo de inicialização das ECUs, que utilizam as mensagens anteriores para definição do SA, pela troca de informações entre as ECUs já inicializadas e em operação normal com a ECU em processo de inicialização. A norma ISO 11783 descreve essas regras e ilustra a comunicação de mensagens através de diagramas. O desenvolvimento de ECUs autoconfiguráveis exige entendimento desse processo de inicialização.

A ISO 11783-3, a camada de enlace, adota a versão CAN 2.0B do protocolo CAN (*Extended CAN* – CAN Estendido). O campo de dados da mensagem possui de zero a oito bytes (64 bits) e o campo identificador (*Identifier*) possui 29 bits que caracterizam a mensagem, como pode-se ver na Figura 40.

Figura 40 – Frame do CAN 2.0B (CAN Estendido). Fonte: adaptado de ISO 11783-3 (1998).

O campo identificador permite que as mensagens trocadas sejam vistas como informações com prioridades diferentes e independentes dos Nós que as produzem. Além do protocolo CAN, são definidas formas de utilização dos bits do campo identificador e do campo de dados, que formam uma mensagem CAN, como ilustrado na Figura 40. É definido um esquema de uso de bits que origina duas Unidades de Protocolo de Dados (PDU – *Protocol Data Unit*), que são PDU1 e PDU2. Estes dois PDUs são estruturas de mensagem que permitem diferentes tipos

de endereçamentos para uma mensagem. A estrutura denominada PDU1 permite que uma ECU envie uma mensagem diretamente para outra ECU. A estrutura denominada PDU2 permite que se identifique o tipo de dados da mensagem, mas não endereça a mensagem a uma ECU específica, podendo qualquer ECU conectada ao barramento avaliar o conteúdo da mensagem pelo seu identificador e decidir pela recepção ou não desta mensagem. A Figura 41 mostra os dois tipos de PDUs especificadas pela norma.

Figura 41 – Tipos de PDUs. Fonte: adaptado de ISO 11783-3 (1998).

São 256 (0 a 255 – 8 bits) SA possíveis em uma rede, como pode ser verificado pelo tamanho dos campos *Source Address* e Endereço de Destino (DA – *Destination Address*) na Figura 41, das duas estruturas possíveis para o identificador (PDU1 e PDU2). O endereço 255 é o endereço de destino global e o endereço 254 é um endereço nulo utilizado para administração da rede.

O campo Formato de PDU (PF – *PDU Format*) do identificador, que pode ser visto na Figura 41, permite que as ECUs conectadas ao barramento possam identificar o tipo de PDU, PDU1 ou PDU2, que está sendo utilizada na comunicação de uma mensagem por um determinado Nó. Se o campo da PF (8 bits) tiver valor decimal igual ou superior a 240 é PDU2, senão esta será PDU1. A outra função do campo PF associado aos campos R e DP, é a formação do Número de Grupo de

Parâmetro (PGN – *Parameter Group Number*). Quando a mensagem for PDU1 o PGN terá 10 bits, portanto, quando for PDU2 o PGN terá 18 bits, pois é adicionado o campo Extensão do Grupo (GE – *Group Extension*). Os campos DA e GE também são referenciados como Especificação de PDU (PS – *PDU Specific*).

A norma classifica os dados transmitidos em dado medido, dado de estado ou dado de comando, e especifica parâmetros para caracterizar estes dados, como por exemplo, para um dado referente a variáveis contínuas mensuradas, ela especifica a unidade de medida, a precisão e a resolução. Os conjuntos de parâmetros que possuem características semelhantes são agrupados para compor uma mensagem relativa a um determinado tema, como, por exemplo, mensagem com parâmetros do motor ou mensagem com parâmetros de navegação. Este grupo de parâmetros é denominado Grupo de Parâmetros (PG – *Parameter Group*), e é definido um formato de mensagem para cada PG. O PGN implementa uma forma de indicar o conteúdo dos dados de uma mensagem, ou seja, está associado ao PG. São possíveis 8672 grupos de parâmetro, e este número elevado possibilita implementar diversos conjuntos de mensagens para atender às necessidades de comunicação de dados entre ECUs em uma máquina agrícola e seus implementos.

4.9.8 TERMINAL VIRTUAL (VT), PROTOCOLO DE TRANSPORTE (TP) E PROTOCOLO DE TRANSPORTE ESTENDIDO (ETP)

Para realizar a transferência de dados acima de oito bytes existem dois protocolos definidos pela ISO 11783, os quais são o Protocolo de Transporte (TP, seção 4.9.4) e o Protocolo de Transporte Estendido (ETP, seção 4.9.4). As especificações desses protocolos permitem a comunicação ponto-a-ponto (ECU envia mensagens para outra ECU específica) e a comunicação por difusão (ECU

envia mensagens que qualquer ECU pode receber). O TP é utilizado para transferência de dados acima de oito bytes e menor igual a 1.785 bytes. As temporizações, empacotamento e re-empacotamento de dados, mensagens (PGNs) e sequência de transferência do TP são definidos em dos anexos da ISO 11783-3. Já o ETP é utilizado para a transferência de dados acima de 1.785 bytes até 117.440.512 ou $((2^{24}) \cdot 7)$ bytes. Respectivamente, as temporizações, empacotamento e re-empacotamento de dados, mensagens (PGNs) e sequência de transferência do TP são definidos em um dos anexos da ISO 11783-6.

Com o objetivo de eliminar as várias Interfaces Humano-Máquina (IHMs) dedicadas a cada implemento ou dispositivo conectado ao trator, a ISO 11783-6 define um único IHM anteriormente mencionado, o VT. Essa parte da norma apresenta definições, características físicas do dispositivo e o comportamento dinâmico em relação a procedimentos de inicialização, procedimentos de atualização de dados, tratamento de alarmes e manipulação de diferentes tipos de objetos (o que vai ser apresentado na tela do VT). Para cada dispositivo ou implemento que necessite de um controle e/ou monitoração do operador do trator deve-se enviar um Conjunto de Objetos (OP) através dos protocolos TP ou ETP, dependendo do tamanho do arquivo a ser transferido. O OP contém informações que são interpretadas pelo VT a fim de apresentar graficamente o implemento ou dispositivo na tela do VT, estabelecendo um IHM entre o operador e o dispositivo ou implemento conectado ao barramento de/do implemento.

4.9.9 CONTROLADOR DE TAREFAS (TC) E AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP)

Para dar suporte à AP, seguindo a tendência mundial, a norma ISO 11783-10 define o procedimento de inicialização e a comunicação entre o FMIS, TC e o MICS. FMIS é conjunto de ferramentas computacionais para análise da variabilidade do solo e criação de tarefas a serem executadas no campo, por exemplo, aplicação de calcário para corrigir o solo de acordo com a variabilidade espacial. O TC é responsável pela interpretação, gerenciamento e aquisição de dados das tarefas a serem realizadas no campo, enviando comandos para o MICS. O MICS é o conjunto dos veículos e implementos que estão acoplados e usa a rede ISO 11783. Em outras palavras, são as ECUs usadas para formar o sistema. Os mapas de prescrição são feitos utilizando o padrão XML e inseridos (ou pós-tarefa, retirados) no TC por algum meio portátil de transferência de arquivos. O arquivo do mapa de prescrição é chamado *TaskData.XML*. Para que o TC associe um implemento a ser conectado ao *TaskData.XML*, o implemento deve enviar um arquivo semelhante ao OP, chamado de Conjunto de Objetos da Descrição do Dispositivo (DDOP) através dos protocolos TP e ETP. O DDOP é um arquivo XML, porém, geralmente nos WSM está na forma de uma sequência de bytes que interpretada pelo TC e associada ao *TaskData.XML*. No DDOP estão contidas todas as características de cada dispositivo no implemento, ou seja, de todos os sensores e atuadores, definidos pela ISO 11783-11.

O TC deve disponibilizar ao usuário opções de comando e monitoramento das tarefas. Quando uma tarefa é acionada, o TC gerencia todas as informações disponíveis e iniciam o envio das mensagens de Dados do Processo (PD – *Process Data*), mensagens definidas para comunicação entre TC e ECU do implemento.

Durante uma tarefa, o TC coleta e armazena os dados pertinentes. Ao fim da tarefa, o TC deve formatar os dados coletados em um arquivo XML para que eles possam ser transferidos de volta para o FMIS.

Partindo dos conceitos da AP e feita uma análise da variabilidade espacial do parâmetro a ser tratado, é construído um mapa de prescrição do insumo estudado. Com o mapa de prescrição criam-se tarefas no FMIS, posteriormente inseridas no TC por qualquer meio portátil de transferência de arquivo para o TC. O TC deve interpretar e enviar comandos para MICS realizar a aplicação de acordo com a variabilidade do solo e o posicionamento do trator/ implemento pelo GPS.

4.9.10 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS DE ESPECIALISTAS

Além de se ter as informações de como a ECU deve comportar em uma rede ISO 11783, obteve-se outras informações que não são encontradas na literatura através dos *Workshops* ISOBUS Brasil (citados anteriormente na seção 3.3.16) e contatos adquiridos nestes eventos.

Em destaque nestes eventos, obteve-se de uma pareceria entre o grupo de pesquisa do Laboratório de Simulação e Controle (SIMULAÇÃO E CONTROLE, 2009) e a Embrapa Instrumentação Agropecuária (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO, 2009) com a empresa AGCO através do Sr. Gregory Riordan e Sr. Mike Schmidt. O Sr. Gregory Riordan forneceu recursos essenciais para implementação deste trabalho e com Sr. Mike Schmidt obteve-se um ótimo suporte técnico via e-mails e eventos. E em uma das apresentações do Sr. Mike Schmidt (SCHMIDT, 2007) no *Workshop* ISOBUS Brasil, foram detalhadas algumas recomendações reproduzidas a seguir:

- Partes da ISO 11783 mais relevantes: 6, 9, 10, 11, 12 e 13;

-
- Custo da norma: ~R\$ 5,00 (~\$ 3,00) por página;
 - Desenvolvimento do firmware:
 - C/ C++;
 - Programação orientada a objetos;
 - Software embarcado;
 - Teoria de controle;
 - Microcontroladores e microprocessadores.
 - Rede:
 - Comunicação cliente/ servidor;
 - Metodologia da camada de rede.
 - Controle de máquinas:
 - Válvulas PWM;
 - Válvulas e motores servo;
 - Entrada e saídas digitais;
 - Taxa de sensores e contadores.
 - Ambiente de teste (importante):
 - Usuário final (fazendeiros);
 - Programadores experientes (desenvolvedores).
 - Ferramentas para desenvolvimento de OP:
 - WTK Mask Generator: ~R\$ 3.000,00;
 - IsoAgLib XML: *open source* (custo zero);

- Necessidades de memória de um ECU usando IsoAgLib:
 - BIOS: ~150 KB (dependendo da configuração);
 - Classes básicas da IsoAgLib: ~100 KB;
 - Cliente VT:
 - Classes básicas: ~50 KB (dependendo do OP usado);
 - OP: ~250 KB;
 - Cliente TC: ~50 KB (dependendo do número de itens de dados);
 - TECU: ~50 KB;
 - Servidor ou cliente GPS: ~25 KB;
 - Stack < 16 KB;
 - Heap < 40 KB;

Tem-se agora o levantamento das ferramentas, dos equipamentos e das informações sistematizadas da norma ISO 11783 para validação da metodologia do trabalho. Os resultados obtidos da validação da metodologia serão descritos a seguir, no capítulo 5

5 RESULTADOS

O principal resultado obtido no presente trabalho é a validação da sistematização da comunicação serial de dados de acordo com a norma ISO 11783, entre a ECU do implemento (WSM) com o Controlador de Tarefas pela aplicação da metodologia adotada neste trabalho. Esta validação é dividida em duas seções: da implementação (seção 5.1) e de teste realizados (seção 5.2).

A implementação foi realizada no Laboratório de Simulação e Controle do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC-USP) utilizando-se o campo de futebol como área do experimento, e os resultados da implementação são: o programa do WSM, o arquivo DDOP e o arquivo *TaskData.XML*.

Os procedimentos experimentais da metodologia são os testes realizados. Foram realizados três testes, dois ocorreram no Laboratório de Simulação e Controle da EESC-USP que serão citados nas seções 5.2.1 e 5.2.3 e o outro ocorreu na Embrapa Instrumentação Agropecuária (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO, 2009) citado na seção 5.2.2.

5.1 IMPLEMENTAÇÃO

Os resultados alcançados na implementação são descritos nas seções seguintes. Esta seção tem como objetivo expor os detalhes dos arquivos

implementados e do programa do WSM implementado. Com relação aos arquivos *TaskData.XML* e o DDOP, são apresentados os passos seguidos para sua concepção e as suas características importantes para a comunicação serial de dados com o TC. Já para código do programa do WSM, tem-se como objetivo mostrar o seu tamanho, a utilização das memórias do PIC 18f258, as suas funções de acordo com a norma ISO 11783 e o seu fluxograma de funcionamento.

5.1.1 TASKDATA.XML

Seguindo a metodologia adotada para obtenção do arquivo *TaskData.XML*, empregou-se o sensor ativo *Crop Circle* (Figura 42 (a)) e seu coletor de dados *GeoScout* (Figura 42 (b)) e um receptor GPS AgGPS 114 (Figura 42 (c)) conectados para realizar o levantamento da variabilidade espacial georreferenciada.

Figura 42 – Equipamentos utilizados para obtenção da variabilidade espacial georreferenciada.

Utilizou-se o campo de futebol da EESC-USP (Figura 43), como área referencial do trabalho. O caminho da Figura 43 (a) foi percorrido a pé, onde pode-se verificar que o trecho do caminho da região 1, Figura 43 (1), é menos sombreado do que a região 2, Figura 43 (1), e por esta razão obtêm-se a variabilidade espacial georreferenciada com o sensor e receptor GPS citados.

Figura 43 – Foto por satélite do campo de futebol da EESC – USP obtida pelo software Google Earth (GOOGLE EARTH, 2008).

Após o levantamento da variabilidade espacial do campo, os dados coletados foram inseridos no *software* de mapeamento *GTA Suite Software* da AGCO (citado na seção 4.6) e obteve-se as taxas recomendadas ao longo do campo, como pode-se ver na Figura 44.

Figura 44 – Variabilidade do campo medida e interpretada.

Posteriormente, gera-se um mapa de aplicação baseado nesta variabilidade, como pode-se visualizar na Figura 45.

Figura 45 – Mapa de prescrição.

A relação das cores com suas respectivas taxas de aplicações são descritas na Tabela 5. De acordo com aplicação, utilizando o *GTA Suite Software*, cadastrou-se o tipo de implemento e o operador habilitados para esta.

Tabela 5 – As taxas de aplicações e respectivas cores.

COR	TONALIDADE	AMOSTRA	TAXA
Verde	Claro		3500 kg/ha
Verde	Médio		3000 kg/ha
Verde	Amarelado		2500 kg/ha
Amarelo	Canário		2000 kg/ha
Laranja	Claro		1500 kg/ha
Laranja	Escuro		1000 kg/ha
Vermelho	Claro		500 kg/ha

Posteriormente, converte-se o mapa de aplicação para o arquivo *TaskData.XML* e o arquivo *GRDxxxxx.bin* (citado na seção 3.5) contendo uma tabela dos valores das taxas e coordenadas geográficas do campo, arquivos os quais constituem a tarefa (ou *task*) da norma ISO 11783. Transfere-se a tarefa do computador para o TC utilizando o cartão de memória *flash* do tipo SD. O código XML da tarefa *TaskData.XML* pode ser visto na Figura 46.

```

\TaskData.xml
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <?xmlstylesheet type="text/xsl" href="tc.xsl" ?>
3 <ISO11783 TaskData VersionMajor="1" VersionMinor="0" ManagementSoftwareManufacturer=
  "AGCO" ManagementSoftwareVersion="1.0.0.263" DataTransferOrigin="2"
  TaskControllerManufacturer="AGCO" TaskControllerVersion="1.6.0">
4   <!-- Product Definitions-->
5   <PDT A="PDT1" B="Fuel" />
6   <PDT A="PDT2" B="Calcareous" />
7   <!-- Worker Definitions-->
8   <WKR A="WKR1" B="Petrelli, Peter" />
9   <!-- Customer Definitions-->
10  <!-- Farm Definitions-->
11  <FRM A="FRM1" B="EESC_USP" />
12  <!-- Field Definitions-->
13  <PFD A="PFD1" C="Soccer Field" D="7700" F="FRM1" G="CTP2" />
14  <!-- Crop Type Definitions-->
15  <CTP A="CTP1" B="Sugarcane" />
16  <CTP A="CTP2" B="2007 Sugarcane" />
17  <!-- Comment Definitions-->
18  <!-- Tasks Definitions-->
19  <TSK A="TSK1" B="Soccer Field - Application" D="FRM1" E="PFD1" F="WKR1" G="3"
    P102_OFFX="0.00000000" P102_OFFY="0.00000000">
20    <TIM D="10" />
21    <DLT A="DFFF" B="31" />
22    <DAN B="70FE000000000000" A="200A000000000000">
23      <ASP D="1" />
24    </DAN>
25    <GRD A="-22.00683321" B="-47.89882460" C="0.00001084" D="0.00001162" E="75" F=
    "100" G="GRD00000" I="2" J="1" />
26    <TZN A="1">
27      <PDV A="6" B="0" C="PDT2" />
28    </TZN>
29    <WAN A="WKR1">
30      <TIM A="2007-11-26T13:40:17" D="4" B="2007-11-26T13:33:02" />
31    </WAN>
32    <WAN A="WKR1">
33      <TIM A="2007-11-26T13:37:04" D="4" B="2007-11-26T13:34:37" />
34    </WAN>
35    <PAN A="PDT2" B="004a" C="0" D="1" E="DET-6">
36      <ASP A="2007-11-26T13:35:36" D="4" />
37    </PAN>
38    <WAN A="WKR1">
39      <TIM A="2007-11-26T13:35:36" D="4" B="2007-11-26T13:38:14" />
40    </WAN>
41    <WAN A="WKR1">
42      <TIM A="2007-11-27T13:55:04" D="4" B="2007-11-27T13:55:31" />
43    </WAN>
44  </TSK>
45 </ISO11783_TaskData>

```

Figura 46 – Código do *TaskData.XML* da tarefa do campo EESC-USP.

A linha 1 da Figura 46 é a versão do padrão XML que está sendo utilizada. Linha 2 é qual *schema* este XML está baseado. Linha 3 é o início do `<ISO11783_TaskData...>` contendo alguns parâmetros sobre as versões dos *softwares*

como por exemplo o de gerenciamento, a versão da norma ISO 11783-10 que o TC está implementado e o fabricante do TC e sua versão. Linhas 5 e 6 são os PDTs, onde linha 5 é o tipo de combustível utilizado pelo trator e o linha 6 é que tipo de insumo. Linha 8 contém WKR, que é o operador habilitado para a tarefa. Linha 11 contém FRM, que é a fazenda do experimento. Linha 13 contém PFD, representa a área do experimento e numa situação real o talhão da propriedade agrícola. Linha 15 e 16 contém os CTP, que são as variedades das culturas, neste caso é a 2007 *Sugarcane*. Entre as linhas 19 a 44, são os parâmetros da tarefa TSK1. Linha 19 é o início da tarefa TSK1 (<TSK A="TSK1"...>) contendo o operador, a fazenda e o talhão do experimento. Ressalta-se que entre o <TSK...> e o </TSK>, a linha 22 contém o filtro aceitação do implemento, ou seja, se o implemento conectado ao trator não for um fertilizante, este não será associado a esta tarefa. A linha 44 é o fim da tarefa (</TSK>) e a linha 45 é o fim dos dados da tarefa (</ISO11783_TaskData>).

5.1.2 DDOP

De acordo com a metodologia adotada neste trabalho, o DDOP do WSM contém as características do implemento Adubadora DMP-7500. A principal característica do DDOP implementado é a variação da taxa de aplicação de acordo com o *TaskData.XML*, na faixa de 500 kg/ha a 3500 kg/ha. O código XML do DDOP do WSM pode ser visto na Figura 47.

```

\Fertilizer.xml
1 <DVC A="DVC-2" B="Fertilizer" C="SIMULACAO1" D="A00A80000012FD1" E="777" F="Fertlzt" G="
  "FF000003506E65">
2   <DET A="DET-3" B="5" C="1" D="Fertilizer Device" E="0" F="0">
3     <DOR A="3000" />
4   </DET>
5   <DET A="DET-4" B="6" C="3" D="DMP-7500" E="1" F="5">
6     <DOR A="3001" />
7     <DOR A="3002" />
8     <DOR A="3003" />
9     <DOR A="3004" />
10  </DET>
11  <DPD A="3000" B="DFFF" C="3" D="17" E="Default Logging" />
12  <DPD A="3001" B="0008" C="3" D="9" E="Target Rate" F="2000" />
13  <DPD A="3002" B="0007" C="1" D="1" E="Actual Rate" F="2000" />
14  <DPD A="3003" B="000A" C="0" D="8" E="Maximum Rate" F="2000" />
15  <DPD A="3004" B="0006" C="3" D="3" E="Application Rate" F="2000" />
16  <DVP A="2000" B="0" C="0.00999999978" D="2" E="Kg/ha" />
17 </DVC>

```

Figura 47 – DDOP do Adubadora (*Fertilizer*) DMP-7500.

Linha 1 da Figura 47 é o início do dispositivo (<DVC...>) contendo os seguintes parâmetros:

- A = DVC-2, onde 2 é o valor variável do dispositivo determinado pelo TC de acordo com a quantidade de DVC da tarefa;
- C = SIMULACAO1 é a versão do DDOP;
- D = A00A80000012FD1^{††} é o NAME do Adubadora contendo:
 - GRUPO DA INDÚSTRIA: 0x02, equipamentos da agricultura e floresta;
 - CLASSE DO DISPOSITIVO: 0x05, Adubadora;
 - FUNÇÃO DO DISPOSITIVO: 0x80, controle de taxa do Adubadora.
- E = 777 é o número de série do dispositivo;
- F = Fertlzt é o *Structure Label*, cujo tamanho do valor do atributo é 7 bytes (fixo). Este parâmetro é utilizado na inicialização entre o TC e o WSM para verificação se este DDOP “Fertlzt” foi carregado ou não;

^{††} Os dados citados que estão contidos no NAME estão concatenados, e por esta razão não é possível observar os valores citados.

- G = FF000003506E65 contém as informações de qual o idioma e o sistema de unidades de medida que o dispositivo suporta.

Linhas 2 e 5 são os elementos do dispositivo. Linha 2 é um elemento do tipo device (C = 1), com uma seção (<DOR A="3000" />) e representado pelo nome Fertilizer Device. Linha 5 é um elemento do tipo bin (C = 3), com quatro seções (<DOR A="3001" />; <DOR A="3002" />; <DOR A="3003" />; <DOR A="3004" />) e representado pelo nome *DMP-7500* que é o implemento da Baldan adotado neste trabalho (citado na seção 4.8). Linha 11 é a propriedade do dispositivo (DPD) da seção 3000, que determina o método da coleta de dados de acordo com o dicionário dos elementos de dados embarcados (seção 3.3.12). Adotado o método de coleta de dados *Default Logging* obtêm-se o DDI = 0xDFFF, e adota-se o intervalo de tempo e contagem com o parâmetro D = 17 (ou em binário 0001 0001). O insumo adotado neste trabalho é calcário seco (sólido), portanto, os DPD das linhas 12 a 15 correspondem para aplicação de sólido (massa em kg). As variáveis adotadas por este trabalho são *Target Rate* (taxa desejada), *Actual Rate* (taxa atual), *Maximum Rate* (taxa máxima) e *Application Rate* (taxa de aplicação) e seus respectivos DDIs são os 0x0008, 0x007, 0x000A e 0x0006. A linha 16 é a unidade de medida utilizada pelo dispositivo (DVP), onde se adotou kg/ha com escala C = 0.00999999978 e quantidades de casas decimais D = 2. Este DVP é utilizado pelas variáveis das linhas 12 a 15 referenciado por F = 2000.

5.1.3 O PROGRAMA DO WSM (ECU DO IMPLEMENTO)

Utilizando a metodologia adotada neste trabalho, o código do programa do WSM foi produzido em ANSI-C (citado anteriormente na seção 4.2). O código possui em torno de 500 linhas, 16 kbytes para memória de programa e 657 bytes para memória de dados do microcontrolador PIC 18f58, como pode-se ver na Figura 48.

Figura 48 – Uso das memórias de programa e de dados do microcontrolador PIC 18f258.

O programa do WSM desenvolvido possui as seguintes processos:

- Realiza o procedimento de *Address Claim* em uma rede CAN, em conformidade com ISO 11893-5;
- Detectado o endereço preferencial da WSM em uso, evita-se o conflito e recalcula-se um novo endereço para realizar novamente o procedimento de *Address Claim* em uma rede CAN, conforme a parte 5 da ISO 11783;
- Realiza-se o procedimento de inicialização e de comunicação com o VT e TC, em conformidade com ISO 11783-6 e ISO 11783-10 (SAKAI, 2008);
- De acordo com ISO 11783-3, ISO 11783-6, ISO 11783-10 e ISO 11783-11, estão gravados na memória não-volátil os arquivos o OP e o DDOP que são enviados seqüencialmente para VT(SAKAI, 2008) e TC;

- Modo de aplicação manual (inserida pelo operador) e automática (pelo mapa de aplicação) do insumo;
- Com a entrada da taxa desejada, enviam-se comandos para módulo de potência que controla o aplicador de insumo.

O fluxograma da geral do software do WSM é mostrado na Figura 49.

Figura 49 – Fluxograma do WSM.

De acordo com o fluxograma da Figura 49, após alimentação das ECUs e do barramento CAN, é realizado o procedimento de inicialização do WSM na rede (*Address Claim*) com o endereço preferencial. Se outra ECU estiver utilizando este endereço preferencial (SA = 0x89), um novo SA é recalculado pelo programa do WSM até a obtenção SA disponível para o acesso ao barramento CAN. Após a obtenção do acesso ao barramento, verifica-se a mensagem *VT Status* para detecção de um VT na rede. Se a detecção do VT na rede for positiva, envia-se uma mensagem periódica *Working Set Maintenance* a cada 1 segundo e dar-se o início do procedimento de inicialização entre o WSM e o VT (processo 1). É no processo 1 que as características do VT são requeridas para configuração do WSM e se envia o OP através do protocolo de transporte (seção 4.9.8). Se a transferência do OP for bem sucedida, é exibida no VT a tela do OP para modo manual (botões +, - e STOP) da taxa ou modo automático, como pode-se ver os botões em destaque na Figura 50 (a).

Figura 50 – Tela do modo manual/ automático configurado pelo OP.

No processo 2, a inicialização entre o TC e o WSM procedeu da seguinte maneira: antes de se dar a inicialização, aguardou-se 6 segundos. Transcorrido esse tempo, detecta-se a presença do TC na rede com a verificação da mensagem *TC Status message*. Se a detecção do TC for positiva, envia-se a mensagem periódica *Working set task message* a cada 2 segundos e solicita-se a versão da norma ISO 11783-10 implementado no TC pela mensagem *Request version message*, como pode-se observar no fluxograma da Figura 51.

Figura 51 – Fluxograma do processo 2.

Após a obtenção da versão da norma ISO 11783-10 do TC, verifica-se se o DDOP foi carregado no TC com a mensagem *Request structure label message*, podendo ser verdadeira (V) ou falsa (F):

- Se for V, retornou-se a mensagem *Structure label message*, implica que o DDOP está carregado no TC, e as seguintes ações são tomadas:
 - Solicita-se qual o idioma e as unidades de medidas com a mensagem *Request localization label message*;
 - Retorna-se a mensagem *Localization label message* com as informações solicitadas anteriormente e solicita-se a ativação do DDOP contido no TC com a mensagem *Object-pool activate message*;
 - A ativação do DDOP é verificada pelo retorno da mensagem *Object-pool activate response message*.
- Se for F, retornou-se a mensagem *NACK message*, implica que o DDOP não está carregado no TC, e as seguintes ações são tomadas:
 - Solicita-se o envio do DDOP de 255 bytes com a mensagem *Request object-pool transfer message*;
 - Recebe-se e interpreta-se a mensagem *Request object-pool transfer message response* se o envio do DDOP pode ser realizado ou não. Se for aceito o envio, abre-se o protocolo de transporte (TP) e inicia-se envio do DDOP com a mensagem *Object-pool transfer message*;
 - Após o envio, fecha-se o TP e verifica-se se ocorreu erro no envio do DDOP com a mensagem *Object-pool transfer response message* recebida;

- Se o envio for bem sucedido, solicita-se qual o idioma e as unidades de medidas com a mensagem *Request localization label message*;
- Retorna-se a mensagem *Localization label message* com as informações solicitadas anteriormente e solicita-se a ativação do DDOP enviado com a mensagem *Object-pool activate message*;
- A ativação do DDOP é verificada pelo retorno da mensagem *Object-pool activate response message*.

Com o DDOP ativado, implica-se que as informações de qual é o tipo de implemento para o TC, ou seja, ao inserir o *TaskData.XML*, o TC interpreta e associa o implemento para execução desta tarefa.

5.2 TESTES REALIZADOS

Os resultados alcançados com a configuração do WSM e os arquivos DDOP e *TaskData.XML* são descritos em três testes das seções seguintes: teste de laboratório; teste com trator e implemento e teste com IsoAgLib.

No teste em laboratório, o comportamento da comunicação entre o TC e o WSM em uma bancada de teste é verificado. A verificação do comportamento é feita através da análise da troca de mensagens via rede ISO 11783. Estas mensagens estão listadas em uma tabela e alguns dados coletados da rede são expostos no texto.

No teste com trator e implemento, o comportamento da comunicação entre o TC e o WSM foram observados, porém em um sistema real de campo, cujo

procedimento é verificado pela análise das mensagens trafegadas no barramento de implemento listadas no teste em laboratório.

No teste com a IsoAgLib apresenta o comportamento da comunicação entre o WSM e o TC utilizando a IsoAgLib em um PC com SO Windows XP, cujo procedimento foi verificado pela análise das mensagens utilizando o monitor e coletor de mensagens da IsoAgLib.

Com estes testes, analisou-se o comportamento das respostas dos sistemas em relação aos resultados da implementação.

5.2.1 TESTE EM LABORATÓRIO

Para analisar o comportamento dos componentes implementados, realizou-se o teste em laboratório da comunicação entre WSM (Figura 52 (d)) contendo o OP e o DDOP, e o TC (Figura 52 (a)). Foi utilizado um motor DC para simular um aplicador VRT, e obter a rotação em resposta aos comandos para ajuste. Utilizou-se na bancada de teste o simulador do sinal do DGPS da região experimental e o ambiente CANoe (Figura 52 (b)) conectado ao barramento de implemento para verificação da comunicação e para simulação da velocidade. Posteriormente foram conectados o TC e o WSM por um conector padrão ISOBUS (Figura 52 (c)), a placa eletrônica de potência ao WSM (Figura 52 (e)), e o motor DC de 12 V (Figura 52 (g)) à placa eletrônica de potência, para simulação da atuação do controle VRT de uma válvula DC do controle do fluxo hidráulico do motor hidráulico (seção 4.8). O eixo de rotação do motor DC é monitorado pelo sensor indutivo (Figura 52 (f)).

Figura 52 – Sistema montado em laboratório.

Durante o teste, todas as mensagens trafegadas na rede ISO 11783 foram coletadas para uma interpretação após o término do teste. Com a análise destas mensagens verificou-se o comportamento da:

- A inicialização entre o WSM e TC e a ativação do DDOP;
- Inicialização do *TaskData.XML*;
- Envio da taxa de aplicação desejada de acordo com o mapa de aplicação interpretado pelo TC.

As informações sobre o identificador e o formato das mensagens foram utilizadas para a análise das mensagens coletadas e estão listadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Mensagens do processo.

PGN	BYTE DE CONTROLE	MENSAGEM	CAMPO DE DADOS
	CAMPO DE DADOS - BYTE 00		BYTES 01 – 07
DP=0 PDUF = 203 (0xCB) PDUS = DA Prioridade = 3 PGN = 51968 (0x00CB00)	0x0E	<i>Task-controller status message</i>	04 a 07 indicam o status do TC
	0x0F	<i>Working-set task message</i>	04 a 07 indicam o status do WSM
	0x0D	<i>Negative acknowledge (NACK) message</i>	04 indica o tipo de erro. Se for 0x01 implica não ter um DDOP ativado
	0x00	<i>Request version message</i>	Todos reservados (0xFF)
	0x10	<i>Version message</i>	02 indica a versão
	0x01	<i>Request structure label message</i>	Todos reservados (0xFF)
	0x11	<i>Structure label message</i>	01 a 07 são os 7 caracteres do structure label do DDOP
	0x21	<i>Request localization label message</i>	Todos reservados (0xFF)
	0x31	<i>Localization label message</i>	01 a 06 são os 6 caracteres do localization label do DDOP
	0x41	<i>Request object-pool transfer message</i>	01 a 04 indicam o tamanho do arquivo a ser transferido
	0x51	<i>Request object-pool transfer response message</i>	01 indica se o TC possui espaço suficiente para o armazenamento do arquivo
	0x61	<i>Object-pool transfer message</i>	01 a n, o n varia de acordo com o tamanho do DDOP
	0x71	<i>Object-pool transfer response message</i>	01 indica se a transferência ocorreu com sucesso. 02-05 o tamanho do DDOP
	0x81	<i>Object-pool activate message</i>	01 a 07 reservados (0xFF)
	0x91	<i>Object-pool activate response message</i>	01 a 06 indicam se há erro no DDOP
	0x13	<i>PDValue</i>	02 a 03 indicam o DDI = 6. 04 a 07 indicam o valor da variável do processo (taxa de desejada)
DP = 0 PDUF = 254 (0xFE) PDUS = 73 Prioridade = 3 PGN = 65097 (0x00FE49)	*§§	<i>Ground-Based Speed And Distance</i>	BYTES 00 – 07
			00 a 01 indicam a velocidade baseada no solo
DP = 1 Prioridade = 3 PGN = 129025 (0x1F801)	*	<i>GNSS Position Rapid Update</i>	00 a 03 indica latitude e os 04 a 07 indica longitude.

Ao analisar os dados coletados, observa-se que a inicialização entre o WSM e o TC ocorreu das duas maneiras previstas no fluxograma do programa do WSM, quando o TC não possui o DDOP e quando possui o DDOP, como ilustrado na Figura 53.

§§ Não possui byte de controle no campo de dados.

	Tempo	Identificador/ PGN	Tamanho dos Dados	Campo de Dados	
				0 1 2 3 4 5 6 7	
0x0E	13.916651	1 CCBF789x	Rx	d 8 0E 00 00 00 00 00 00 00	
	13.918203	1 CCBF789x	Rx	d 8 0F 00 00 00 00 00 00 00 00	0x0F
	13.918891	1 CCBF789x	Rx	d 8 00 FF FF FF FF FF FF FF FF	0x00
0x10	13.974651	1 CCB89F7x	Rx	d 8 10 01 FF FF FF FF FF FF FF	
	TC não possui o DDOP				
	13.975648	1 CCBF789x	Rx	d 8 01 FF FF FF FF FF FF FF FF	0x01
	14.008695	1	Statistic: D 0 R 0 XD 20 XR 0 E 0 0 0 B 0.90%		
0x0D	14.034722	1 CCB89F7x	Rx	d 8 0D 00 00 00 01 FF FF FF FF	
	14.035698	1 CCBF789x	Rx	d 8 41 FF 00 00 00 FF FF FF FF	0x41
0x51	14.094482	1 CCB89F7x	Rx	d 8 51 00 FF FF FF FF FF FF FF	
	14.095478	1 18ECF789x	Rx	d 8 10 FF 00 25 FF 00 CB 00	0x61
	14.155813	1 18EC89F7x	Rx	d 8 11 10 01 FF FF 00 CB 00	
	14.156837	1 18EBF789x	Rx	d 8 01 61 44 56 43 03 00 0A	
	14.454918	1 18EC89F7x	Rx	d 8 13 FF 00 25 FF 00 CB 00	
0x71	14.456511	1 CCB89F7x	Rx	d 8 71 00 FF 00 00 00 FF FF	
	14.457495	1 CCBF789x	Rx	d 8 81 FF FF FF FF FF FF FF FF	0x81
0x91	14.514522	1 CCB89F7x	Rx	d 8 91 00 FF FF FF FF 00 FF	
	TC possui o DDOP				
	511.918891	1 CCBF789x	Rx	d 8 00 FF FF FF FF FF FF FF FF	0x00
0x10	511.974549	1 CCB89F7x	Rx	d 8 10 01 FF FF FF FF FF FF FF	
	511.975541	1 CCBF789x	Rx	d 8 01 FF FF FF FF FF FF FF FF	0x01
	512.008695	1	Statistic: D 0 R 0 XD 21 XR 0 E 0 0 0 B 0.96%		
0x11	512.034600	1 CCB89F7x	Rx	d 8 11 46 65 72 74 6C 7A 72	
	512.035568	1 CCBF789x	Rx	d 8 81 FF FF FF FF FF FF FF FF	0x81
0x91	512.094424	1 CCB89F7x	Rx	d 8 91 00 FF FF FF FF 00 FF	

Figura 53 – Primeira análise das mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste em laboratório.

Sobre a Figura 53, cada linha sem “//” é uma mensagem CAN 2.0B, composta pelos itens das colunas de Tempo, Identificador/ PGN, Tamanho dos Dados e Campo de Dados. Ao cruzar as informações entre a Tabela 6, Figura 51 e os bytes de controle da Figura 53, a interpretação da mensagem e dos seus dados é realizada, como por exemplo:

- Tabela 6 – 0x00 | *Request version message* | Todos reservados (0xFF);

- Figura 51 – **WSM** *Request version message*;

- Figura 53 – // PD Request Version;

- 13.918891 1 CCBF789x Rx d 8 00 FF FF FF FF FF FF FF.

Fazendo a análise da Figura 53, o tamanho do DDOP para transferência (Figura 53 (0x41)) é igual ao tamanho do DDOP recebido pelo TC (Figura 53 (0x71)). Isto implica que não houve perdas na transferência. A indicação que o DDOP foi ativado corretamente sem erros é apresentada na Figura 53 (0x91), onde o byte1 é igual 0x00, que significa que não houve erro na ativação. Portanto, podemos afirmar que a inicialização entre o WSM e o TC, e também a ativação do DDOP ocorreu sem erro como esperado.

Com a indicação do DDOP ativado, sinaliza-se que o implemento está preparado para executar a tarefa. Insere-se a tarefa *TaskData.XML* no TC, e após a interpretação do *TaskData.XML*, foi verificado pelo TC qual é o tipo de implemento que poderá executar esta tarefa. Pela configuração do *TaskData.XML*, o TC habilita somente para um implemento adubadora. O DDOP desenvolvido é para o adubadora DMP-7500, o qual foi associado ao pelo TC. De acordo com o processo 2 do WSM, têm-se um ambiente das telas do TC para inserção dos parâmetros do tipo:

- Operador e aplicação, Figura 54 (a);
- Implemento, Figura 54 (b);
- Início da aplicação, Figura 54 (c).

(a)

(b)

(c)

Figura 54 – Telas do TC para: (a) seleção da aplicação e o operador; (b) Tela para seleção do implemento; (c) inicialização da aplicação.

Antes do início da aplicação, foi escolhido o modo automático na tela do WSM, como pode-se observar na Figura 55 (a).

Figura 55 – (a) Tela do implemento para seleção do modo automático (b) Tela de inicialização da tarefa.

Iniciou-se a aplicação (Figura 55 (b)) e com o simulador de sinal DGPS enviou-se as coordenadas do campo experimental para o TC, simulando o movimento da máquina agrícola na região da aplicação. Portanto, pela análise das mensagens na rede ISO 11783, observou-se que foram enviadas as taxas de aplicação de acordo com o mapa de prescrição da aplicação, como pode-se ver na Figura 56.

Figura 56 – Segunda análise das mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste em laboratório.

A Figura 56 (a.0) indica o *status*=0 do TC e do WSM, que implica que a tarefa não foi iniciada. A indicação da tarefa iniciada pode ser vista na Figura 56 (a.1), onde o *status*=1 do TC e WSM. Após o início da tarefa, a taxa de aplicação desejada é enviada, indicada pela Figura 56 (b). Os sinais simulados de velocidade e do DGPS são indicados respectivamente pela figuras:

- Velocidade – Figura 56 (c);
- Longitude – Figura 56 (e);
- Latitude – Figura 56 (d).

A taxa de aplicação desejada é detectada pelo programa do WSM embarcado, com a verificação do RPM atual do motor e da velocidade simulada, calculou-se e enviou-se o valor PWM para eletrônica de potência que controla o motor DC enviar o sinal PWM, como o procedimento ilustrado na Figura 57.

Figura 57 – Cálculo do controle PWM realimentado.

Portanto, a rotação do motor DC variou proporcionalmente de acordo com as taxas da aplicação (Figura 58), caracterizando assim o controle via rede para uma aplicação VRT.

Figura 58 – Execução da tarefa monitorada pelo TC.

A área destaca na Figura 58 corresponde ao mapa de prescrição da seção 5.1.1. A execução da tarefa foi monitorada pelo TC e as mensagens fornecidas pelo do processo (PD) foram armazenados. Após o término da tarefa, retirou-se do TC os

dados coletados da aplicação georreferenciada pelo cartão de memória *flash* SD, para realização da análise da aplicação no FMIS.

5.2.2 TESTE COM TRATOR E IMPLEMENTO

Para analisar o comportamento do programa do WSM com DDOP e o *TaskData.XML* em um sistema real, embarcou-se em uma máquina agrícola experimental. O trator e o implemento utilizados, podem ser visto na Figura 59, onde o trator é o Valtra BM 125 (seções 4.1 e 4.8) e o implemento é o DMP – 7500 da Baldan (seção 4.8).

Figura 59 – Trator e o implemento experimental.

Contudo, o desempenho hidráulico e mecânico das máquinas agrícolas não é o escopo do trabalho, ou seja, analisou-se o procedimento de maneira semelhante ao teste em laboratório (seção 5.2.1), porém, com algumas diferenças:

- Válvula DC para o controle do fluido hidráulico do motor hidráulico no lugar do Motor DC;
- *Rotação atual* medida no eixo do dosador de calcário, e não no eixo do motor DC;

- O alojamento do WSM e placa eletrônica de potência, adequados para utilização em ambientes agrícolas e rústicos.

Tem-se como objetivo, verificar o comportamento do sistema implementado na máquina para aplicação de calcário em campo. Realizou-se o teste com o implemento sem calcário (a vazio), com sinal de DGPS e a variação de velocidade simulados, para aplicação por mapa de prescrição, assim como foi realizado o teste anterior. Portanto, para avaliação deste comportamento, analisaram-se as mensagens coletadas durante o teste, como pode-se ver na Figura 60. A legenda das tabelas da Figura 60 está de acordo com da Figura 53.

Figura 60 – Mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste com trator e implemento

Através da análise das mensagens do processo com cruzamento das informações entre a Tabela 6, Figura 51 e os bytes de controle da Figura 53, verificou-se que foi estabelecido um canal de comunicação entre o WSM e o TC após a ativação do DDOP, como pode-se ver na Figura 60 (0x91). Verificou-se que no momento que iniciou a tarefa o *status* do TC e do WSM, antes com byte 4 = 00, mudou para 01, como pode-se ver na Figura 60 (a.1). Após o envio das coordenadas do GPS (Figura 60 (d)), o TC enviou a taxa desejada de acordo com o

mapa de prescrição e coordenada, como pode-se observar na Figura 60 (b). Após o envio da velocidade simulada (Figura 60 (c)) pelo barramento do implemento, notou-se a alteração da rotação do motor hidráulico de acordo com o mapa de prescrição.

Portanto, confirmou-se o uso adequado do procedimento e implementação no sistema para um controle via rede e com suporte para VRT para produção agrícola.

5.2.3 TESTE COM ISOAGLIB

Devido ao grande potencial da IsoAgLib para aplicações agrícolas embarcadas, espera-se com este teste a comprovação do uso do procedimento do presente trabalho, analisando o arquivo com as mensagens coletadas.

Iniciou-se a implementação com a IsoAgLib para o programa de uma WSM embarcada em um PC com o SO Windows XP (MICROSOFT, 2008), uma placa PCI CANboard XL (citado na seção 4.3) e a biblioteca IsoAgLib para comunicar com o GTA Console II, como pode-se ver na Figura 61.

Figura 61 – Teste com IsoAgLib.

O teste com IsoAgLib teve como objetivo verificar a comunicação entre o WSM e o TC com os arquivos necessários implementados neste trabalho, o DDOP e o *TaskData.XML*. O procedimento deste teste ocorreu em duas fases:

- Fase 1 – Estabelecimento da conexão entre IsoAgLib win32 com o VT e o TC:
 - Foi executado o projeto *can_server_vector_xl.exe* utilizando a HAL da interface CAN BoardXL com a opção *monitor* e *log*, ou seja, monitora as mensagens do barramento CAN e armazena as mensagens trafegadas em um arquivo *.txt*. Feito isso, foi estabelecido um barramento do implemento para que qualquer projeto baseado na IsoAgLib que fosse executado no PC pudesse comunicar-se com as ECU conectadas ao barramento.
- Fase 2 – Implementação do WSM:
 - Implementou-se um projeto de um WSM cliente do VT e do TC, contendo respectivamente o OP e o DDOP. Porém, a IsoAgLib trata de um maneira diferente o OP e o DDOP. Então estes foram reformulados de acordo com as regras da IsoAgLib.
- Após a reformulação, o OP e DDOP foram anexados ao projeto do WSM e em seguida o projeto foi compilado;
- Compilado o projeto, executa-se o *WSM.exe* e a inicialização ocorre de maneira semelhante a teste em laboratório.

Figura 62 – Mensagens do barramento CAN coletadas durante o teste com IsoAgLib.

Após o teste, analisou-se as mensagens trafegadas na rede ISO 11783 contidas na Figura 62. Após a síntese da informações da Tabela 6, da Figura 51 e os bytes de controle da Figura 53, foi possível verificar a comunicação entre o WSM (agora como o endereço preferencial SA=0x83) e o TC, como pode-se observar na Figura 62 (0x01, 0x0D, 0x00, 0x10, 0x41, 0x51, 0x61, 0x71, 0x81 e, 0x91). Após a

inicialização do WSM com o TC e a ativação do DDOP, iniciou-se a tarefa e o status do anteriormente 00, mudou para 01 (Figura 62 (a.1)). Com o sinal o DGPS simulado (Figura 62 (c)), as coordenadas são interpretadas pelo TC e este envia as taxa de aplicações de acordo com o arquivo TaskData.XML georreferenciamento (Figura 62 (b)).

Este capítulo apresentou os componentes necessários para execução dos testes e como esses componentes estão localizados no sistema. Expôs-se os testes realizados, ilustrando o comportamento entre os testes em laboratório e em máquinas agrícolas.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Conclui-se que a norma ISO 11783 tem o caráter multidisciplinar, pois os conceitos da área agrícola, das engenharias e de computação se fundem no sentido de automatizar de forma padronizada o trabalho de máquinas e implementos agrícolas na produção agrícola. Pode-se concluir que a norma ISO 11783, apesar de ser concebida de maneira seqüencial (da camada física até as camadas de aplicações), as informações para a implementação de uma aplicação estão distribuídas de forma não seqüencial e a ordem identificada foram sistematizadas pelo presente trabalho (seção 4.9). Diante deste contexto, a implementação da norma ISO 11783 sem o ordenamento sistematizado é difícil e complexo. E além disso, o número limitado de equipamentos ISOBUS compatíveis no Brasil e a ausência de massa crítica, faz com que na fase atual traga uma dificuldade adicional na implementação, principalmente nas atividades entre o teste em laboratório e o teste com trator e implemento.

Conclui-se que o termo ISOBUS não representa somente a norma, e sim também todas as atividades que estão envolvidas no processo de padronização. Também pode-se concluir que o padrão de arquivo XML por ser adequado tornou-se o principal formato de arquivo na troca de dados entre sistemas diferentes.

Pode-se detectar duas ferramentas importantes para o desenvolvimento da norma ISO 11783, que são o ambiente Vector CANoe e a biblioteca IsoAgLib. Ambas as ferramentas possuem características semelhantes, porém uma comparação foi feita, como pode-se observar na Tabela 7:

Tabela 7 - Vector CANoe VS. IsoAgLib.

VANTAGENS		DESVANTAGENS
Vector CANoe	Possui um banco de dados com as características das mensagens ISO 11783;	Custo em torno de R\$ 8.000,00 com um suporte técnico limitado;
	Simulação de rede ISO 11783;	Funciona somente com o hardware da Vector, e que ainda contenha o código de ativação;
	Simulador de VT e uma versão obsoleta do TC;	Linguagem proprietária CAPL;
	Simulador de ECU;	Não há possibilidade de embarcar códigos de ECUs simuladas em plataformas eletrônicas portáteis microcontroladas e microprocessadas;
	Interação das ECUs simuladas com o barramento real;	Não possui ambiente para geração de OP e DDOP;
	Possui análise estatística do tráfego de mensagens no barramento CAN e geração de gráficos analíticos	Não é recomendável para usuários de SO Linux;
	Envio e o armazenamento de mensagens em arquivos de registro;	Produto importado, com entrega após <i>n</i> dias após pagamento
	Simulação de uma ECU de acordo com um arquivo de registro;	
	Recomendável para usuários de SO Windows;	
IsoAgLib	Custo zero com suporte técnico dos desenvolvedores;	Não possui um banco de dados com as características das mensagens ISO 11783;
	Funciona com hardwares que possuem a HAL;	Não possui simulador de VT e de TC;
	Linguagem C++ (orientada a objetos);	Não possui análise estatística do tráfego de mensagens no barramento CAN;
	Recomendável para usuários de SO Windows e Linux;	Não possui simulação de uma ECU de acordo com um arquivo de registro;
	Simulação de ECU e de uma rede ISO 11783;	
	Interação das ECUs simuladas com o barramento CAN;	
	Possibilidade de embarcar os códigos das ECUs em plataformas eletrônicas portáteis microcontroladas e microprocessadas, e que possuem a HAL;	
	Ambiente para criação de OP e DDOP;	
	Envio e o armazenamento de mensagens em arquivos de registro;	
	Vários exemplos compilados;	
	Biblioteca importada, entrega após o <i>download</i> do servidor do site www.isoaglib.org	

Como a Tabela 7 indica, a escolha da ferramenta não deve baseada somente no custo, mas nas características da aplicação a ser desenvolvida e das necessidades a serem supridas.

Após a análise dos resultados, conclui-se que o objetivo do trabalho foi alcançado, e comprovou-se que a metodologia adotada é viável. As informações sintetizadas neste trabalho facilitam a implementação do procedimento de comunicação entre a ECU do implemento com o TC em implementos ISOBUS compatível, **principalmente** no desenvolvimento do DDOP e do *TaskData.XML*;

O uso do TC torna o trator ISOBUS em um terminal para atuação, de coleta e de armazenamento de dados em uma aplicação agrícola sem a necessidade de adquirir outra eletrônica específica. Apesar dos softwares dos dispositivos eletrônicos serem mais complexos, uma das vantagens do uso das especificações

da norma ISO 11783 para indústria de máquinas agrícola é a redução nos custos na produção de dispositivos eletrônicos e no cabeamento, pois estes são mais simples.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhos futuros devem explorar o TC e WSM para realizar um número maior de tarefas automatizadas em aplicações agrícolas e pecuárias, a fim de aproveitar os recursos disponibilizados pelos fabricantes e para maior padronização e adaptação das práticas envolvidas na AP para produção agrícola.

Diante da necessidade de sistematização de procedimentos relacionados ao processo de comunicação entre máquinas e implementos agrícolas, este trabalho apresentou uma sistematização sobre os procedimentos de inicialização do implemento agrícola (WSM) com um Terminal Virtual (VT) e com um Controlador de Tarefas (TC). Diante desta tendência global da utilização da Agricultura de Precisão, espera-se que este trabalho possa abrir oportunidades para que a ISO 11783 possa ser melhor entendida e ampliar a possibilidade de disponibilizar um número maior de aplicações que envolvem o conceito de AP.

Neste trabalho, pode-se comprovar o quão é importante a parceria entre o setor privado e o setor público no desenvolvimento e implementação de novas tecnologias, com a parceria estabelecida entre a Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, a Embrapa Instrumentação Agropecuária, a AGCO, a Baldan, a Enalta e por último a financiadora FINEP.

8 REFERÊNCIAS

AGCO (2008). AGCO Corporation. **Disponível em:** <<http://www.agcocorp.com/>>. Acesso em: Fev. 2008.

AGROXML (2008). agroXML - A standardized language for data exchange in agriculture. **Disponível em alemão em:** <<http://www.agroxml.de/index.php/>>. Acesso em: Jul. 2008.

ANTUNIASI, U.R.; BAIO, F.H.R.; SHARP, T.C. (2007). Agricultura de precisão. **VI CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO**, Uberlândia - MG, Brasil.

AUERNHAMMER, H. (1989). Elektronik in traktoren und maschinen. **München: BLV-Verlag.**

AUERNHAMMER, H. (2002). The role of mechatronics in crop product traceability. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**, v. IV. Invited Overview Paper. Presented at the Club of Bologna meeting, July 27, 2002. Chicago, IL., USA.

AUERNHAMMER, H.; FRISCH, J. (1993). Mobile Agricultural BUS-System– LBS. **Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, KTBL Arbeitspapier 196.**

AUERNHAMMER, H.; ROTHMUND, M. (2004). Automated process data acquisition within standardized communication systems and its practical applications. **CIGR International Conference**, v. 2, p. 84 - 93. 11- 14 October 2004, Beijing, China.

AUERNHAMMER, H.; SPECKMANN, H. (2006). Dedicated communication systems and standards for agricultural applications. **Chapter 7 Communication Issues and Internet Use, CIGR Handbook of Agricultural Engineering**, v. 7, p. 435-452.

BALASTREIRE, L.A.; COELHO, J.L.D. (1992). Aplicação mecanizada de fertilizantes e corretivos. **São Paulo: ANDA, 1992**, v. 47. (Boletim Técnico, 7).

BALASTREIRE, L.A.; ELIAS, I.A.; AMARAL, J.R. (1998). Agricultura de Precisão: Mapeamento da produtividade da cultura do milho. **Engenharia Rural**, ESALQ/USP.

BALDAN (2008). Agri - Tillage do Brasil (ATB). **Disponível em:** <www.baldan.com.br/>. Acesso em: Fev. 2008.

BENNEWEIS, R.K. (2005). Status of the ISO 11783 serial control and communications data network standard. **ASAE Annual International Meeting**. 2005 July 17 - 20, ASAE Tampa Convention Center, Tampa, Florida, USA,.

BISHR, Y. (1997). Semantic aspect of interoperable GIS. **PhD thesis, Wageningen Agricultural University and ITC.**

BOSCH (2008). CAN ISO Standardization. **Disponível no site:** <http://www.semiconductors.bosch.de/en/20/can/3-literature.asp/>. Acesso em: Fev. 2008.

BOSSELMANN, G. (1987). Elektronikeinsatz in der Außenwirtschaft. **Landtechnik 42: 498-499.**

CAVANI, F.A. (2007). Análise de cenas de pomares de laranjeiras através de segmentação de imagens e reconhecimento de padrões. **Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo**, p. 287. São Carlos, SP Brasil.

DLG (2009). ISOBUS TEST is the common initiative of the german agriculture society (DLG) and the manufacturer's association VDMA **Disponível em :** <http://www.dlg.org/en/index.html/>. Acesso em: Fev. 2009.

DOBERMANN, A.; BLACKMORE, S.; COOK, S.E.; ADAMCHUK, V.I. (2004). Precision Farming: challenges and future directions. **Proceedings of the 4th International Crop Science Congress**. 26 Sep – 1 Oct 2004, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site <http://www.cropscience.org.au/>.

DOD (2008). U. S. Department of Defense (Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América) **Disponível em:** <http://www.defenselink.mil/>. Acesso em: Fev. 2009.

DU, Q.; CHANG, N.; YANG, C.; SRILAKSHMID, K.R. (2008). Combination of multispectral remote sensing, variable rate technology and environmental modeling for citrus pest management. **Journal of Environmental Management**, v. 86, p. 14-26.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO (2009). Órgão do governo federal do Brasil que tem a missão de viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do agronegócio, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias em instrumentação para o benefício da sociedade. **Disponível em:** <http://www.cnpdia.embrapa.br/>. Acesso em: Fev. 2009.

ENALTA (2008). Enalta Inovações Tecnológicas. **Disponível em:** <http://www.enalta.com.br/>. Acesso em: Fev. 2008.

FANTUZZI, C.; MARZANI, M.; SECCHI, C.; RUGGERI, M. (2006). A distributed embedded control system for agricultural machines. **IEEE International Conference on Industrial Informatics**. 2006.

FRESCO, L.O. (1995). Agro-ecological knowledge at different scales. **EcoRegional Approaches for Sustainable Land Use and Food Production**, p. 133-141. J. Bouma.

FTI BRASIL (2008). Força Tarefa ISOBUS Brasil - Realiza e participa de eventos nacionais e internacionais para troca de informações e *plug fest* ISOBUS.

Disponível em : <<http://www.isobus.org.br/eventos.php/>>. Acesso em: Fev. 2008.

GODOY, E.P. (2007). Desenvolvimento de uma ferramenta de análise de desempenho de redes CAN (Controller Area Network) para aplicações em sistemas agrícolas. **Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo**, p. 93. São Carlos, SP Brasil.

GOERING, C.E.; STONE, M.L.; SMITH, D.W.; TURNQUIST, P.K. (2003). Electrical and electronic systems. **Chapter 10 in Off-Road Vehicle Engineering Principle**, p. 205-254. St. Joseph, Mich.: ASAE. © American Society of Agricultural Engineers.

GOZDOWSK, D.; SAMBORSKI, S. (2007). Book Reviews - Precision agriculture. **Journal: Communications in Biometry and Crop Science**, v. 2, p. 90-94.

GUIMARÃES, A.A. (2003). Análise da norma ISO11783 e sua utilização na implementação do barramento do implemento de um monitor de semeadora. **Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica - Universidade de São Paulo**, p. 98. São Paulo, SP Brasil.

GUO, W. (2005). Spatial and temporal variability in cotton yield in relation to soil apparent electrical conductivity, topography and remote sensing imagery. **DOCTOR OF PHILOSOPHY DISSERTATION, Graduate Faculty of Texas Tech University**, p. 175. December, 2005.

HOFSTEE, J.W.; GOENSE, D. (1997). Simulation of a CAN-based Tractor-Implement Field Bus according to DIN 9684. **J. Agric. Engng Res.**, v. 68, p. 89-100. Aug. 1997.

HOFSTEE, J.W.; GOENSE, D. (1999). Simulation of a Controller Area Network-based Tractor - Implement Data Bus according to ISO 11783. **J. Agric. Engng Res.**, v. 73, p. 383-394. Article No. jaer.1999.0432, available online at <<http://www.idealibrary.com/>>.

HOLLAND SCIENTIFIC (2008). Fabricante do sensor óptico Crop Circle. **Disponível em:** <www.hollandscientific.com/>. Acesso em: Fev. 2008.

IGI (2008). Implementation Group ISOBUS. **Disponível em:** <<http://www.isobus.com/>>. Acesso em: Fev. 2008.

ISO 11519 (1994). Road vehicles - Low-speed serial data communication. **Specifies general definitions for low-speed serial data communication up to 125 kbit/s for road vehicle applications.** . Geneva, Switzerland.

ISO 11783-1 (2007). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 1: General standard for mobile data communication.** INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2007-06-15.

ISO 11783-2 (2002). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 2: Physical layer.** INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2002-04-15.

ISO 11783-3 (1998). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 3: Data link layer**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 1998-07-01.

ISO 11783-4 (2001). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 4: Network layer**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2001-05-01.

ISO 11783-5 (2001). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 5: Network management**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2001-05-01.

ISO 11783-6 (2004). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 6: Virtual terminal**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2004-06-15.

ISO 11783-7 (2007). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 7: Implement messages application layer**. DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 11783-7, 2007-08-17.

ISO 11783-8 (2006). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 8: Power train messages**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2006-02-01.

ISO 11783-9 (2002). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 9: Tractor ECU**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2002-07-01.

ISO 11783-10 (2007). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 10: Task controller and management information system data interchange**. FINAL DRAFT OF INTERNATIONAL STANDARD, 2007-03-19.

ISO 11783-11 (2007). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 11: Mobile data element dictionary**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2007-04-01, database <http://isobus.net/isobus_E/>.

ISO 11783-12 (2007). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 12: Diagnostics services**. DRAFT INTERNATIONAL STANDARD, 2007-03-26.

ISO 11783-13 (2007). Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. **Part 13: File server**. INTERNATIONAL STANDARD, First edition 2007-05-15.

ISO 11786 (1995). Agricultural tractors and machinery - Tractor-mounted sensor interface - Specifications. **Specifies an electrical connector and its pin layout for mounting on an agricultural tractor with a nominal 12-volt battery supply** . Geneva, Switzerland.

ISO 11787 (1995). Machinery for agriculture and forestry - Data interchange between management computer and process computers - Data interchange syntax. **Specifies an Agricultural Data Interchange Syntax (ADIS) to exchange data electronically. It implies that the syntax is not intended for real-time data exchange.**

ISO (2008). International Standardization Organization. **Disponível em:** <<http://www.iso.org/>>. Acesso em: Mar. 2008.

ISOAGLIB (2008). Development of ISO 11783 applications in an Object Oriented way. **Disponível em:** <<http://www.isoaglib.org/>>. Acesso em: Jul. 2008.

ISOBUS TEST CONFORM (2007). Test Protocol - Proposal Taskcontroller. **ISOBUS-SYSTEMS**, ISOBUS Compliance Test Protocol_1_0.

JAHNS, G.; SPECKMANN, H. (1984). Agricultural electronics on farm machinery needs standardized data transfer: A concept. **ASAE Paper No. 84-1633. St. Joseph, MI: ASAE.**

KANEHIRO, F.; ISHIWATA, Y.; SAITO, H.; AKACHI, K.; MIYAMORI, G.; ISOZUMI, T.; KANEKO, K.; HIRUKAWA, H. (2006). Distributed Control System of humanoid robots based on real-time ethernet. **IEEE/RSJ - International Conference on Intelligent Robots and Systems**, p. 2471-2477. October 9 - 15, 2006, Beijing, China.

KUHNEL, D. (2008a). Development of ECU's VT Object Pool. **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008.** Representante da DICKY-john. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

KUHNEL, D. (2008b). ISOBUS ECU Developments. **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008.** Representante da DICKY-john. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

KUNISCH, M.; FRISCH, J.; MARTINI, D.; BÖTTINGER, S. (2007). agroXML – a standardized language for data exchange in agriculture. **EFITA 2007.**

KVASER (2008). Apresenta informações sobre o CAN. **Disponível em:** <<http://www.kvaser.com/>>. Acesso em: Fev. 2008.

MACHADO, P.P.C.; OSTERMEIER, R.; AUERNHAMMER, H. (2008). Uso de redes neurais artificiais na fusão de dados de múltiplos sensores para aplicação de N em taxa variável. **ConBAP2008 - Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão 2008**, p. 450-459. 04 a 06 de junho de 2008, USP/ ESALQ, Piracicaba - SP, Brasil.

MANSOUR, M.R. (2006). Proposta de uma arquitetura para a integração de sistemas de supervisão e controle com padrões de comunicação industrial. **Monografia submetida à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Curso de Ciência da Computação**, p. 85. Foz do Iguaçu, PR Brasil.

MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. (2004). A cana e a Agricultura de Precisão. **IDEA NEWS 4.**

MICROCHIP (2008). Fornece o software MPLAB e a biblioteca da SAE J1939. **Disponível em:** <<http://www.microchip.com/>>. Acesso em: Fev. 2008.

MICROSOFT (2008). A Microsoft Corporation (MS) é a uma empresa multi-nacional de softwares dos EUA, desenvolvedora do sistema operacional Windows. **Disponível em:** <<http://www.microsoft.com/>>. Acesso em: Jul. 2008.

MOLEN, M.V.D. (2008). Test procedures for ISOBUS – DLG testing. **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. Molen is representant of Kverneland Group Mechatronics BV. **Disponível em:** <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

MOLIN, J.P.; INAMASU, R.Y.; SARAIVA, A.M.; SOUSA, R.V. (2005). Rumo ao ISOBUS. **Revista Cultivar**. Março 2005.

MORAN, M.S.; CLARKE, T.R.; QI, J.; PINTER JR., P.J. (1996). MADMAC: A test of multispectral imagery as a farm management tool. **Proceedings of the 26th International Symposium on Remote Sensing Environment**, p. 612-617. March 25-29, Vancouver, Canada.

MUNACK, A.; SPECKMANN, H. (2001). Communication technology is the backbone of Precision Agriculture. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**, v. 3.

MURAKAMI, E.; SARAIVA, A.M. (2005). Rastreabilidade da informação nas cadeias produtivas: padrões de troca de dados. **Revista Brasileira de Agroinformática - RBIAgro**, v. 7, p. 58-66. 2005.

NAITF (2008). North American ISOBUS Implementation Task Force. **Disponível em:** <<http://naitf.aem.org/>>. Acesso em: Fev. 2008.

NASH, E.; KORDUAN, P.; BILL, R. (2007). Optimising data flows in precision agriculture using open geospatial web services. **ECPA 2007**.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL: BOARD ON AGRICULTURE (1997). Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and information technologies in crop management. **Autors:** COMMITTEE ON ASSESSING CROP YIELD: SITE-SPECIFIC FARMING, INFORMATION SYSTEMS, AND RESEARCH OPPORTUNITIES, NATIONAL RESEARCH COUNCIL: BOARD ON AGRICULTURE. **Washington, D.C.: National Academy Press.**, p. 168.

NISSSEN, H.J. (2008a). ISOBUS - Status of Standardization and Implementation. **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. Nissen is the Supervisor Systems Engineering of John Deere AMS Europe. **Disponível em:** <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

NISSSEN, H.J. (2008b). ISOBUS Diagnostics Functional Overview (ISO 11783 Part 12). **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. Nissen is the Supervisor Systems Engineering of John Deere AMS Europe. **Disponível em:** <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

NISSEN, H.J. (2008d). Task Controller Functional Overview (ISO 11783 Part 10 & 11). **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. Nissen is the Supervisor Systems Engineering of John Deere AMS Europe. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

NISSEN, H.J.; HENNINGER, G. (2008c). ISOBUS Status of Standardization and Implementation. **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. Nissen is the Supervisor Systems Engineering of John Deere AMS Europe. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

OKSANEN, T.; LINJA, M.; VISALA, A. (2005). Low-cost positioning system for agricultural vehicles. **IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation**. June 27-30, 2005, Espoo, Finland.

OKSANEN, T.; OHMAN, M.; MIETTINEM, M.; VISALA, A. (2005b). ISO 11783 – Standard and its implementation. **IFAC WORLD CONGRESS, 16**. Prague, Czech Republic Proceedings. 4-8 July, 2005.

OKSANEN, T.; SUOMI, P.; VISALA, A.; HAAPALA, H. (2005a). ISOBUS compatible implements in the project AGRIX. **5th European Conference on Precision Agriculture**. Uppsala, Sweden, 2005.

OSTERMEIER, R.; ROGGE, H.I.; AUERNHAMMER, H. (2007). Multisensor data fusion implementation for a sensor based fertilizer application system. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ATOE 07 010**, v. IX. July, 2007.

PEISL, S.; AUERNHAMMER, H.; ESTLER, M. (1994). FuE-Vorhaben Elektronik in der Außenwirtschaft–Ergebnisse der technischen Prüfungen. Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag. **KTBL Arbeitspapier 175**.

PEREIRA, R.R.D.; CAVANI, F.A.; GODOY, E.P.; PORTO, A.J.V.; INAMASU, R.Y. (2008a). Revisão do processo de comunicação entre o Controlador de Tarefa (Task Controller) e um Implemento ISOBUS. **ConBAP2008 - Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão 2008**, p. 482-497. 04 a 06 de junho de 2008, USP/ ESALQ, Piracicaba - SP, Brasil.

PEREIRA, R.R.D.; GODOY, E.P.; SAKAI, R.M.R.; CAVANI, F.A.; PORTO, A.J.V.; INAMASU, R.Y. (2008b). Development of an ISOBUS compatible implement to support the Variable Rate Technology. **CIGR - International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Brazil, August 31 to September 4, 2008.

PEREIRA, R.R.D.; GODOY, E.P.; SOUSA, R.V.; PORTO, A.J.V.; INAMASU, R.Y. (2007). Proposal of a CAN-Based Distributed Control System for Variable Rate Technology in agricultural machinery. **COBEM 2007 - 19th International Congress of Mechanical Engineering**. November 5-9, 2007, Brasília - DF, Brasil.

PESONEN, L.; KAIVOSOJA, J.; VIROLAINEN, V.; OITTINEN, J.; KIVIPELTO, J. (2007). Remote assisted task management for ISOBUS equipped Tractor-Implement

combination. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ATOE 07 011**, v. IX. July 2007.

PORTILLO, J.; ESTEVEZ, E.; CABANES, I.; MARCOS, M. (2006). CANopen Network for μ controller-based Real Time Distributed Control Systems. **IEEE**, p. 4644-4649.

SAE J1939 (2008). Surface vehicle recommended practice. **The Society of Automotive Engineers**. Disponível em: <<http://www.sae.org/>>. Acesso em: Fev. 2008.

SAKAI, R.M.R. (2008). Rede serial para comunicação de dados e controle em sistema embarcado: Estudo de implementação da ISO 11783. **Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo**, p. 107. São Carlos, SP Brasil.

SAKAI, R.M.R.; CAVANI, F.A.; SOUSA, R.V.; INAMASU, R.Y.; PORTO, A.J.V. (2007b). Softwares para desenvolvimento de aplicações ISOBUS. **SBIAgro 2007 - 6º Congresso Brasileiro de Agroinformática**, p. 301-305. 8-11 outubro 2007, São Pedro - SP, Brasil.

SAKAI, R.M.R.; PEREIRA, R.R.D.; SOUSA, R.V.; INAMASU, R.Y.; PORTO, A.J.V. (2007a). Revisão do padrão ISOBUS para comunicação do implemento agrícola com Terminal Virtual e Controlador de Tarefas. **SBIAgro 2007 - 6º Congresso Brasileiro de Agroinformática**, p. 311-315. 8-11 outubro 2007, São Pedro - SP, Brasil.

SCHMIDT, M. (2007). Getting started with ISOBUS – Implement ECU development. **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2007**. Schmidt is Technical Leader, Embedded Software AGCO Advanced Technology Solutions. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/workshop2007/prog.php/>>. Acesso em: Fev. 2008.

SCHMIDT, M. (2008a). ISOBUS File Server (FS). **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. Schmidt is Technical Leader, Embedded Software AGCO Advanced Technology Solutions. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

SCHMIDT, M. (2008b). ISOBUS Virtual Terminal (VT). **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. Schmidt is Technical Leader, Embedded Software AGCO Advanced Technology Solutions. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>>. Acesso em: Fev. 2008.

SIGRIMIS, N.; HASHIMOTO, Y.; MUNACK, A.; BAERDEMAEKER, J.D. (1999). Prospects in agricultural engineering in the information age. **CIGR-Ejournal, invited paper**.

SIMULAÇÃO E CONTROLE, L.D. (2009). Laboratório do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.simulacao.eesc.usp.br/>>. Acesso em: Fev. 2009.

SOUSA, R.V. (2002). CAN (Controller Area Network): Uma abordagem para automação e controle na área agrícola. **Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo**, p. 84. São Carlos, SP Brasil.

SOUSA, R.V. (2007). Robô Agrícola Móvel (RAM): Uma arquitetura baseada em comportamentos hierárquicos e difusos para sistemas autônomos de guiagem e navegação. **Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo**, p. 194. São Carlos, SP Brasil.

SOUSA, R.V.; INAMASU, R.Y.; NETO, A.T. (2001). CAN (Controller Area Network): Um padrão internacional de comunicação de transdutores inteligentes para máquinas agrícolas. **Boletim Técnico da EMBRAPA/ EPAGRI**, 12. Outubro, 2001. São Carlos, SP - Brasil.

SPANGLER, A. (2001). Open Source Development: A suitable Method to introduce a standardized communication protocol? **1st Workshop on Open Source Software, ICSE 2001**.

SPANGLER, A. (2008). Tools for interface development and diagnostics. **Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008**. SPANGLER is Software Development Manager, Competence Center Embedded Systems, OSB AG. Disponível em: <http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/>. Acesso em: Fev. 2008.

SRINIVASAN, A. (2006). Handbook of Precision Agriculture: Principles and applications. **The Hayworth Press, New York, NY, USA**.

STABILE, M.C.C.; BALASTREIRE, L.A. (2006). Comparação de três receptores GPS para uso em Agricultura de Precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - agriambi**, v. 26, p. 215-223. Abril de 2006.

STEINBERGER, G.; ROTHMUND, M.; AUERNHAMMER, H. (2005). Integration der automatischen Prozessdokumentation in landwirtschaftliche Informationsflüsse (*Integration of automated process documentation into the agricultural information flow*). **TP 8 of pre agro - Zwischenbericht 2005**, p. 115-123.

STONE, M.L.; MCKEE, K.D.; FORMWALT, C.W.; BENNEWEIS, R.K. (1999). ISO 11783: An electronic communications protocol for agricultural equipment. **ASAE Distinguished Lecture # 23, Agricultural Equipment Technology Conference**, p. 15. 7-10 February 1999, Louisville, Kentucky USA.

SUVINEN, A.; SAARILAHTI, M. (2006). Measuring the mobility parameters of forwarders using GPS and CAN bus techniques. **Journal of Terramechanics**, v. 43, p. 237-252. 19 January 2006.

TANGERINO, G.T.; INAMASU, R.Y.; FREITAS, R.R.; PEREIRA, R.R.D.; GODOY, E.P.; SOUSA, R.V. (2008). Uso de sensor ultra-sônico para medição da variabilidade espacial da altura de plantas em cultura de cana-de-açúcar. **ConBAP2008 - Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão 2008**, p. 393-404. 04 a 06 de junho de 2008, USP/ ESALQ, Piracicaba - SP, Brasil.

TEKESTE, M.Z. (2006). Site-Specific characterization, modeling and spatial analysis of sub-soil compaction (Hardpan) for Precision Agriculture on southeastern US soils. **DOCTOR OF PHILOSOPHY DISSERTATION, Graduate Faculty of The University of Georgia**, p. 156. May, 2006.

TÖRNGREN, M. (1995). A perspective to the design of Distributed Real-Time Control applications based on CAN. **Proceedings of 2nd Int. CiA CAN conference**. London-Heathrow, 3-4 October 1995.

TRIMBLE (2008). Fabricantes de acessório para o uso da tecnologia do GPS. **Disponível em:** <<http://www.trimble.com/>>. Acesso em: Ago. 2008.

UMEZU, C.K.; CAPPELLI, N.L. (2006). Desenvolvimento e avaliação de um controlador eletrônico para equipamentos de aplicação de insumos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - agriambi**, v. 10, p. 225-230.

VALTRA (2008). Valmet Tratores. **Disponível em:** <<http://www.valtra.com.br/>>. Acesso em: Fev. 2008.

VECTOR (2008). Fornece o ambiente de desenvolvimento CANoe. **Disponível em:** <<http://www.vector-worldwide.com/>>. Acesso em: Fev. 2008.

WERNER, A. (2008b). Adoption of Precision Farming in Europe - A review of the actual situation (presentation). **ConBAP2008 - Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão 2008**. 04 a 06 de junho de 2008, USP/ ESALQ, Piracicaba - SP, Brasil.

WERNER, A.; SCHWARZ, J.; DREGER, F. (2008a). Precision Agriculture is a key technology for farming in Europe - achievements, acceptance and future of an innovation for farmers and the value added chain. **ConBAP2008 - Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão 2008**. 04 a 06 de junho de 2008, USP/ ESALQ, Piracicaba - SP, Brasil.

WERNER, V.; SCHLOSSER, J.F.; ROZIN, D.; EDER D. PINHEIRO, E.D.; DORNELLES, M.E.C. (2007). Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - agriambi**, v. 11, p. 658-663.

WYLE LABS (2008). Centro de testes e de certificação norte-americano. **Disponível em :** <<http://www.wylelabs.com/>>. Acesso em: Fev. 2009.

XML (2001). World Wide Web Consortium – W3C, apresenta informações sobre o formato XML. **Disponível em:** <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema/>>. Acesso em: Fev. 2008.