

CONBAP 2008 CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO



# ConBAP 2008

CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

**ANAI DO CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO 2008**

[www.agriculturadeprecisao.org.br/conbap](http://www.agriculturadeprecisao.org.br/conbap)

**04 a 06 de Junho de 2008**

**USP/ESALQ - Piracicaba, SP**

Editores: Carlos Alberto Vettorazzi - José Paulo Molin



Este CD-Rom foi patrocinado por:



Organização e Promoção:



Apoio:





# ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO 2008

04 a 06 de Junho de 2008

USP/ESALQ - Piracicaba, SP

Editores: Carlos Alberto Vettorazzi - José Paulo Molin

<http://www.agriculturadeprecisao.org.br/conbap>

Organização e Promoção:

**USP**  
**ESALQ**

Departamento de Engenharia Rural

Apoio:



## REVISÃO DO PROCESSO DE COMUNICAÇÃO ENTRE O CONTROLADOR DE TAREFA (TASK CONTROLLER) E UM IMPLEMENTO ISOBUS

Robson Rogério Dutra Pereira<sup>1</sup>, Felipe Alves Cavani<sup>2</sup>, Eduardo Paciência Godoy<sup>3</sup>, Arthur José Vieira Porto<sup>4</sup>, Ricardo Yassushi Inamasu<sup>5</sup>

### RESUMO

O recente crescimento da utilização de tecnologias de automação e eletrônica embarcada em máquinas e implementos agrícolas tem demonstrado um novo paradigma na área agrícola. Novas práticas relacionadas com a Agricultura de Precisão têm demandado um grande número de pesquisas em sensores e redes de comunicação embarcadas para aquisição de dados em campo e controle dos dispositivos utilizados. A principal tendência entre os protocolos de comunicação existentes para eletrônica embarcada em máquinas agrícolas é o *Controller Area Network* (CAN). A norma ISO 11783 (ISOBUS) representa a padronização do protocolo CAN para aplicações em máquinas e implementos agrícolas e atualmente constitui o principal alvo de implementação e desenvolvimento. Este trabalho apresenta a revisão da norma ISO 11783 da comunicação entre Controlador de Tarefa (*Task Controller* – TC) e um implemento que pode realizar a aplicação de insumo agrícola com Tecnologia a Taxa Variada (*Variable Rate Technology* – VRT). Sob este contexto e diante da necessidade de se difundir a pesquisa sobre a norma ISOBUS no meio acadêmico brasileiro, este artigo tem o objetivo de gerar uma documentação de referência para orientar trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de máquinas e implementos agrícolas.

**PALAVRAS – CHAVE:** ISO 11783, ECU (*ELECTRONIC CONTROL UNIT*), VRT (*VARIABLE RATE TECHNOLOGY*)

### REVIEW OF COMMUNICATION PROCESS AMONG TASK CONTROLLER AND ISOBUS IMPLEMENT

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Eletricista, MSc. Eng<sup>a</sup> Mecânica, EESC – USP, robsondutrapereira@gmail.com

<sup>2</sup> MSc. Eng<sup>a</sup> Mecânica, Doutorando em Eng<sup>a</sup> Mecânica, EESC – USP, fcavani@gmail.com

<sup>3</sup> MSc. Eng<sup>a</sup> Mecânica, Bolsista de Doutorado FAPESP, EESC – USP, epgodoy@yahoo.com

<sup>4</sup> Dr. Eng<sup>a</sup> Mecânica, Professor Titular da EESC – USP, ajvporto@sc.usp.br

<sup>5</sup> Dr. Eng<sup>a</sup> Mecânica, Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos-SP, ricardo@cnpdia.embrapa.br

## SUMMARY

The recently growth of automation technology and embedded electronic in agricultural machinery has showing a new paradigm in agricultural area. New practices related with Precision Agriculture demand lot researches of sensors and embedded communication networks for data acquisition in field and used devices control. The principal tendency among communication protocol for embedded electronic in agricultural machinery is the Controller Area Network (CAN). The ISO 11783 standard (as know ISOBUS) represents the CAN protocol standardization for agricultural machinery and implements applications and nowadays is the main target of the development and implementation. This work shows a review of ISO 11783 standard for the communication between Task Controller (TC) and an agricultural implement witch would be use for input application with Variable Rate Technology (VRT). Under of that argument and the necessary to divulge the research about ISOBUS standard in Brazilian academic, this article has the object to generate reference documentation to support research works and development of agricultural machinery and implements.

**KEYWORDS:** ISO 11783, ECU (ELECTRONIC CONTROL UNIT), VRT (VARIABLE RATE TECHNOLOGY)

## INTRODUÇÃO

Tratores e implementos estão se tornando mais complexos devido à grande quantidade de dados eletrônicos para trabalhar adequadamente. O número de dispositivos eletrônicos em máquinas agrícola vem crescendo (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 (ECU) (GUIMARÃES, 2003). A utilização de uma única ECU para as atividades agrícolas geraria um sistema centralizado e complexo, além da enorme quantidade de cabos desta ECU pra todo o sistema. Para tratar deste problema a implementação de um sistema distribuído, uma rede de comunicação e de um protocolo de comunicação se faz necessário, trazendo vantagens como:

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

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). O uso do CAN na área agrícola é confirmado em SUVINEN & SAARILAHTI (2006). Este protocolo foi originalmente desenvolvido pela BOSH (2008) para conexão de unidades eletrônicas na área automotiva, e recentemente vem sendo aplicado na automação agrícola através da norma ISO 11783, também conhecida como ISOBUS. A padronização da eletrônica embarcada em máquinas agrícolas é um esforço mundial atual. Dois grupos, NAIITF (*North American ISOBUS Implementation Task Force*) nos Estados Unidos e IGI (*Implementation Group ISOBUS*) na Europa sob o suporte da ISO (*International Organization for Standardization*) têm criado e modificado a norma ISO 11783 – *Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communication data network*, composta de 14 partes, das quais 11 já publicadas (ISO, 2007). 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 de dados. No Brasil a norma ISO 11783 foi divulgado na Agrishow 2007, apoiado pela FTI (Força Tarefa ISOBUS) Brasil, formada por um grupo de empresas, universidades e instituições que promovem esta norma, através de meios de divulgação e eventos e realizam testes e aplicação do padrão, dando suporte ao seu desenvolvimento. Além da FTI, há um grupo de pessoas que participam da comissão de estudos CE 04:15.15 – Comunicação e Eletrônica Embarcada, responsável pela tradução e adaptação da ISO 11783 para língua brasileira com o objetivo de disponibilizar uma norma ABNT (Associação de Normas Técnicas) da ISO 11783.

A implementação da norma ISO 11783 consiste um principal alvo pra os desenvolvedores e fabricantes de maquinas agrícolas (BENNEWEISS, 2005). Um dos desafios relacionados ao uso da rede ISO 11783 é o desenvolvimento de implementos compatíveis com ISO 11783 (OKSANEN & SOUMI et al., 2005) para realizar tarefas específicas assim como a sensoriameto remoto e aplicações VRT. OKSANEN & OHMAN et al. (2005) descreve uma implementação ISO 11783 e com seu componentes compatíveis.

No entanto, o conhecimento e a existência da norma ISO 11783 não são o bastante para o desenvolvimento desta tecnologia pelas empresas nacionais. Como o mercado brasileiro está iniciando esta transição, provocada pela tendência global, é importante que se inicie os projetos de implementação da norma tendo como base as informações básicas sistematizadas. Contudo, como o padrão não está concluído, documentos sobre termos básicos e análises de aplicações ISOBUS compatíveis não são

encontrados na literatura, representando uma área de pesquisa que pode trazer resultados inéditos para o Brasil.

A proposta deste trabalho é sistematizar o desenvolvimento do software da ECU de um implemento que já comunica com o Terminal Virtual (*Virtual Terminal – VT*) para comunicar com o TC. E também a criação de um arquivo XML Dado da Tarefa (*TaskData.xml*) no computador de fazenda (*Farm Management Information System – FMIS*) que contém o mapa de prescrição com as taxas de aplicações necessárias para que o Sistema de Controle do Implemento Móvel (*Mobile Implement Control System - MICS*) realize a aplicação de acordo com a variabilidade do solo e o posicionamento do trator/ implemento pelo GPS. Com isso, é possível a realização de uma aplicação com VRT.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Revisão da Norma ISO 11783

#### 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 PE o sistema eletrônico que promove a interconexão de um determinado dispositivo ao barramento, podendo uma única ECU ser pela conexão de ou mais dispositivos no barramento. Também, um dispositivo pode ser conectado ao barramento 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 04:15.15, houve a necessidade de chamar o barramento do implemento em dois nomes, barramento de implemento (localizado no trator) e barramento do implemento (localizado no implemento), os quais adotamos neste artigo. 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 (*Network Interconnect Units – NIU*) com a função de isolar uma rede da outra, de acordo com a ISO 11783 – 4. Em uma rede pode ter no máximo 30 Nós e o comprimento máximo é 40 m. Portanto, para sistemas complexos que necessita 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 1.

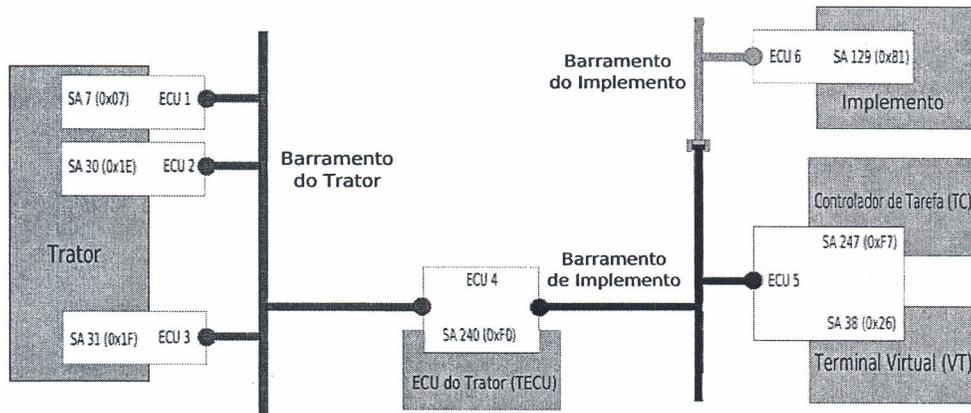


Figura 1 – Topologia Típica Rede ISO 11783

Como podemos ver na figura 1, a ECU do Trator (*Tractor ECU – TECU*) 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 e o segundo sendo necessário ser uma rede ISO 11783.

### Camada de Rede e Gerenciamento de Rede

A ISO 11783 – 5 contém regras que definem a administração de endereços de origem (*Source Address Extensible Markup Language SA*) das ECUs e a associação destes endereços com a identificação funcional do dispositivo conectado à rede pela ECU. Também define o processo 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) e ECU de Interconexão de Redes (como descrito na anteriormente, é denominada de NIU, e tem 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 atribuição de endereços: ECU de Endereço Não Configurável, ECU de Endereço Configurável Manualmente, ECU de Endereço Configurável por Comando e ECU de Endereço Autoconfigurável.

A ISO 11783 – 5 define uma estrutura de campo de dados (*Data Field*) de mensagem denominada NAME. 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 utiliza 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 descreve essas regras e ilustra a comunicação de mensagens através de diagramas. O desenvolvimento de ECUs autoconfiguráveis exige entendimento desse processo de inicialização.

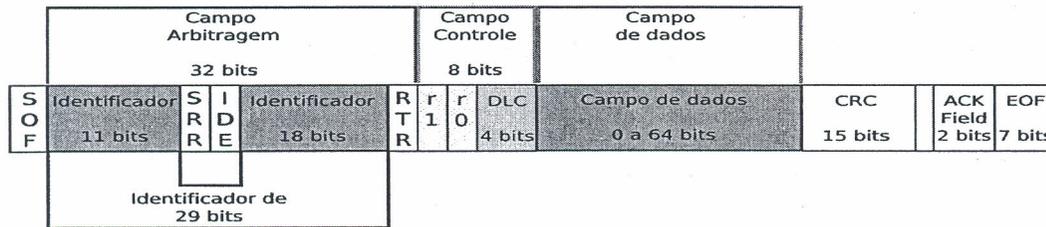


Figura 2 – *Frame* do CAN 2.0 B (CAN Estendido)

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, veja figura 2. Esse 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 definidos formas de utilização dos bits do campo identificador e do campo de dados, que formam uma mensagem CAN, como ilustrado na figura 2. É definido um esquema de uso de bits que origina duas Unidades de Protocolo de Dados (*Protocol Data Unit – PDU*), 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 3 mostra os dois tipos de PDUs especificadas pela norma.

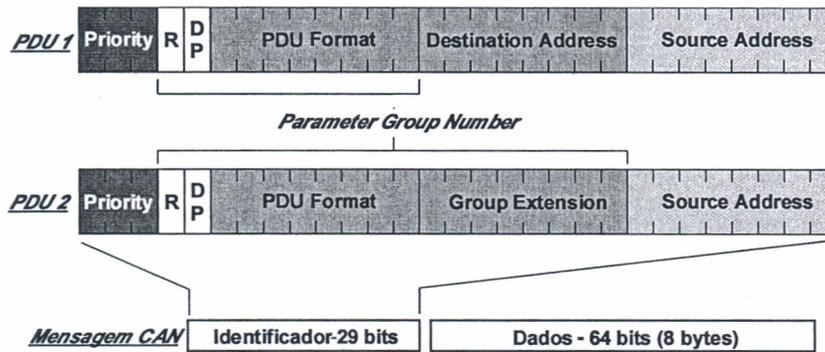


Figura 3 – Tipos de PDUs

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 (*Destination Address* – DA) na figura 3, 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 (*PDU Format* – PF) do identificador, que pode ser visto na figura 3, 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 (oito 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 (*Parameter Group Number* – PGN). 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 (*Group Extention* – GE). Os campos DA e GE também são referenciados como Especificação de PDU (*PDU Specific* – PS).

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, especifica unidade de medida, precisão e 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 parâmetros de navegação. Este grupo de parâmetros é denominado Grupo de Parâmetro (*Parameter Group* – PG), 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 as necessidades de comunicação de dados entre ECUs em uma máquina agrícola e seus implementos.

### **Terminal Virtual e Protocolo de Transporte Estendido**

Para realizar a transferência de dados acima de oito bytes existem dois protocolos definido pela ISO 11783, os quais são o Protocolo de Transporte (*Transport Protocol* – TP) e o Protocolo de Transporte Estendido (*Extended Transport Protocol* – ETP). 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 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 Homem-Máquina (IHMs) dedicado 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 enviar um Conjunto de Objetos (*Object Pool* – OP) através dos protocolos TP ou ETP (dependendo do tamanho do arquivo). 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.

### Controlador de Tarefa e Agricultura de Precisão

A Agricultura de Precisão (AP) é 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 & MOLIN, 2004). Para dar suporte a (AP), seguindo a tendência mundial, a norma ISO 11783 – 10 definem o procedimento de inicialização e a comunicação entre o Computador da Fazenda (*Farm Management Information System – FMIS*), TC e a Sistema de Controle do Implemento Móvel (*Mobile Implement Control System - MICS*). FMIS é conjunto de ferramentas que 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 a totalidade 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 (*Extensible Markup Language*) e inserido (pós tarefa retirado) no TC por algum meio portátil de transferência de arquivos. O arquivo do mapa de prescrição é chamando *TaskData.xml*. Para o TC associe o 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 (*Device Description Object Pool – DDOP*) através dos protocolos TP e ETP. O DDOP também é um arquivo XML, porém, na ECU do implemento é uma sequencia 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 inicia o envio das mensagens de Dados do Processo (*Process Data – PD*), mensagens definidas para comunicação entre TC e ECU do implemento. Durante uma tarefa, o TC coleta e armazena os dados pertinentes. Ao fim do trabalho, o TC deve formatar os dados coletados em um arquivo XML para que eles possam ser transferidos de volta para o FMIS.

Partindo destas definição da AP, feito uma análise da variabilidade espacial do solo a ser tratado é construído um mapa de prescrição. Com o mapa de prescrição podemos criar 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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de realizada a revisão, um roteiro de implementação e teste foi adotado, seguindo a subseções do resultado e discussão.

### O VT e o TC

Em parceria com a empresa AGCO e a fim de acelerar a implementação da ISO 11783, foi utilizado o VT e o TC do GTA Console Versão 1.6.2, veja figura 4.

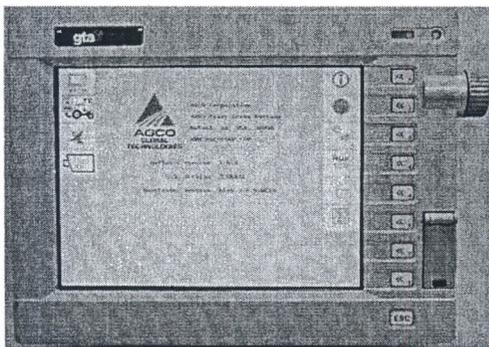


Figura 4 – AGCO GTA Console Versão 1.6.2

Este terminal possui, além do VT e TC, uma ECU para conectar o GPS ao barramento de implemento, tela *touch screen* e suporta a inserção de arquivo através de cartão de memória flash SD (canto inferior direito).

### A ECU do Implemento

A ECU adotada é baseada em Sousa (2002) e suporta a comunicação para CAN 2.0 B com a velocidade de transmissão de dados 250 kbit/s, velocidade determinada pela ISO 11783. Possui o microcontrolador PIC 18f258, o qual já possui um controlador CAN, e uma interface transceptor CAN entre o controlador CAN e o barramento, ver figura 5(a). Há também um transceptor RS232 e regulador de tensão que converte a fonte de tensão em um nível TTL de zero a cinco volts. A figura 5(b) é placa eletrônica da interface CAN.

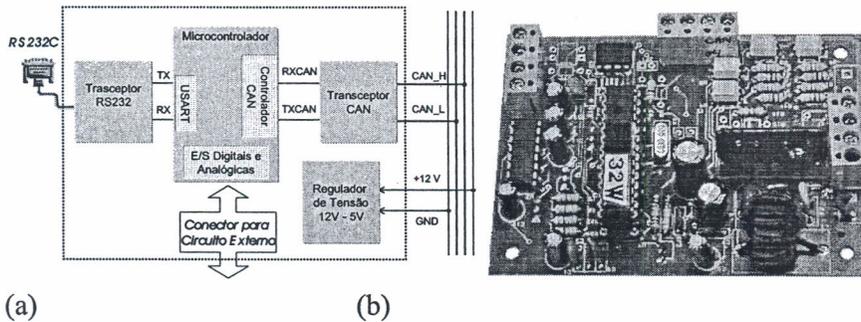


Figura 5 – (a) Esquemático da interface CAN (Sousa (2002)) (b) Placa eletrônica da interface CAN

### Working Set

*Working Set* é definido como um conjunto de ECUs do implemento, ou apenas uma ECU do implemento, que tem uma função específica. Neste conjunto, uma das ECUs do implemento é denominada *Working Set Master* (WSM), ou seja, ela representa o *Working Set* na comunicação com o VT e TC. A ECU do implemento adotada, citada anteriormente, foi utilizada com um WSM.

Foram implementados nesta WSM o procedimento de inicialização na rede, *Address Claim* anteriormente citado, o procedimento de inicialização e comunicação com o VT e TC. Após a inicialização na rede, o próximo passo do WSM é aguardar a mensagem “VT Status Message”, que é enviada periodicamente pelo VT. Assim, o WSM reconhece a existência de um VT na rede e continua o procedimento, requisitando informações do mesmo. Após receber todas as informações necessárias do VT, o WSM inicializa outro procedimento, para o envio do OP. Este procedimento utiliza um protocolo de transporte.

Outro processo de inicialização é a comunicação com o TC. O primeiro passo é aguardar seis segundos antes de verificar a presença de um TC na rede. Após este atraso, o processo é análogo à comunicação com o VT, ou seja, o WSM envia o DDOP, para que o TC tenha conhecimento dos dispositivos do implemento agrícola, e faça a associação destes com as tarefas a serem realizadas.

### OP e o DDOP

A WSM (ECU do implemento), ao se conectar em um trator, envia o OP 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, ver figura 6(a). O OP feito para esta aplicação

apresenta as opções de escolher manualmente a taxa de aplicação de calcário, ver figura 6(b).

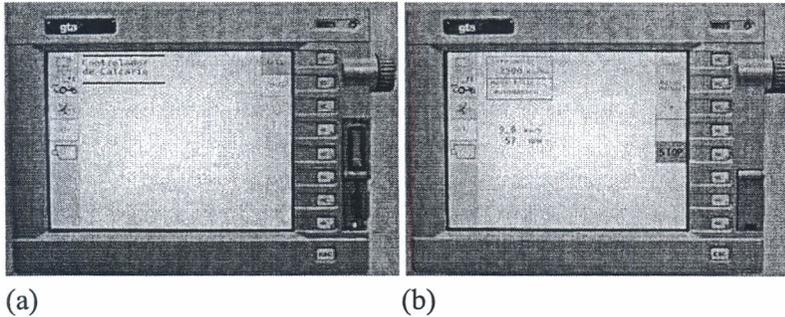


Figura 6 – (a) Tela inicial do OP (b) Tela do OP para escolha das taxas de aplicação

O DDOP é um arquivo no formato XML. Nele estão contidas todas as características de cada dispositivo no implemento, ou seja, de todos os sensores e atuadores. O DDOP implementado nesta WSM foi baseado na aplicação de calcário, ou seja, é descrito para o TC que há um Fertilizador capaz de variar a taxa de aplicação de acordo com a variabilidade do solo, na figura 7 é uma amostra do DDOP em XML.

```
<DVC A="DVC-3" B="Fertilizer" C="SIMULACAO" D="A00A80000012FD1" E="777" F="Fertilizz" G="FF000003506E65">
.
.
<DET A="DET-6" B="6" C="3" D="DMP" E="1" F="5">
.
.
</DET>
.
.
<DPD A="3001" B="0006" C="3" D="3" E="Application Rate" F="2000" />
.
.
<DVP A="2000" B="0" C="0.0099999978" D="2" E="Kg/ha" />
</DVC>
```

Figura 7 – DDOP de um Fertilizador (*Fertilizer*)

Nesta amostra, o retângulo vermelho é o NAME do Fertilizador, o qual contém informações:

- GRUPO DA INDÚSTRIA: 0x02, equipamentos da agricultura e floresta;
- CLASSE DO DISPOSITIVO: 0x05, Fertilizador;
- FUNÇÃO DO DISPOSITIVO: 0x80, controle de taxa do Fertilizador.

O retângulo laranja é o nome apresentado no TC do implemento que está conectada ao trator, nosso caso "DMP". E o retângulo azul é a variável mostrada no TC e retângulo

verde é a unidade desta variável, nosso caso Taxa de Aplicação (*Application Rate*) e unidade em kg.ha<sup>-1</sup>.

### Dados da Tarefa (*TaskData.xml*)

Como mencionado anteriormente, o *TaskData.xml* que contém a tarefa a ser realizada em campo. A variabilidade espacial do solo foi obtida através de um sensor de clorofila da planta. Utilizando o software proprietário para interpretar os dados do sensor de acordo com a latitude e longitude do talhão, foi construído um *TaskData.xml* para aplicação de calcário utilizando um Fertilizador, podemos ver uma amostra deste arquivo na figura 8.

```
<!-- Product Definitions-->
<PDT A="PDT1" B="Fuel" />
<PDT A="PDT2" B="Calcareous" />
<!-- Worker Definitions-->
<WKR A="WKR1" B="Petrrelli, Peter" />
<!-- Customer Definitions-->
<!-- Farm Definitions-->
<FRM A="FRM1" B="ZEESC_USP" />
<!-- Field Definitions-->
<PFD A="PFD1" C="Soccer Field" D="7700" F="FRM1" G="CTP2" />
<!-- Group 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">
.
.
.
<DDOP B="70FE000000000000" A="200&000000000000">
.
.
.
</TSK>
<DVC A="DVC-3" B="Fertilizer" C="SIMULACAO" D="A001800000012FD1" E="777" F="Fertiliz" G="FF000003506E65">
<DET A="DET-6" B="6" C="3" D="DNP" E="1" F="5">
<DDP A="3001" B="0006" C="3" D="3" E="Application Rate" F="2000" />
<DDF A="2000" B="0" C="0.00999999978" D="2" E="Kg/ha" />
</DVC>
</ISO11783_TaskData>
```

Figura 8 – Amostra do arquivo *TaskData.xml*

O retângulo vermelho da figura 8 é um filtro do *TaskData.xml* para associar a tarefa somente o implemento que for da classe Fertilizador. O retângulo amarelo é uma tarefa, informando que o nome da tarefa é *Soccer\_Field - Application*, a fazenda é a FRM1, o talhão é PFD1 e o operador é o WKR1. O retângulo azul indica que foi associado, após a transferência do DDOP, o Fertilizador a tarefa TSK1.

### Sequência de Bytes do DDOP e o TP (Protocolo de Transporte)

Para a WSM enviar o DDOP para o TC, primeiro passo foi convertido o DDOP.xml para uma sequência de bytes (*bytestream*) correspondente a figura 7, como podemos ver na figura 9. O retângulo vermelho da figura 9 é o NAME anteriormente mencionado. Segundo passo foi o armazenamento na memória não volátil da WSM.

```

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,0x54,0x61,0x72,0x67,0x65,0x74,0x20,0x52,0x61,0x74,0x65,
0xD0,0x07

```

Figura 9 – Sequência de bytes do DDOP.xml

Sabendo o tamanho da sequência de bytes, aproximadamente 250 bytes, o terceiro passo e escolher o protocolo para transferir este arquivo do WSM para TC, nosso caso foi o TP. O quarto passo é implementar o protocolo TP de acordo com a ISO 11783 – 3.

**Teste**

Com todas as ferramentas implementadas e disponíveis, foi instalado a ECU do implemento (WSM) em um implemento agrícola DMP – 7500 da empresa Baldan e testado aplicação por mapa de prescrição. As sequência das Figuras 10(a) (b) (c) (d) mostra como foi o visto o procedimento através do VT, onde a Figura 10(a) mostra a seleção da tarefa; a Figura 10(b) seleção do implemento conectado ao trator (DMP); a Figura 10(c) o início da execução da tarefa e a Figura 10(d) a tarefa em execução.

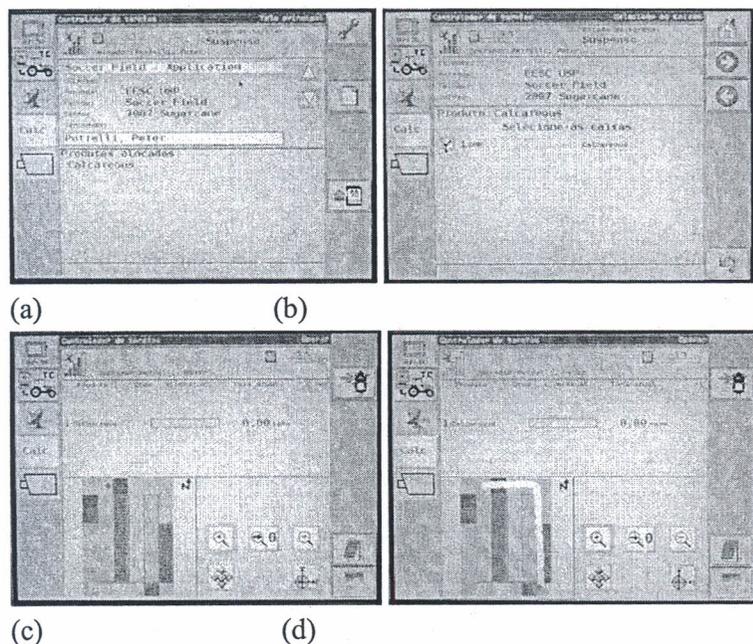


Figura 10 – (a) seleção da tarefa (b) escolha do implemento (c) início da tarefa (d) tarefa sendo executada

O padrão ISOBUS é um conjunto de catorze partes das quais onze já estão publicadas. Conceitos da área agrícola, de engenharia e de computação se fundem no sentido de automatizar de forma padronizada o trabalho de máquinas e implementos agrícolas no campo. A implementação da norma ISO 11783 é um processo longo e complexo. Diante da necessidade de sistematização de procedimentos relacionados ao processo de comunicação entre máquinas e implementos agrícolas, este trabalho apresentou uma revisão sobre os procedimentos de inicialização do implemento agrícola com um Terminal Virtual e com um Controlador de Tarefas. Diante desta tendência global da Agricultura de Precisão, espera-se que este trabalho possa esclarecer que a norma ISO 11783 possui o suporte para aplicações que envolvem o conceito de AP. E também orientar empresas de implementos agrícolas e pesquisas relacionadas à norma ISO 11783.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENNEWEISS, R.K. Status of the ISO 11783 Serial control and communications data network standard. In: ASAE ANNUAL MEETING, 2005, Florida. ASAE paper No. 051167. July 2005.

BOSCH, 2008, CAN Specification Version, Available: <http://www.can.bosch.com>.

GUIMARÃES, A.A., 2003. Análise da Norma ISO11783 e sua Utilização na implementação para Monitoração do Barramento de um uma Plantadeira. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 98p.

ISO 11783 – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communication data network. ISO International Standard. 2008. Disponível em <<http://www.iso.org>>.

MENEGATTI, L.A.A. AND MOLIN, J.P., 2004. Cana de Açúcar e a Agricultura de Precisão. Artigo, no Journal IDEA NEWS 4-2004.

Norma ISO11783 (1998-2008): Partes: 1 à 11



- OKSANEN, T., SUOMI, P., VISALA, A., HAAPALA, H. ISOBUS compatible implements in the project AGRIX. In: 5th European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden. TKK Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland, 2005.
- OKSANEN, T., OHMAN, M.; MIETTINEM, M.; VISALA, A. ISO 11783 – Standard and its implementation. In: IFAC WORLD CONGRESS, 16, 2005, Prague. Proceedings. 4-8 July, 2005.
- PORTILLO, J., ESTEVEZ, E., CABANES, I., MARCOS, M.. CANopen Network for  $\mu$ controller-based Real Time Distributed Control Systems. 2006. IEEE.
- SOUSA, R. V. CAN (Controller Area Network): uma abordagem para automação e controle na área agrícola, 2002. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 94p.
- STONE, M. L.; MCKEE, K. D.; FORMWALT, C. W.; BENNEWEIS, R. K. ISO 11783: An Electronic Communications Protocol for Agricultural Equipment. In: ASAE AGRICULTURAL EQUIPMENT TECHNOLOGY CONFERENCE, 1999, Kentucky. ASAE Lecture # 23, 1999.
- SUVINEN, A.; SAARILAHTI, M. Measuring the mobility parameters of forwarders using GPS and CAN bus techniques. Journal of Terramechanics. v. 43, p. 237-252. 2006.