

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

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA
UTILIZAÇÃO NO AGRONEGÓCIO (SADA):
TELEMETRIA E TRATAMENTO DE DADOS DE
DESEMPENHO DE MÁQUINA DE COLHEITA**

TESE DE DOUTORADO

Oni Reasilvia de Almeida Oliveira Sichonany

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA UTILIZAÇÃO NO
AGRONEGÓCIO (SADA): TELEMETRIA E TRATAMENTO
DE DADOS DE DESEMPENHO DE MÁQUINA DE COLHEITA**

Oni Reasilvia de Almeida Oliveira Sichonany

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, Linha de Pesquisa de Projeto e Utilização de Máquinas Agrícolas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de

Doutora em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. José Fernando Schlosser, Dr. Eng.

Santa Maria, RS, Brasil

2011

© 2011

Todos os direitos autorais reservados a Oni Reasilvia de Almeida Oliveira Sichonany. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Roraima, Campus Universitário - Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas. Bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, 97119-900.

Fone (0xx)55 3220.8175 ou (0xx) 55 3220 9498; End. Eletr: oni@inf.ufsm.br

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA UTILIZAÇÃO NO
AGRONEGÓCIO (SADA): TELEMETRIA E TRATAMENTO DE
DADOS DE DESEMPENHO DE MÁQUINA DE COLHEITA**

elaborada por
Oni Reasilvia de Almeida Oliveira Sichonany

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Fernando Schlosser - UFSM
(Presidente/Orientador)

Prof^a. Dr^a. Roseclea Duarte Medina - UFSM

Prof. Dr. Leonardo Nabaes Romano - UFSM

Prof^a. Dr^a. Paula Machado dos Santos – URI

Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin - UPF

Santa Maria, 17 de março de 2011.

Dedico este trabalho ao meu pai, Homero Dutra de Oliveira, em memória, meu principal modelo de vida e de conduta.

Com ele aprendi a ter valores como honestidade, responsabilidade, coragem e perseverança, e a gostar do que é simples.

AGRADECIMENTOS

Um trabalho como este, pela sua dimensão e complexidade, não teria como ser executado sem o auxílio e a participação de muitas pessoas. Desta forma, eu tenho muito a agradecer e peço desculpas àqueles que não estou nominando aqui.

À Concessionária Itaimbé Máquinas de Santa Maria e ao Seu Werney Doeler e à Dona Marta, pela acolhida "maravilhosa" de sempre e por disponibilizarem a Fazenda Buricaci para a realização dos testes.

À Secretaria da Ciência e Tecnologia do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, pelo financiamento do projeto do sistema SADA.

Ao Professor José Fernando Schlosser, por me aceitar como sua aluna e pela sugestão do tema "Telemetria", desconhecido para mim até então.

Ao PPGEA e aos Professores do Programa de Pós-Graduação, Leonardo Romano e Airtton Alonço, por quem tive afinidade logo no início do curso.

Ao Luís e ao Estevão, secretários do PPGEA, por todas as orientações burocráticas tão importantes.

Ao Professor Raul Ceretta Nunes, pela carta de recomendação e por se preocupar comigo me facilitando através do auxílio de alunos monitores.

À Professora Roseclea Duarte Medina, minha co-orientadora "não oficial", e a Professora Iria Brucker Roggia, muito mais que colegas, estão comigo para todas as dificuldades me dando "colo" quando preciso. Minha dívida é eterna com vocês.

Aos inúmeros amigos que fiz no curso, Alexandre, Ulisses, Gustavo, Marçal, Cláudio, Luiz, e em especial à Paula, de quem recebi muito mais do que dei.

Aos "meninos" do Pós-Graduação em Informática (PPGI), Fernando e Jaziel, que foram imprescindíveis na execução deste trabalho. Vocês terão uma carreira profissional "brilhante".

Aos demais alunos do PPGI, em especial ao Érico, sempre disposto a ajudar.

Aos alunos do Curso de Graduação em Ciência da Computação, Fabrício, Bruno, Rafael e Leandro, nossos "pupilos" queridos.

À minha irmã, Ana Paula, e aos meus irmãos, Homero, Romero e Alexandre, que me mostram sempre, principalmente nas horas de dificuldades, a diferença de se ter uma família.

Aos meus filhos, Pedro, Saulzinho e Maria, que são a minha inspiração e, desde que nasceram, instigaram em mim o desejo de me tornar uma pessoa melhor para poder educar pelo exemplo.

Ao Saul, meu esposo, por compreender a necessidade da dedicação a este trabalho e por me acompanhar nas "batalhas" da vida.

À Deus, por me permitir estar aqui ainda para concluir mais essa etapa.

*“Nunca desista ...
Olhe para o amanhecer ...
É um novo dia que chega.
Novas escolhas, novas pessoas, novos desafios ...
Novas oportunidades e novas esperanças ...
Acredite em sua própria força e conseguirá vencer todas as dificuldades.”*

Autor desconhecido

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA UTILIZAÇÃO NO AGRONEGÓCIO (SADA): TELEMETRIA E TRATAMENTO DE DADOS DE DESEMPENHO DE MÁQUINA DE COLHEITA

AUTORA: ONI REASILVIA DE ALMEIDA OLIVEIRA SICHONANY
ORIENTADOR: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER

Santa Maria, 17 de março de 2011.

Para a obtenção de maior lucratividade em propriedades agrícolas, torna-se essencial o correto gerenciamento das operações executadas, ocasionado pela preocupação com o custo operacional das máquinas utilizadas, que representa um percentual elevado em relação aos custos totais da exploração, podendo ser de até quarenta por cento. Esse custo pode ser reduzido se o uso da maquinaria for otimizado, melhorando o desempenho e a eficiência em trabalho, o que é possível através do monitoramento da máquina durante a sua atividade em campo. As informações para o controle podem ser obtidas através de rede de sensores e/ou de *Global Positioning System* (GPS), que detectam e transmitem alguma característica física do ambiente. A transmissão via telemetria possibilita a comunicação instantânea de áreas remotas, por meio de rede sem fio, com uma central de captação de informações. Assim sendo, a proposta deste trabalho é desenvolver um protótipo de Sistema de Apoio à Decisão para utilização no Agronegócio (SADA), que permita ao gerente do agronegócio fazer o controle operacional da máquina agrícola. O sistema foi testado em situação real, em operações de colheita de arroz e de soja e a máquina usada foi uma colhedora modelo *MF 5650*, da marca *Massey Ferguson*. Os testes realizados demonstraram que a redundância foi eficaz e garantiu a transmissão com a troca de tecnologia sem degradação do tempo, já que em caso de desconexão do modem GSM, o sistema leva 30 milissegundos para se conectar ao *Xtend* e enviar os dados. O sistema T-SADA alcançou os objetivos propostos, garantiu a transmissão dos dados com tolerância a falhas e de forma redundante em locais remotos e de relevos diferenciados, como planície (sem obstáculos) e coxilhas (com alguns obstáculos, morros). A implementação do sistema SADA possibilitou a comprovação da hipótese de que a telemetria (T-SADA), associada a um sistema de gerenciamento (G-SADA), permite monitorar o desempenho de uma máquina agrícola em campo e alertar as operações errôneas realizadas.

Palavras-chave: Aquisição de dados. Controle operacional. Computação móvel.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Pós-Graduate Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR USE IN AGRIBUSINESS (SADA): TELEMETRY AND DATA PROCESSING PERFORMANCE OF MACHINE HARVEST

AUTHOR: ONI REASILVIA DE ALMEIDA OLIVEIRA SICHONANY
ADVISOR: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER

Santa Maria, March, 17th, 2011.

To obtain higher profitability in farms, it is essential to proper management of the operations performed, caused by concern over the operational cost of the machines used, which represents a high percentage compared to total costs of operation and can be up to forty percent. This cost can be reduced if the use of machinery is optimized, improving performance and efficiency operational, which is possible by monitoring the machine during its activity in the field. The information for the control can be obtained through the network of sensors and / or Global Positioning System (GPS), which detect and report any physical characteristic of the environment. The telemetry transmission allows instant communication with remote areas through wireless network, with a central information collection. Therefore, the purpose of this study is to develop a prototype Decision Support System for use in Agribusiness (SADA), which allows the manager of agribusiness to the operational control of the agricultural machine. The system was tested in a real harvesting operations in rice and soybean and the harvester machine used was a Massey Ferguson brand, 5650. The tests showed that the redundancy was effective and ensured the transmission through the exchange of technology without degradation of time, since in case of disconnection of the GSM modem, the system takes 30 milliseconds to connect to Xtend and send the data. The system T-SADA has achieved its objectives, secured transmission of data with fault tolerance and redundantly in remote locations and different relief as plain (without obstacles) and small elevations (with some obstacles, hills). The implementation of SADA allowed the confirmation of the hypothesis that the telemetry (T-SADA), combined with a management system (G-SADA), lets you monitor the performance of agricultural machinery on field operations and alert the wrong done.

Keywords: Data acquisition. Operational control. Mobile computing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comparativo quanto à extensão das redes (ANDRIGHETTO, 2008).....	44
Figura 2 - Rádios transmissores <i>XBee</i> OEM (Messias, 2010)	48
Figura 3 - Interface de configuração dos Rádios <i>XBee</i>	49
Figura 4 - <i>XBee PRO XSC</i> (Messias, 2010).....	50
Figura 5 - Estrutura do sistema SADA	73
Figura 6 – Estrutura analítica do sistema SADA.....	75
Figura 7 - Fluxômetro (consumo de combustível)	77
Figura 8 - Potenciômetro (altura da plataforma de corte).....	78
Figura 9 - GPS (posicionamento e velocidade).....	79
Figura 10 - <i>Datalogger</i> modelo CR1000, da marca <i>Campbell Scientific</i>	80
Figura 11 - Antena para transmissão dos dados	81
Figura 12 - Estrutura do sistema T-SADA.....	82
Figura 13 - Sistema de conexão GSM/GPRS.....	84
Figura 14 - Comunicação entre o PAM e o PAF pela transmissão <i>ZigBee</i>	85
Figura 15 - Composição do pacote de dados.....	86
Figura 16 - Identificação de todos os campos do Pacote de Dados.....	86
Figura 17 - Identificação do Corpo do Pacote de Dados	86
Figura 18 - Pacote de Dados Falho.....	89
Figura 19 - Mapa da Fazenda Buricaci	90
Figura 20 - Colhedora modelo <i>MF 5650</i> , da marca <i>Massey Ferguson</i>	91
Figura 21 - Esquema de instrumentação dos equipamentos no PAM (a:potenciômetro; b:fluxômetro; c:bateria selada; d: <i>datalogger</i> ; e:rádio <i>Xtend</i> ; f:GPS; g:modem GSM)	92
Figura 22 - Abrangência do sistema <i>Xtend/ZigBee</i> do PAF (GoogleEarth, 2010).....	94
Figura 23 - Comparativo de Transmissão por Tecnologia e Tipo de Terreno	100
Figura 24 - Comparativo da Recepção dos Dados pelo Sistema.....	101
Figura 25 - Comparativo das Solicitações de Reenvio	101
Figura 26 - Interface do sistema PAF (a:configurações de conexão <i>Xtend</i> ; b:configurações de conexão GSM/GPRS; c:estado da conexão; d:pacote de dados no formato puro; e:dados separados; f:BD do G-SADA; g:relatório das funções).....	102
Figura 27 - Altura da plataforma de corte na cultura do arroz	107
Figura 28 - Altura da plataforma de corte na cultura da soja.....	107
Figura 29 - Consumo médio de combustível na cultura do arroz.....	108
Figura 30 - Consumo médio de combustível na cultura da soja.....	108
Figura 31 - Velocidade média na cultura do arroz	109
Figura 32 - Velocidade média na cultura da soja	109
Figura 33 - Diagrama de Classes do G-SADA.....	112
Figura 34 - Modelo Entidade-Relacionamento da Base de Dados	113
Figura 35 - Caso de uso “Calcular o Consumo de Combustível”	114
Figura 36 - Caso de uso “Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola”	115
Figura 37 - Diagrama de Casos de Uso – Envios de Mensagens	115
Figura 38 - Diagrama de Casos de Uso - Manutenção de Cadastros e Consultas.....	116
Figura 39 - Diagrama de Seqüência - Gráfico de Consumo de Combustível	125
Figura 40 - Diagrama de Seqüência - Gráfico de Patinamento	126
Figura 41 - Diagrama de Seqüência – Sinaliza Nível de Patinamento	126
Figura 42 - G-SADA disponibilizado em diferentes tipos de dispositivos computacionais..	127
Figura 43 – Filtro de seleção para "Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola".....	127
Figura 44 - Resultado de "Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola"	128

Figura 45 - Filtro de seleção para "Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível"	128
Figura 46 - Resultado de "Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível"	129
Figura 47 - Filtro de seleção para "Visualizar Gráfico da Velocidade"	130
Figura 48 - Resultado de "Visualizar Gráfico da Velocidade"	130
Figura 49 - Resultado de "Consultar Eficiência Operacional"	131
Figura 50 - Mensagem enviada a um <i>smartphone</i> (gerente)	132
Figura 51 - Mensagens enviadas ao celular do operador/gerente	132
Figura A1 - Tela de entrada do sistema G-SADA	155
Figura A2 - Mensagem de usuário e/ou senha inválidos	155
Figura A3 - Tela de funções do administrador	156
Figura A4 - Tela de funções do gerente	157
Figura A5 - Tela de funções de consultas do gerente	157
Figura A6 - Tela da função "Manter Operador"	158
Figura A7 - Resultados da busca pelo nome "fer"	159
Figura A8 - Exemplo de tela de Inclusão	159
Figura A9 - Mensagem de erro na inclusão de uma linha na tabela	160
Figura A10 - Tela de alteração dos dados do operador	161
Figura A11 - Mensagem de confirmação de exclusão de linha	161
Figura A12 - Tela para digitação dos campos usados como filtro de pesquisa de consultas	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidade de trabalho e eficiência de campo (E_c %) para operações com diferentes máquinas e implementos agrícolas	35
Tabela 2 - Evolução da tecnologia GSM	46
Tabela 3 - Dados transmitidos pelos sensores antes das transformações de unidades	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais diferenças entre dados, informação e conhecimento (Adaptado de Filho, 2004)	37
Quadro 2 - Validações realizadas no pacote de dados transmitidos	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2G - Segunda Geração
3G - Terceira Geração
AMR - *Automatic Meter Reading*
ASAE - *American Society of Agricultural Engineers*
BREW - *Binary Runtime Environment for Wireless*
CLP - Controlador Lógico Programável
D-SADA - Dinâmico SADA
E-SADA - Estático SADA
EDGE - *Enhanced Data for GSM Evolution*
EE - *Enterprise Edition*
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETSI - *European Telecommunications Standards Institute*
FMP - *Field Monitoring Platform*
G-SADA - Gerenciamento SADA
GPRS - *General Packet Radio Service*
GPS - *Global Positioning System*
GSM - *Global System for Mobile communications*
HCP - *Host Control Platform*
HTTP - *HyperText Transfer Protocol*
IEEE - *Institute of Electrical and Eletronics Engineers*
IMT-2000 - *International Mobile Telecommunication 2000*
IP - *Internet Protocol*
IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz
ISM - *Industrial, Scientific and Medical*
ITU - *International Telecommunication Union*
J2ME - *Java 2 Micro Edition*
M-SADA - *Mobile SADA*
MBWA - *Mobile Broadband Wireless Access*
ME - *Micro Edition*
NEMA – Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas
P2P - *Peer-to-Peer*
PAF - Ponto de Acesso Fixo
PAM - Ponto de Acesso Móvel
PC - *Personal Computer* ou Computador Pessoal
PDA - *Personal Digital Assistant*
RS – Rio Grande do Sul
SAD - Sistema de Apoio à Decisão
SADA - Sistema de Apoio à Decisão para utilização no Agronegócio
SDK - *Software Development Toolkit*
SIG - Sistema de Informação Gerencial ou Sistema de Informação Geográfico
SMS - *Short Message Service*
T-SADA - Telemetria SADA
TCP - *Transmission Control Protocol*
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UML - *Unified Modeling Language*
UMTS - *Universal Mobile Telecommunication System*
WCDMA - *Wideband Code Division Multiple Access*
WiFi - *Wireless Fidelity*

Wimax - *World Wide Interoperability for MicroWavw Access*
WLAN - *Wireless Local Area Networks*
WMAN - *Wireless Metropolitan Area Networks*
WPAN - *Wireless Personal Area Networks*
WWAN - *Wireless Wide Area Networks*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Motivação e contexto.....	18
1.2 Organização do texto	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Evolução da agricultura.....	23
2.2 O gerenciamento da propriedade agrícola.....	25
2.3 A mecanização agrícola.....	28
2.3.1 Desempenho operacional.....	31
2.3.2 Capacidade de campo.....	31
2.3.3 Tempos perdidos	33
2.3.4 Eficiência de campo	33
2.3.5 Consumo de combustível	35
2.4 Na era da informação.....	35
2.5 Transmissão de dados	39
2.5.1 Telemetria.....	39
2.5.2 Meios de transmissão de dados.....	42
2.5.2.1 Sistemas celulares	44
2.5.2.2 O <i>zigBee</i>	46
2.5.3 Equipamentos para telemetria.....	47
2.5.4 Transmissores <i>zigBee</i>	47
2.5.4.1 <i>XBee</i> OEM.....	48
2.5.4.2 <i>XBee-PRO XSC</i>	49
2.5.4.3 O <i>Xtend-PDK</i>	50
2.5.5 Transmissores GSM/GPRS	51
2.6 Computação móvel e pervasiva	51
2.6.1 Dispositivos móveis	53
2.6.2 Ambientes para desenvolvimento de aplicações móveis	54
2.7 Trabalhos relacionados.....	56
2.7.1 Redes de informações na agricultura	57
2.7.2 <i>Software</i> no gerenciamento da propriedade rural	61
2.7.3 Computação móvel na agricultura	66
2.8 Considerações finais.....	71
3 MATERIAL E MÉTODOS	73
3.1 Material utilizado pelo T-SADA.....	76
3.1.1 Sensores.....	76
3.1.2 <i>Datalogger</i>	79
3.1.3 Rádio-transmissor, modem GSM, antenas e computador <i>notebook</i>	80
3.2 Método aplicado ao T-SADA	81
3.2.1 Funcionalidades do PAM	82
3.2.2 Resumo do fluxo do <i>software</i> do PAM.....	87
3.2.3 Funcionalidades do PAF.....	87
3.2.3.1 Função de integração.....	87
3.2.3.2 Função de validação.....	88
3.2.3.3 Função de reenvio	90
3.2.4 Implementação de testes em campo.....	90
3.2.4.1 Estrutura física do PAM	91
3.2.4.2 Estrutura física do PAF.....	93

3.3 Material utilizado pelo G-SADA	94
3.4 Considerações finais	95
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	97
4.1 O sistema SADA	97
4.2 O sistema T-SADA	98
4.2.1 Funcionamento do T-SADA	98
4.2.2 Resultados e discussões dos testes	99
4.2.3 Análise dos dados coletados pelos sensores	103
4.3 O sistema G-SADA.....	110
4.3.1 Modelagem dos dados	111
4.3.2 Modelagem funcional.....	113
4.3.2.1 Funções do administrador.....	117
4.3.2.2 Funções do gerente.....	118
4.3.2.3 Funções do operador.....	123
4.3.3 Visão mais detalhada de algumas funções.....	124
4.3.3 Resultados dos testes.....	127
4.4 Considerações finais.....	133
5 CONCLUSÕES	135
5.1 Contribuições do trabalho	137
5.2 Extensões futuras	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
APÊNDICE	149
Apêndice A - GLOSSÁRIO	151
Apêndice B - Funcionamento do G-SADA.....	155

1 INTRODUÇÃO

As atividades de uma empresa rural apresentam características particulares como dependência de fatores climáticos altamente variáveis, necessidade de realização das operações em campo em curtos intervalos de tempo, reduzida qualidade da mão de obra, dificuldade de apropriação de dados para os controles e falta de especialização gerencial da maioria dos empresários. Tais características dificultam o seu gerenciamento, o que acentua a necessidade de um sistema que auxilie e oriente nas decisões.

Na administração de uma empresa rural vários tipos de informações são importantes, podendo-se citar as condições e desempenho de uma máquina, horas de trabalho, velocidade de deslocamento, consumo de combustível; dados associados às atividades de campo, como medidas correspondentes à área cultivada e compactação do solo; dados sobre as operações agrícolas, por exemplo, início da operação, parada e tipo de operação; e os dados de substâncias usadas e fluxo de material, como misturas de produtos químicos e fertilizantes aplicados.

A automação da produção agrícola, ocorrida nas últimas décadas, proporcionou algumas mudanças na estrutura dos custos dos produtos das organizações rurais. Houve uma significativa redução dos custos com mão de obra e a evolução dos custos com depreciação e manutenção de máquinas. Os chamados custos de mecanização, que envolvem depreciação, consumo de combustível e manutenção de máquinas, passaram a representar o segundo principal componente do custo de produção na atividade rural, perdendo, normalmente, apenas para os insumos. Por isso, nas propriedades mecanizadas, o monitoramento do trabalho realizado pelas máquinas e implementos agrícolas merecem grande atenção. Deste modo, a aquisição de dados sobre a capacidade operacional da máquina, sua eficiência operacional e os requisitos de potência, são fatores fundamentais no gerenciamento da utilização da maquinaria agrícola, tornando importante o estudo das operações agrícolas, visando racionalizar o emprego das máquinas e implementos na execução das operações, bem como a relação entre o trabalho homem/máquina/produção.

A crescente necessidade de informações, paralelamente ao desenvolvimento de complexos recursos de *softwares* para processamento e análise de dados, tem incentivado o interesse pela mensuração, aquisição de dados e instrumentação de máquinas agrícolas modernas. De forma geral, os *softwares* podem ser classificados em funções de controle básico, interface homem-máquina, funções automáticas, gerenciamento de dados, serviços e suporte.

A comunicação de áreas remotas com uma central de captação de informações é o princípio básico de funcionamento da transmissão via telemetria. Telemetria é a transferência e utilização de dados provindos de uma ou mais máquinas remotas, para o seu monitoramento, medição e controle, permitindo uma comunicação instantânea, via rede de computadores fixa ou sem fio (*wireless*). Entre os elementos que compõem um sistema de telemetria estão os sensores, que monitoram, controlam e medem algum tipo de atividade localmente.

Com o forte desenvolvimento econômico e com os avanços da tecnologia, a necessidade de uma comunicação imediata é um fator estratégico para a sobrevivência em mercados cada vez mais competitivos. A transmissão remota de dados é um recurso fundamental também para todos os setores do agronegócio. Até pouco tempo atrás, era limitado o número de pessoas que podiam ter acesso a estes recursos, por serem caros e suas tecnologias não serem capazes de interligar as regiões mais remotas. Com a redução do custo e a melhoria na qualidade dos equipamentos, os produtores rurais têm utilizado os recursos das tecnologias de informação e comunicação para saber instantaneamente qual é o nível de desenvolvimento de sua lavoura e informações sobre dados ambientais, entre outros.

Os dispositivos móveis têm se tornado objetos atraentes na medida em que cada vez mais os agricultores utilizam telefones celulares e *smartphones*, em qualquer lugar e a qualquer hora, devido a uma maior cobertura da telefonia móvel rural. Numa cultura informatizada, em que a integração é o aspecto mais importante, o computador portátil e o telefone móvel são capazes de se fundir em um mundo de novos dispositivos móveis cada vez menores em tamanho e maiores em capacidade de processamento e armazenamento.

1.1 Motivação e contexto

Especialistas relacionados à mecanização agrícola, por meio de visitas a propriedades rurais, dias de campo, seminários e outros eventos, têm detectado que máquinas agrícolas têm

a sua utilização comprometida em razão da não adequação às condições de trabalho. Para que uma máquina seja utilizada apropriadamente, características como a energia consumida e a capacidade efetiva de trabalho, precisam ser conhecidas, mas existem poucos dados sistematizados para utilizá-las como parâmetro de projeto de adaptação e adequação.

A aquisição de dados é um dos principais problemas enfrentados por engenheiros e pesquisadores responsáveis pela realização de testes de máquinas agrícolas, devido à alta complexidade dessas máquinas. Para estabelecer os parâmetros relacionados ao seu desempenho, uma série de variáveis precisam ser monitoradas. O objetivo de um sistema de aquisição de dados é apresentar, ao observador, os valores das variáveis, ou parâmetros, que estão sendo medidos.

Para se obter menores gastos operacionais, maior eficiência e maior vida útil da máquina, é necessário observar de maneira mais rigorosa os detalhes da operação. É conveniente, também, determinar o comportamento em operações reais de trabalho e conhecer como se distribui e aproveita a potência do motor. Assim, a transmissão remota dos dados para uma central de armazenamento, para seu monitoramento e controle, pode cooperar com a eficiência operacional da máquina.

Na busca de soluções para estes problemas estão sendo feitos estudos em diversas instituições, como é o exemplo do Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas (NEMA), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), que tem investido esforços e pesquisas em monitoramento e aquisição de dados de máquinas agrícolas.

A utilização de redes de sensores em uma máquina agrícola, conectados a um sistema de tomada de dados, permite alcançar os objetivos citados, possibilitando medir uma série de parâmetros como: 1) o consumo de combustível; 2) a velocidade de deslocamento, que pode ser afetada pela qualidade do trabalho, inclinação e rugosidade do terreno e obstáculos; e 3) a porcentagem de tempo parado ou não operado devido ao tempo gasto em viragens ou manobras nas extremidades do campo; abastecimento das máquinas, por exemplo, semeadoras e/ou adubadoras, descarregamento de produtos colhidos; lubrificação e reabastecimento de combustível; e ajuste ou regulagem das máquinas.

Em relação ao trabalho manual, o uso das máquinas agrícolas reduziu de forma significativa a carga física do trabalhador. Entretanto, os operadores continuam expostos a uma determinada carga física e também mental, pois a operação de uma máquina exige o controle simultâneo de diversas variáveis referentes ao trabalho. O esforço físico e mental leva à fadiga, o que diminui a capacidade de concentração do operador e afeta diretamente o seu desempenho profissional. Assim sendo, a partir do uso de GPS e sensores colocados em

pontos específicos de uma máquina agrícola, tais como linha de entrada de combustível, roda dianteira, roda traseira e célula de carga, é possível monitorar a sua forma de operação, auxiliando e inferindo de forma direta e imediata nas suas tarefas.

Considerando que os sensores de aquisição de dados estarão continuamente emitindo dados, dentro de uma taxa de envio, o tratamento dos dados se faz necessário e consiste num pré-processamento para torná-los utilizáveis, eliminando dados mal transmitidos ou impróprios para o armazenamento num banco de dados.

Desta forma, este trabalho pretende aprimorar os trabalhos em campo, otimizando a utilização do maquinário agrícola, reduzindo conseqüentemente perdas e custos.

A proposta embasa-se na hipótese que a telemetria associada a um sistema de gerenciamento permite monitorar o desempenho de uma máquina agrícola em campo e alertar as operações errôneas realizadas.

O usuário, utilizando dispositivos portáteis como telefones celulares, *smartphones* e *notebooks*, poderá ter acesso a uma infra-estrutura de serviços, mantendo-a durante o seu deslocamento.

A operação escolhida para a efetivação dos testes foi a colheita, por se tratar de uma prática obrigatória em todo o processo de produção agrícola.

Assim, o intuito é monitorar o desempenho de colhedoras de grãos em trabalho, buscando melhorar a eficiência e reduzir os custos operacionais. Foi criado, então, um sistema de telemetria para fazer a transmissão dos dados, obtidos pelos sensores e GPS e armazenados em um depósito de dados (*datalogger*) da colhedora, para um banco de dados num computador servidor.

Para que o sistema seja redundante e tolerante a falhas foi feito o estudo de mais de um meio de transmissão de dados, garantindo o envio e a integridade dos dados.

A partir do armazenamento dos dados no banco de dados, inúmeras aplicações podem ser desenvolvidas, que vão desde aplicações gerenciais da informação até aplicações para cálculos estatísticos. Desta forma, foi modelado e desenvolvido também um protótipo de sistema que informe ao operador da máquina e ao gerente da propriedade rural se ocorrer algum procedimento errôneo durante a condução da máquina, de forma que possa ser corrigido o mais rápido possível. O operador é informado através do envio de mensagens para um dispositivo móvel, tal como um celular ou *smartphone*. O gerente possui uma interação mais direta com o sistema, podendo solicitar as funções oferecidas. Como o sistema é disponibilizado em um computador servidor, o gerente pode acessá-lo a partir de qualquer estação conectada à internet ou por meio de um dispositivo móvel.

Para alcançar estes objetivos buscou-se modelar e desenvolver o protótipo de Sistema de Apoio à Decisão para utilização no Agronegócio (SADA).

Como objetivos específicos, têm-se:

- avaliar as técnicas de transmissão e aquisição de dados,
- definir os requisitos para um sistema de telemetria para mais de um meio de transmissão,
- modelar, implementar e testar o sistema de telemetria,
- investigar o estado da arte para o desenvolvimento de *software* para dispositivos móveis,
- modelar e implementar um Protótipo de Sistema Gerencial que seja acessível por qualquer computador que tenha acesso à internet, incluindo dispositivos móveis,
- testar e validar o protótipo.

1.2 Organização do texto

Este trabalho compõe-se de cinco capítulos, conforme descrito abaixo.

O capítulo dois apresenta os conceitos que dizem respeito ao uso da mecanização na produção agrícola e a importância do correto gerenciamento da propriedade rural. Mostra-se também como a informação auxilia as empresas no seu controle e administração e as tecnologias que podem ser empregadas neste processo, assim como os trabalhos relacionados a esse tema.

O capítulo três descreve o material e os métodos empregados na construção do sistema SADA e os testes que viabilizaram a execução dos seus módulos (T-SADA e G-SADA).

O capítulo quatro contém as discussões e resultados do SADA, numa visão mais geral, e também dos dois sistemas que o compõem.

O capítulo cinco apresenta as conclusões, mostrando as contribuições do trabalho e futuras extensões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Evolução da agricultura

O homem, a mercê dos cenários com os quais se defrontou, foi vencendo os desafios com a descoberta/invenção de processos que se sucederam ao longo dos séculos.

Inicialmente reporta-se à época nômade, onde a principal atividade humana para sua alimentação era o recolhimento de comestíveis (raízes, frutos silvestres e caça) com os constantes e necessários deslocamentos de região em região em consequência do esgotamento de recursos. Até que se descobre ao acaso a possibilidade de os renovar com determinados tratamentos da terra, como a mobilização rudimentar através de arados de pau de arrasto pela tração muscular humana, evoluindo, após a domesticação de animais, para a tração muscular destes.

Com o surgimento da agricultura, novas descobertas aconteceram, como é o caso do ferro, sua fundição e moldagem que propiciou a fabricação de implementos melhores e utensílios manuais como enxadões e ancinhos.

A Revolução Industrial trouxe com ela o desenvolvimento de ciências como a Biologia, a Matemática, a Física e a Química, que possibilitaram, entre outras, a invenção do motor de combustão interno e a incorporação de fertilizantes no solo, inicialmente feito com restos de matéria orgânica e dejetos dos animais. Surgiu então o primeiro trator agrícola europeu, impulsionando a produção agrícola e com ela, o reforço econômico-financeiro de muitas das explorações. A partir do primeiro trator, sucessivos melhoramentos foram acrescentados, acompanhados de diversos equipamentos acopláveis para os tornar mais versáteis como semeadoras e pulverizadores, acionados pela tomada de potência (VITOR, 2009).

Com o término da Segunda Guerra Mundial, que abalou definitivamente o sistema colonial, os agricultores se viram obrigados a reestruturar as suas explorações e a dispensarem mão de obra, compensando-a com o recurso da mecanização agrícola.

Assim, os trabalhos na agricultura, considerando as máquinas agrícolas, passaram por várias fases evolutivas, que podem ser resumidas em períodos a destacar (SARUGA, 2009):

- período das ferramentas manuais, onde todos os trabalhos eram realizados à mão;

- período dos implementos de tração animal, tais como arados, grades, semeadoras e distribuidores de fertilizantes, que, se usando do movimento das rodas, acionavam os órgãos de distribuição e corte;
- período da mecanização ou tração mecânica, também chamada de motorização parcial ou moto-cultura, que surgiu com o aparecimento do motor na agricultura e os primeiros tratores. No princípio, os tratores limitavam-se a realizar os mesmos trabalhos que os animais, ou seja, tração para a frente. A partir daí muitas inovações foram inseridas, como a substituição dos rodados de ferro por pneus de borracha, o uso de motores de combustão interna de ignição por faísca e posteriormente, motores de ciclo diesel, a incorporação do sistema de acionamento hidráulico de implementos e a introdução do sistema hidráulico de três pontos (SCHLOSSER, 2002). Com esses meios disponíveis foram criadas possibilidades até então desconhecidas para a utilização de novas ferramentas e novas máquinas que são todos os meios mecânicos dos quais o agricultor dispõe e que lhe permitem aumentar o efeito útil do trabalho humano constituindo forças produtivas, ao lado do solo e das plantas.
- período da supermecanização caracterizou-se pela existência no mercado, de máquinas para satisfazerem todas as tarefas relativas à exploração agrícola.

A partir da segunda metade do século XX, a agricultura tem sofrido grandes transformações técnico-produtivas, cuja tônica é a elevação significativa da utilização de insumos (biológicos, químicos e mecânicos) modernos e o atrelamento mais forte com a indústria processadora, acentuando o caráter capitalista da produção.

Com a globalização da economia e a busca por menores preços dos produtos agrícolas, surgiu a necessidade de se obter níveis de competitividade internacionais.

É nesse contexto mais geral que é possível entender as transformações que afetaram também a ocupação agrícola nas últimas décadas. Com a sua industrialização, a agricultura deixou de ser um setor produtivo relativamente autônomo em relação aos demais, estreitando os seus vínculos com os segmentos que lhe fornecem máquinas e implementos modernos, empresas prestadoras de serviços e com as agroindústrias beneficiadoras e mercados externos.

As transformações da base técnica na agricultura têm provocado significativas alterações nos processos de produção e de trabalho agrícola, influenciando o nível de ocupação no setor, com tendência de redução do total da população ocupada, substituída por máquinas como tratores, semeadoras, colhedoras e outras. Essas mudanças têm levado também a alterações no perfil dos trabalhadores, exigindo uma mão-de-obra mais qualificada

e empregos mais estáveis, com tendência à redução na demanda da força de trabalho. Por outro lado, gera outros empregos na cadeia de produção, bem como torna o trabalho menos árduo e aumenta em muito a capacidade de produção, gerando a melhoria da qualidade de vida da população (CAMARGO, 2007).

Além disso, a busca pela conservação dos recursos naturais impõe à atividade agrícola novos métodos e técnicas de produção, aliados à eficiência e ao maior controle dos recursos obtidos no campo, em relação ao que se pratica hoje. Também, a agricultura moderna está relacionada ao plantio de extensas áreas de monocultura, e um dos problemas que reflete diretamente na produtividade agrícola de extensas áreas é, por exemplo, a distribuição inadequada de calcário, sementes, adubo, herbicida e inseticida. Este fato tem acarretado zonas de baixa produção de grãos e cereais dentro da área cultivada.

Como uma resposta para minimizar estes problemas surgiu então um novo sistema de produção, conhecido como Agricultura de Precisão (*Precision Farming*) (MOLIN, 2009). Com o avanço da tecnologia foi possível que satélites, computadores e sensores auxiliassem a agricultura.

Essas novas técnicas, usadas como ferramentas de acompanhamento, controle e análise, permitem verificar as variações espaciais e temporais dos fatores limitantes à produção, orientando no processo de tomada de decisão e no manejo diferenciado das culturas no campo, podendo-se, assim, investir nas correções, visando a maximização da produtividade e a minimização dos impactos ambientais.

Na prática da agricultura de precisão são utilizadas máquinas instrumentadas com sensores e computadores de bordo. Diversas máquinas com esta capacidade já estão disponíveis no mercado e em franca evolução tecnológica. Como exemplo, pode-se citar colhedoras de grãos equipadas com sensores de fluxo de grãos que determinam o peso da produção, sensores de umidade e temperatura e receptores de sinais de satélite do GPS, que mostram o posicionamento exato da máquina no campo.

2.2 O gerenciamento da propriedade agrícola

Existem relações complexas entre o aumento da população mundial e a dependência da agricultura para sua alimentação, o aproveitamento da terra e as mudanças tecnológicas. O crescimento populacional leva ao aumento da densidade demográfica como também, através do espalhamento, a diminuição das terras agriculturáveis. À medida que a população cresce têm ocorrido mudanças no processo produtivo, através da redução dos períodos de descanso

da terra e a busca pelo seu aproveitamento mais intensivo, o aumento dos investimentos em mão-de-obra e a adoção de melhores tecnologias. Essas mudanças acontecem de forma diferenciada, dependendo de cada situação. Como exemplo tem-se o Japão que, com a escassez da terra agrícola, se usou de inovações biológicas para aumentar os rendimentos por unidade cultivável, enquanto que os Estados Unidos, que possuem uma extensão de terras cem vezes maior, adotou uma tecnologia agrícola mecanizada.

Quando se fala em agricultura, não se fala somente em produção de alimento e fornecimento de matéria-prima, mas principalmente em desenvolvimento, pois tudo o que é produzido pela atividade agrícola resulta em benefícios para a população de um modo geral.

A agricultura representa toda a atividade de exploração da terra, seja ela o cultivo de lavouras e florestas ou a criação de animais, com vistas à obtenção de produtos que venham a satisfazer as necessidades humanas. Ela deve desempenhar papéis no processo de desenvolvimento, tais como produzir alimentos baratos e de boa qualidade, produzir matéria-prima para a indústria, trazer retorno financeiro para o país através da exportação e dar condições dignas de vida para o trabalhador rural (VIEIRA, 2009).

O mundo tem mudado, afetando também o contexto agrícola. No mundo moderno existe um mercado aberto, virtualmente sem fronteiras, expondo os diversos produtos a concorrência globalizada. Quem pode competir é quem apresenta produtos de qualidade e menor preço, que satisfazem a consumidores vigilantes de seus direitos e necessidades (RIBAS JR, 2009).

O Brasil apresenta grande potencial de crescimento para sua produção agrícola, pois conta com clima favorável que possibilita duas ou mais safras por ano, grandes extensões de áreas agriculturáveis ainda não aproveitadas, disponibilidade de água, produtores e agroindústrias com bom nível tecnológico, demanda mundial de alimentos em crescimento e, também, um grande potencial de aumento no consumo interno (VIEIRA, 2009).

Um fator chave para o ingresso definitivo do Brasil como uma potência na produção de alimentos de alto valor, atendendo aspectos como produtos de qualidade, em grande quantidade e a baixo custo, é a profissionalização do meio rural, que consiste no incremento de conhecimentos das pessoas envolvidas, associado ao emprego de tecnologias.

Os conhecimentos a serem adquiridos envolvem três conceitos que são planejamento, gerenciamento e trabalho. O planejamento consiste na definição de metas, isto é, definir as ações operacionais, táticas e estratégicas da propriedade, considerando os aspectos técnicos, financeiros, gerenciais, ambientais e humanos. O gerenciamento busca atingir as metas definidas, gerando, organizando e analisando fatos e dados para a tomada de decisão na

propriedade, mantendo o controle dos aspectos técnicos e financeiros do negócio. Já o trabalho, pretende garantir os meios, isto é, manter uma rotina de checagem e auditoria dos produtos e processos para garantir o cumprimento das ações planejadas e atingir os resultados esperados.

O gerenciamento da propriedade rural, historicamente, foi estigmatizado como próprio de grandes empresas do agronegócio, distante das propriedades tradicionais de pequeno e médio porte ou das grandes criações extensivas. Contudo, com a liderança brasileira no mercado internacional nas exportações de bovinos e aves, bem como de grãos, o produtor rural não pode mais se contentar em produzir bem, necessita também administrar adequadamente o seu negócio. A partir do momento em que o agricultor está decidindo qual será a cultura a ser produzida, qual a área a ser cultivada, quais e quanto de insumos serão usados ou se deve ou não adquirir mais máquinas, ele está exercendo o papel de gerente rural (CELLA, 2002).

Hoje não existe mais espaço para tomada de decisões baseada apenas em intuição, visto que a tendência de diminuição das áreas e a necessidade crescente de mais alimentos implicam em maior produtividade, enquanto a globalização leva à concorrência internacional, pressionando o produtor a ser eficiente economicamente com sustentabilidade (OSMARI, 2009).

Como parte do gerenciamento, é importante os conhecimentos de conceitos básicos de controle de custos, como por exemplo saber identificar na produção os custos fixos e variáveis. De uma maneira bem simplificada, os custos fixos são aqueles que vão ocorrer independentemente da quantidade produzida, como a mão-de-obra permanente, a depreciação de máquinas e benfeitorias e os impostos. Os custos variáveis são os que oscilam com a quantidade produzida e são consumidos em um ciclo de produção, como a compra de sementes e o salário de empregados temporários (PIACENTINI, 2007; PACHECO, 2000).

O controle de custos permite o acompanhamento dos gastos e índices de produtividade para obtenção da relação custo-benefício, possibilitando ao produtor rural visualizar os pontos onde há necessidade de maior atenção e controle na produção, isto é, onde e quanto investir para aumentar os lucros, já que freqüentemente, pequenas despesas que passam despercebidas podem fazer diferença.

No gerenciamento de propriedades rurais há duas formas de aumentar a lucratividade da cultura: aumentando a receita ou diminuindo os custos. O crescimento das receitas está cada vez mais difícil, mas pode vir do aumento da produtividade ou através do aumento do preço de venda. Já a redução dos custos, pode vir através do aumento de escala produtiva,

para diluir os custos fixos e maximizar estruturas e máquinas, tomando cuidado para que o aumento de escala também não resulte em um aumento maior dos custos.

Independente do tipo de exploração feita na propriedade, cultivo de lavouras ou criação de animais, o gerenciamento deve ser a peça-chave para optar pela solução mais adequada a cada situação, seja pela maior escala de produção, seja pelo maior valor agregado por produto, ou apenas pela redução de custos para obter aumento da margem líquida de ganho.

O produtor deve ver a propriedade como uma empresa onde ele é o gerente e o responsável pelo seu sucesso, buscando a eficiência produtiva (produzir mais) e a eficiência econômica (ter maior lucro), transformando sua propriedade em um verdadeiro agronegócio (RIBAS JR, 2009).

2.3 A mecanização agrícola

A mecanização agrícola passou a ser imprescindível quando o agricultor deixou de cultivar a terra apenas para auto-abastecimento e pretendeu a remuneração do seu trabalho, transacionando produtos. As regiões que produziam pouco passaram a ser abastecidas pelas de maior produção.

A maquinaria agrícola teve o seu desenvolvimento à medida que o progresso avançou e apareceram as facilidades de transporte e comunicação e, com eles, a concorrência. Assim, o agricultor viu-se obrigado a recorrer a meios que lhe aumentassem a produção e baixassem o preço dos produtos, melhorando também a qualidade.

No final do século XX, deu-se início a uma nova fase da mecanização agrícola através da instrumentação das máquinas com componentes eletrônicos, sistemas ergonômicos de trabalho, proteção e segurança do operador. Este novo período caracteriza-se pela automatização e robótica, proporcionando ao operador um fácil comando da máquina, possibilitando a eliminação de tarefas repetitivas, assim como fornecendo diversas informações por meio de transmissões automáticas de dados para a correção de processos errôneos, mostrados em computadores de bordo.

Segundo alguns autores (SARUGA, 2009; MOLIN, 2009), a agricultura sofrerá grandes transformações nos próximos anos, pela redução substancial de mão-de-obra no campo e por meio da substituição de culturas variadas pela monocultura numa mesma exploração agrícola, havendo a reconversão e adaptação de novas culturas mais rentáveis.

As novas competências na área da mecanização agrícola buscam (SARUGA, 2009):

- o aumento da produtividade e qualidade, com uma melhor utilização dos recursos disponíveis reduzindo os custos e as perdas;
- a aquisição de conhecimentos e programas informáticos que permitam a tomada de decisão com mais precisão e agilidade;
- o melhoramento das condições ergonômicas das máquinas agrícolas tendo em vista a maior segurança dos trabalhadores e;
- a administração da exploração procurando reduzir ao máximo a contaminação do meio ambiente, prestando especial atenção à problemática dos agro-químicos.

A utilização de máquinas agrícolas é essencial para o aumento de áreas cultivadas e para a agilização da execução dos serviços, porém seus custos são expressivos e justificam um acompanhamento técnico e gerencial rigoroso (BONATO, 2004).

O emprego adequado dos equipamentos e máquinas visa viabilizar a obtenção de altas produtividades agropecuárias, com a racionalização dos custos e a preservação de recursos naturais e do meio ambiente. Os custos da maquinaria em relação aos custos totais da exploração de uma propriedade rural, normalmente indicam se a sua utilização está sendo feita de forma acertada ou não.

Silveira (2006) afirma que 20 a 40% dos custos totais de produção são atribuídos ao custo com máquinas. Portanto, uma estimativa adequada destes custos é fundamental para assegurar a competitividade da empresa agrícola.

Independente do tamanho da empresa, no sistema capitalista, o objetivo é o lucro, que é originado da diferença entre receitas totais e custos totais, demonstrando, assim, a grande influência dos custos na lucratividade da empresa (BALASTRAIRE, 1990). Quanto maior a necessidade de máquina na realização de uma atividade, mais complexa é a sua administração e mais importante é o gerenciamento dessa atividade mecanizada sobre a rentabilidade do processo (GARCIA, 2008).

As decisões de planejamento, seleção e gerenciamento do sistema mecanizado de uma propriedade são fatores vitais à lucratividade da produção, sendo necessária a determinação cuidadosa dos seus custos (BONATO, 2004). Na administração da mecanização agrícola, a grande dificuldade está em adquirir os valores que entram na contabilidade técnica e econômica da operação realizada pela máquina. O estabelecimento de uma rotina de tomada

de valores e sua realimentação diária inviabiliza a maior parte das tentativas em monitorar a maquinaria agrícola (SCHLOSSER, 2003).

As máquinas deverão estar corretamente adequadas ao tamanho da propriedade e às operações a serem realizadas, de modo que no final resulte na combinação mais econômica possível de equipamentos. A maquinaria selecionada deve ter capacidade satisfatória para completar todas as operações dentro dos períodos críticos de tempo disponíveis. Com a produção continuada de máquinas cada vez maiores e mais caras, cada unidade comprada representa despesas também substancialmente maiores.

Conjuntos mecanizados deverão ser adequados segundo seus requerimentos de potência. Deste modo, a capacidade de trabalho da máquina, a eficiência de campo e os requisitos de potência, são fatores fundamentais no gerenciamento da utilização da maquinaria agrícola.

De acordo com Balastreire (1990), a pontualidade da operação é a capacidade de efetuar-na na época em que a qualidade e/ou quantidade de um produto são otimizados. O levantamento das perdas por atraso de operação é extremamente útil para selecionar o número e o tamanho do maquinário agrícola necessário, sem que haja o superdimensionamento ou sobrecarga de trabalho (WITNEY, 1998). Segundo Edwards (2001), os portes (tamanho e complexidade) das máquinas influenciam nos custos totais da mecanização. Os custos fixos e os custos com pontualidade são os que mais afetam na composição dos custos totais. Para as máquinas de menor porte, os custos fixos são menores devido a menor depreciação e menores juros, porém os custos relativos a pontualidade da operação são maiores em virtude de atrasos principalmente de plantio e de colheita. Já nas máquinas de maior porte ocorre o inverso, onde os custos fixos são maiores e os custos com pontualidade, menores.

O estudo das operações agrícolas, levando-se em conta a capacidade de trabalho e a eficiência de campo, pretende racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas na execução dos trabalhos.

O desenvolvimento e produção de plantas está sujeito à periodicidade e é realizado em etapas cronologicamente distintas. Chama-se operação agrícola a essas etapas que ocorrem em seqüência ordenada e vão desde o preparo do solo, a instalação da cultura até a entrega do produto (PACHECO, 2000). As diversas operações de campo, realizadas com máquinas agrícolas, devem ser executadas de maneira racional, a fim de facilitar a utilização econômica das máquinas.

A definição de controle, dada por Salvi (2006), é a monitoração para garantir que as atividades sejam realizadas conforme o planejado e corrigidas de quaisquer desvios

significativos. Consiste na mensuração do desempenho atual, comparação com o estipulado e correção dos desvios ou padrões inadequados. O controle é determinado pela ação de medir realizações e de verificar se elas ocorrem em conformidade com o planejamento adotado, com a organização implantada ou com as ordens expedidas, evidenciando as diferenças constatadas.

O controle operacional tem por finalidade avaliar os processos produtivos com o objetivo de melhorar sua qualidade e confiabilidade (BARROS, 2008). No setor agrícola alguns pesquisadores (FESSEL, 2003; BONATO, 2004) tem feito o controle das operações mecanizadas, buscando identificar e quantificar seus pontos críticos para corrigir defeitos e falhas de modo a tornar os processos mais eficientes e, conseqüentemente, menos onerosos. Desta forma, para cada conjunto motomecanizado (trator, implemento e operador) pode ser feito o levantamento dos tempos consumidos nas execuções de operações e da quantidade de trabalho executado e que podem ser caracterizados segundo os conceitos citados abaixo.

2.3.1 Desempenho operacional

Os parâmetros que representam uma medida do comportamento da máquina sob condições reais de trabalho são chamados de desempenho operacional.

Segundo Mialhe (1974), o desempenho operacional de um sistema mecanizado é definido como um conjunto de informações que determinam, em termos quali-quantitativos, os atributos para a execução das operações sob determinadas condições de trabalho. Além disso, ele reflete a interação entre as variáveis operacionais e as condições de manejo do conjunto mecanizado. As informações podem ser pertinentes às características operacionais (qualidade e quantidade de trabalho), dinâmicas (potência requerida e velocidade de trabalho) e de manejo (regulagens, reparos e manutenções).

O desempenho que o projetista da máquina toma como base para o seu dimensionamento e execução dos cálculos estruturais é conhecido como desempenho teórico (MIALHE, 1996).

Parâmetros importantes, relacionados ao desempenho da máquina, são os tempos gastos nas operações, o consumo de combustível, a capacidade de campo e a eficiência.

2.3.2 Capacidade de campo

Para Mialhe (1996), a capacidade é o conjunto de características relacionadas com a intensidade operacional ou taxa de realização do trabalho.

A capacidade de campo pode ser caracterizada como teórica e operacional.

A capacidade teórica é a razão de desempenho obtida se a máquina trabalhar 100% do tempo à velocidade nominal, utilizando 100% da sua largura nominal (BALASTREIRE, 1990). Já a capacidade operacional ou requerida é a capacidade da máquina no campo, considerando os efeitos de fatores de ordem operacional, como tempos perdidos no preparo da máquina, perdas por abastecimento, descarga, manobras ou deslocamento entre diferentes áreas.

A Capacidade Operacional ou Capacidade Requerida, também chamada de Capacidade de Campo Efetiva (CcE) é o número de hectares trabalhados em determinado período de tempo, dada pela fórmula:

$$CcE = \frac{\text{área}}{\text{tempo}} \quad (1)$$

Para exemplificar, pode-se citar uma semeadora que plantou 5 ha de milho em 4 horas. Aplicando na fórmula, tem-se

$$CcE = \frac{5ha}{4h}$$

onde a capacidade de campo efetiva resulta em 1,25 ha/h.

A Capacidade de Campo Teórica (CcT) é calculada em condições ideais (CcT), sem que a máquina realize sobreposição de passadas e é dada pela fórmula:

$$CcT = \frac{L * V}{10} \quad (2)$$

Onde:

L = Largura do implemento (m)

V = Velocidade da operação (km/h)

Como Exemplo, pode-se considerar uma semeadora que desenvolve velocidade de trabalho de 5 km/h e tem 4 m de largura. Aplicando a fórmula, obtêm-se

$$CcT = \frac{4m * 5km/h}{10}$$

e a capacidade de campo teórica resultante é de 0,2 ha/h.

2.3.3 Tempos perdidos

São considerados tempos perdidos, as perdas de tempo que ocorrem durante a operação. Essas perdas de tempo podem ser esporádicas, tendo como exemplos as obstruções no campo, ajustes ou reparos em operações e paradas para descanso; ou periódicas, que podem se exemplificadas por abastecimentos de depósitos de adubos e sementes, reabastecimento do combustível e lubrificações (PACHECO, 2000).

É chamado de tempo operacional, o tempo durante o qual a máquina está realmente desempenhando a função para a qual foi projetada. Para determinação da jornada diária de trabalho, deve-se considerar o tempo operacional separadamente do tempo para preparação da máquina, que pode ser exemplificado por acoplamento e desacoplamento de implementos, verificações diárias de manutenção preventiva e corretiva e tempos gastos com deslocamentos de ida e volta.

2.3.4 Eficiência de campo

Eficiência de campo, também chamada de eficiência operacional ou rendimento operacional, diz respeito às características relacionadas com perdas ou desperdícios de tempo, combustível e potencial operacional (MIALHE, 1996).

A eficiência de campo é a comparação do tempo que uma máquina gasta realmente para fazer uma operação para a qual foi projetada (tempo operacional efetivo), comparado ao tempo total da máquina quando em trabalho (PACHECO, 2000). O tempo total da máquina é a soma do tempo operacional efetivo com os tempos perdidos. A eficiência de campo pode ser caracterizada também pela razão entre a capacidade de campo efetiva e a capacidade de campo teórica, dada pelas fórmulas:

$$Ec = \frac{ToE}{TtC} * 100 = \frac{CcE}{CcT} * 100$$

Onde:

Ec = Eficiência de campo (valor percentual)

ToE = Tempo operacional efetivo

TtC = Tempo total de campo

Cce = Capacidade de campo efetiva

CcT = Capacidade de campo teórica

Utilizando-se dos resultados dos exemplos da aplicação das fórmulas (1) e (2), dos cálculos da capacidade de campo efetiva e teórica, a eficiência de campo é dada por:

$$Ec = \frac{CcE}{CcT} * 100 = \frac{1,25}{2,0} * 100,$$

tendo como valor resultante 62,5 %.

O controle da eficiência de campo é de grande importância porque através do seu aumento, obtêm-se a diminuição do custo de produção (PACHECO, 2000). Considerando que a eficiência de campo é dependente de variáveis tais como tamanho de máquinas, velocidade de deslocamento, formato e tamanho das áreas, e habilidade do operador, a determinação de seus valores deve-se dar em operações reais sem interferência no trabalho realizado pelo conjunto motomecanizado, sendo impossível determinar números exatos em virtude das diferenças encontradas nas variáveis.

A análise e a mudança no modo de executar as operações de campo, tais como a redução da distância percorrida nas viradas e a quantidade de manobras, assim como a diminuição dos tempos de parada, podem trazer melhorias substanciais na eficiência operacional (PERIN, 2008).

A Tabela 1 mostra valores de eficiência de campo e de velocidade empregadas nas operações, apresentados pela *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE), obtidos de vários trabalhos realizados em condições americanas. Esses parâmetros são utilizados também no Brasil pela falta de valores para as condições nacionais.

Tabela 1 - Velocidade de trabalho e eficiência operacional (Ec %) para operações com diferentes máquinas e implementos agrícolas

Equipamentos	Velocidade (km/h)	Ec (%)
Arados	4 - 8	70 - 85
Grades pesadas	5 - 7	70 - 90
Grades niveladoras	7 - 9	70 - 90
Escarificadores	5 - 8	70 - 85
Subsoladores	4 - 7	70 - 90
Enxadas rotativas	2 - 7	70 - 90
Semeadoras de sementes miúdas	4 - 8	65 - 80
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)		
Plantio direto	3 - 7	50 - 75
Plantio convencional	4 - 8	50 - 75
Cultivadores	3 - 5	70 - 90
Pulverizadores	5 - 8	60 - 75
Colhedora de arrasto	3 - 6	60 - 75
Colhedora combinada automotriz	3 - 6	65 - 80
Colhedora de forragem	4 - 7	50 - 75
Ceifadoras	6 - 9	75 - 85

Fonte: Adaptado de ASAE, D497-2 (1999)

2.3.5 Consumo de combustível

Em estudo de estimativa feito por Noronha (1991), o consumo de combustível corresponde de 20 a 50% do custo-hora de tratores agrícolas. Também, Lopes et al (2004) constataram que, em operações agrícolas, o consumo de combustível despende uma parcela de 35% da composição do custo-hora total de trabalho.

Assim sendo, a determinação correta deste parâmetro é de fundamental relevância para comparar conjuntos mecanizados, bem como um item importante para o monitoramento econômico de empresas que trabalham com operações mecanizadas.

2.4 Na era da informação

O século XXI caracteriza-se pela proposta de ampla conectividade, de preocupação com as informações manipuladas e disseminadas para as mais diferenciadas e heterogêneas categorias de pessoas e na determinação de competências profissionais que sejam responsáveis pelos processos e atividades de uma sociedade voltada para a informação e para o aprendizado.

De maneira crescente, a economia busca a produção de bens , serviços e atividades de informação, que pode ser caracterizada, de maneira geral, pelos seguintes pressupostos (MARCHIORI, 2002):

- Que o potencial tecnológico sustentará o amplo acesso à informação, assim como possibilitará a convergência de seus diferentes tipos (textual, sonora, gráfica, visual) em objetos informacionais, que podem ser compostos e disponibilizados de acordo com a necessidade particular de uma pessoa ou grupo;
- A intenção de que a disponibilidade de informação e do conhecimento possam fortalecer a sociedade;
- A percepção de que as áreas e os setores econômicos se tornarão dependentes de uma força de trabalho que tenha acesso e possa compartilhar informação;
- O reconhecimento de que a informação, para ser acessível, deve ser organizada e gerenciada;
- A percepção de que as pessoas e grupos se tornam cada vez mais dependentes de diferentes e múltiplas fontes de informação, cuja correta avaliação e qualidade é fator crucial para os processos de tomada de decisão;
- Que o crescente desenvolvimento e substituição de tecnologias desafiam tanto as habilidades dos leigos como dos profissionais da informação, em termos do seu entendimento, domínio e gerenciamento efetivo;
- O conhecimento de que o setor de informação é uma parte substancial da economia dos países.

Nos últimos anos, com o desenvolvimento da microeletrônica, a palavra informação adquire um significado diferente. Até então o seu sentido estava restrito à transmissão de fatos que chegavam ao receptor com uma certa defasagem temporal. Atualmente, o termo informação está invariavelmente associado, mesmo que inconscientemente, à velocidade, à tecnologia, ao tempo e ao espaço. As noções de tempo e de espaço tem se alterado radicalmente. Com o aperfeiçoamento das telecomunicações e com o advento das novas tecnologias da informação, o tempo agora é tempo real e o distante vai se tornando paulatinamente mais próximo (VALLE, 1996).

Muito se fala sobre a importância e o poder da informação como forma de gerar vantagem competitiva para as organizações (BIGATON, 2005; MORAES, 2005). As organizações melhor posicionadas são aquelas que estão operando com base no conhecimento coletivo (FELCAR, 2007). Pelo fato dos mercados estarem em constante mudança, a incerteza

está cada vez mais presente no cenário organizacional e para que uma empresa tenha maiores chances de se manter lucrativa, a manipulação da informação se tornou fundamental.

Os dados são os componentes primários para que possa ser criada a informação e quem atribui relevância e propósito a eles são as pessoas, por meio de análise e interpretação. Os dados são fatos não compilados, por exemplo, o nome de um empregado, a quantidade de horas semanais trabalhadas, o número de produtos em estoque ou de pedidos de venda. A partir do momento que estes dados são organizados ou ordenados de forma significativa, se transformam em informação. A informação é um conjunto de dados (fatos) organizados de forma que exista um valor adicional, tal como o relatório de vendas de um vendedor ao longo de um determinado período (FILHO, 2004). Já o conhecimento é o elemento que norteia as pessoas para que a informação possa ser utilizada em suas atividades.

Assim, os dados, uma vez interpretados dentro de um contexto específico, geram informações, que, quando interligadas, podem ser usadas em um determinado campo de atividade e são chamadas de conhecimento (NASCIMENTO, 2003). O Quadro 1 apresenta as diferenças entre dados, informação e conhecimento, buscando esclarecer através de exemplos.

Elementos	Características	Exemplos
Dados	São simples observações sobre o estado do mundo	Nota fiscal número 1.040 emitida em 08/09/2008; cancelada em 30/09/2008 motivo: pedido entregue com atraso
	Facilmente estruturados	
	Facilmente obtidos por intermédio de sistemas	
	Freqüentemente quantificados	
Informação	Facilmente transferíveis	Relação de notas fiscais canceladas em setembro de 2008, agrupadas pelos respectivos motivos
	São dados dotados de relevância e propósito	
	Requer unidade de análise	
	Exige consenso sobre o significado	
Conhecimento	Transferível com maior esforço	As causas mais expressivas de atraso nas entregas devem ser evitadas, e a organização deve aprender com tais erros trabalhando para evitar cancelamentos e reclamações
	Exige uma camada de apresentação que a formate em gráficos ou indicadores de desempenho	
	É a informação valiosa na mente humana	
	Inclui reflexão, síntese e contexto	
	De difícil estruturação	
	De difícil captura em máquina	
De difícil transferência		
	De difícil apresentação e compartilhamento	

Quadro 1 - Principais diferenças entre dados, informação e conhecimento (Adaptado de Filho, 2004)

Atualmente, a necessidade por informações oportunas e conhecimentos personalizados é emergente, principalmente para auxiliar efetivamente os processos decisórios e a gestão empresarial num mercado globalizado. A informação tornou-se um recurso vital e seu uso foi

amplificado devido à utilização de computadores para armazenamento e processamento de grandes quantidades de dados e informações e, mais especificamente, pela classe de ferramentas computacionais conhecidas como sistemas de informação (KAPPEL, 2006).

De forma simplificada, pode-se dizer que um sistema de informação é um conjunto de funções integradas voltadas para a transformação de dados em informações. Outra definição determina que sistemas de informação são conjuntos de componentes relacionados que recuperam, processam, armazenam e distribuem informação para dar suporte ao processo de decisão e controle da organização (LAUDON, 2004).

A importância dos sistemas de informação não é exclusividade das empresas de grande porte, pois a busca por agilidade não é um elemento determinado pelo tamanho da empresa, e sim pelo mundo dos negócios.

Os sistemas de informação podem ser classificados nos seguintes tipos (FALSARELLA, 2010):

- Sistemas Transacionais, usados no controle operacional das organizações. Um exemplo são os sistemas de folha de pagamento ou controle de estoque;
- Sistemas Executivos de Informação, os quais fornecem informações detalhadas que sejam relevantes para controlar os fatores críticos de sucesso, sobre o passado, o presente e as tendências futuras da organização;
- Sistemas Especialistas, são sistemas que visam preservar e disseminar o conhecimento e as experiências que uma pessoa detém sobre determinada área;
- Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), que são sistemas desenvolvidos para dar apoio em situações de tomada de decisão.

Os sistemas de apoio à decisão ajudam no processo de tomada de decisão em áreas de planejamento estratégico, controle gerencial e controle operacional. Eles são criados para auxiliar gerentes a estender suas capacidades, mas não para substituir seus julgamentos.

A tomada de decisão é um processo de escolha entre diferentes alternativas de ação, com o propósito de alcançar um ou mais objetivos (RAMOS, 2007).

As tomadas de decisão auxiliadas por sistemas de apoio à decisão permitem que o gerente tenha segurança na percepção, dentre inúmeras escolhas, de qual a mais adequada ao seu negócio e às metas de sua empresa (FALSARELLA, 2010).

Quando se fala em auxiliar o processo de tomada de decisão, não significa somente fornecer informações para dar apoio à decisão, mas, também, para analisar alternativas, propor soluções, pesquisar o histórico das decisões tomadas e simular situações.

Como parte dos sistemas de apoio à decisão, pode-se salientar os sistemas de informação gerencial (SIG) ou simplesmente, sistema gerencial. Segundo Batista (2004), Sistema de Informação Gerencial é o processo de transformação de dados em informações que são utilizadas na estrutura decisória da empresa, proporcionando a sustentação administrativa para otimizar os resultados esperados.

Sendo assim, os benefícios oferecidos por um sistema de informação gerencial são, principalmente, a redução dos custos das operações; a melhoria no acesso às informações, proporcionando resultados mais precisos e rápidos, com menor esforço; e a melhoria na produtividade (BAZOTTI, 2010).

2.5 Transmissão de dados

Atualmente não se pode falar em tecnologia da informação sem pensar em transmissão de dados.

A transmissão de dados é entendida como o transporte da informação de um lugar para outro, da origem ao destino. Para que se possa realizar uma comunicação de dados é necessária a utilização de sinais, que são fenômenos físicos aos quais se associa a informação. Para se realizar a transmissão de dados podem ser usados os sistemas de telemetria.

2.5.1 Telemetria

Pela origem do termo, telemetria significa medição à distância, ou seja, é uma técnica de obtenção e transmissão de dados à distância. É a transferência e utilização de dados provindos de múltiplas máquinas remotas, distribuídas em uma área geográfica de forma pré-determinada, para o seu monitoramento, medição e controle (PAULA, 2007).

A telemetria permite a coleta de dados, em tempo real, em locais de difícil acesso, perigosos para os seres humanos ou agilizando o processo de aquisição das informações. Permite, ainda, a possibilidade de fornecer conectividade entre vários tipos de subsistemas, visando não somente uma forma de ofertar serviços ao usuário, mas também melhorar a maneira de fazer o gerenciamento das informações com segurança.

Um sistema de telemetria consiste em agrupar medidas, tais como temperatura, luminosidade, velocidade e posição geográfica, em uma estrutura que possa ser transmitida em um fluxo de dados. O fluxo de dados, uma vez recebido, pode ser separado nos componentes medidos originalmente para que possa ser analisado (NETO, 2010). Existem

muitas áreas de interesse relacionadas, como esporte, transporte, militar, meteorologia, agricultura, entre outros.

Uma aplicação sobre telemetria pode ter características diversas dependendo da sua finalidade. Esse conceito também é usado em sistemas baseados em medição automática, conhecidos como Sistemas de Leitura Automática de Medidores (AMR ou *Automatic Meter Reading*) (BIZARRIA, 2006). Os sistemas AMR são capazes de obter os valores de leitura de medidores, transmití-los e processá-los conforme as necessidades de uso da informação, podendo oferecer melhores condições de eficiência operacional, facilidades no atendimento ao cliente, redução dos custos de leitura e provimento de informações rápidas às companhias, para tomada de decisões. O uso da telemetria se destaca, através dos AMRs, no setor dos serviços públicos, em aplicações que monitoram o consumo de água, gás e energia elétrica.

Outro setor importante no uso da telemetria, é o da segurança patrimonial, com aplicações em âmbito residencial, na comunicação de sensores de alarme com a central, e de veículos, através do gerenciamento de frotas e na própria segurança do veículo e do motorista, efetuando localizações e rastreabilidade (NAVARRO, 2006).

Com menor aplicação dos sistemas de telemetria estão (BONDE, 2007): a) a distribuição de petróleo e derivados, que, além de medir as quantidades, temperatura, pressão, qualidade e fluxo através dos dutos, o sistema pode também controlar as válvulas e bombas que gerenciam o fluxo nos dutos e tanques. Em casos de emergência, o sistema pode acionar alarmes e avisar a ocorrência de alguma anomalia. Pode ainda realizar testes para verificar se os vários componentes estão funcionando corretamente; b) o controle de trânsito, à medida que o controle se torna cada vez mais eletrônico com o uso de câmeras fotográficas e radares eletrônicos, as formas regulatórias podem se tornar mais eficientes, reduzir custos e aumentar a receita; c) o governo pode utilizar soluções de telemetria para monitorar infrações ambientais por parte de indústrias, a fim de garantir a segurança da população. Estas aplicações podem incluir, também, o monitoramento de emissão de poluentes, os níveis dos rios (cheias), alertas de enchentes (níveis dos reservatórios), controle de bacias hidrográficas, monitoramento de represas e alertas de deslizamentos; d) os propósitos agrícolas, como para se obter a previsão do tempo em lugares remotos e no controle remoto de sistemas de irrigação; e) no caso de caixas eletrônicos, as informações podem conter a quantia de dinheiro a ser reabastecida; f) a área de saúde, que tem sofrido seriamente com políticas de redução de custo. Uma das conseqüências foi o acréscimo do número de pacientes que optam pelo atendimento domiciliar ao invés da internação hospitalar, o que acabou por aumentar a

necessidade de sistemas adicionais de suporte ao atendimento a domicílio. Soluções de telemetria para cuidados domiciliares permitem monitorar diversos aspectos do paciente, tais como pressão sanguínea, nível de oxigênio no sangue, batimentos cardíacos, temperatura corporal, níveis de glicose e respiração.

A variedade de aplicações potenciais de telemetria somente se limita ao número de equipamentos utilizados por empresas e por pessoas.

Os sistemas de telemetria possuem os seguintes componentes (JUNIOR, 2009):

1. máquinas Inteligentes e Sensores: aparelhos que monitoram, controlam e medem algum tipo de atividade localmente. Podem existir vários sensores em um determinado local.

2. interface da Aplicação: interface entre os sensores e a rede de comunicação.

3. base de comunicação (*Backbone*): a comunicação pode se dar por linhas fixas (*landline*) ou rádio, e transmitir informações dos sensores através da interface da aplicação, para um computador central de comando e um centro de controle.

4. centro de controle e comando: este é o ponto central que recebe os dados transmitidos pelos sensores.

As soluções de telemetria são ferramentas úteis para redução dos custos provenientes de práticas ineficientes de monitoramento manual de máquinas ou para se evitar perdas de receitas que ocorrem quando o mau funcionamento de algum equipamento não é percebido. A telemetria pode, também, ser parte integrante de uma solução de tecnologia de informação mais ampla que auxilia as empresas a analisarem o mercado, a servirem os seus clientes e a oferecerem novos produtos e serviços.

Há vários meios de comunicação que podem ser utilizados em sistemas de telemetria e que competem entre si. Estas tecnologias de comunicação incluem: microondas, rádio privado, celular, telefonia fixa, redes elétricas e satélites. Cada uma dessas redes de comunicação pode ser apropriada para diferentes aplicações de telemetria, dependendo da demanda da aplicação sobre a rede. As demandas se dão em função da cobertura, tempo e resposta da transmissão, preço dos serviços e dos equipamentos, capacidade de integração e a experiência e envolvimento das operadoras de rede com as aplicações de telemetria.

2.5.2 Meios de transmissão de dados

Pode-se conceituar meio de transmissão como sendo todo suporte que transporta as informações, desde a origem até o destino e vice-versa. Os sistemas de transmissão de dados utilizam meios para o envio das informações, que podem ser de dois tipos, meios físicos, por exemplo, cabo coaxial e fibra óptica, e meios não-físicos, o espaço livre, como é o caso da comunicação por rádio-frequência ou por satélites.

As redes sem fio são utilizadas como uma alternativa às redes com fio, considerando a facilidade de instalação de uma infra-estrutura, os custos elevados gerados pelo cabeamento e as áreas a serem cobertas nem sempre possibilitarem a presença de cabos. Além disso, as redes sem fio permitem que os usuários se locomovam permanecendo conectados, o que difundiu os serviços de voz e dados exemplificados pelas redes de celulares (MONSIGNORE, 2007).

As telecomunicações sem fio são possíveis graças aos canais de comunicação, que nada mais são do que faixas de frequência dentro do espectro radioelétrico. Sem espectro não haveria comunicação via rádio, portanto trata-se de um recurso base para este tipo de comunicação (SILVA, 2007).

As faixas de frequência se classificam em licenciadas e não-licenciadas. As não-licenciadas podem ser utilizadas sem pagamento de tarifas, diferentemente das frequências licenciadas, como as que são usadas, por exemplo, pelos sistemas celulares, que dependem do pagamento de taxas de permissão e de uma licença de um órgão regulador dos serviços de telecomunicações de cada país (NOGUEIRA, 2007). No Brasil, segundo a Lei no. 9.472/1997, art. 19, cabe à Anatel administrar o espectro de rádio-frequências, expedindo as respectivas normas e regulamentos.

O *Institute of Electrical and Eletronics Engineers* (IEEE) desenvolve padrões destinados às redes sem fio os quais fazem parte do Comitê de Normas Técnicas de número 802. Quatro grupos podem ser destacados dentro dos padrões do IEEE, os quais estão relacionados à extensão de abrangência da cobertura a que se propõem, conforme descrito a seguir (MENON, 2006).

O primeiro grupo define as redes de área pessoal sem fio, *Wireless Personal Area Networks* (WPAN), padrão 802.15. São utilizados nas aplicações onde os dispositivos se comunicam em curto e médio alcance, 10 a 500 metros, e não dependem de autenticação com um *Internet Protocol* (IP) de uma rede. São as redes que integram dispositivos portáteis e de computação móvel como computadores pessoais, *Personal Digital Assistants* (PDAs),

periféricos e eletrodomésticos (NOGUEIRA, 2007). Uma das principais tecnologias deste sistema é o *Bluetooth*, padrão IEEE 802.15.11, e, com surgimento mais recente, o *ZigBee*, padrão 802.15.4.

O segundo grupo refere-se à cobertura local, *Wireless Local Area Networks* (WLAN), conhecido como *Wireless Fidelity* (Wifi), padrão 802.11. São utilizados nas aplicações em ambientes confinados (*in door*), como aeroportos, hotéis, cafés ou centros de convenções, e dependem de autenticação com IP de uma rede, que permite o controle das sessões e a contabilidade do uso. Esta tecnologia pode ser utilizada também sem autenticação, por exemplo, em substituição a uma rede cabeada que não tenha o intuito de contabilizar o transporte do tráfego a ser cobrado. As WLANs oferecem um alcance típico de 30 a 500 metros e uma taxa de transmissão de dados de até 54 Mbps, dependendo da extensão. Tanto o *bluetooth* quanto o *wifi* trabalham com faixas de frequência não-licenciadas, denominadas *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) possibilitando um baixo custo de investimento inicial.

O terceiro grupo representa as redes de coberturas metropolitanas sem fio, *Wireless Metropolitan Area Networks* (WMAN), padrão 802.16, as quais utilizam as faixas licenciadas entre 10 e 66 GHz. Essa norma técnica, conhecida como *World Wide Interoperability for MicroWavv Access* (Wimax), é utilizada nas aplicações para atender ambientes externos (*out door*) e dependem de autenticação com IP de uma rede. Elas têm como proposta inicial, disponibilizar o acesso a banda larga sem fio cobrindo grandes distâncias. São redes capazes de abranger e comunicar dispositivos em diferentes pontos de uma mesma cidade. Por operar em frequências licenciadas, os provedores de transporte devem contar com o investimento inicial de aquisição da faixa de frequência.

O quarto grupo, *Wireless Wide Area Networks* (WWAN), padrão 802.20, conhecido como *Mobile-Fi* ou *Mobile Broadband Wireless Access* (MBWA), opera em bandas licenciadas abaixo de 3,5 GHz. Este grupo oferece suporte de interconexão entre diferentes cidades, comunicando dispositivos de um lado a outro no globo terrestre, como é o caso das redes de telefonia celular (ANDRIGHETTO, 2008).

A Figura 1 mostra um comparativo entre os grupos citados.

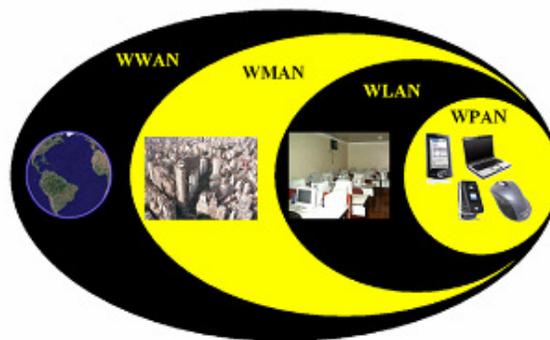


Figura 1 - Comparativo quanto à extensão das redes (ANDRIGHETTO, 2008)

2.5.2.1 Sistemas celulares

Na telefonia, historicamente, o serviço básico, disponibilizado pelos provedores de redes de transporte, tem sido a aplicação da voz. Com o advento dos computadores, a partir da última década este cenário vem mudando. Desde a criação dos primeiros roteadores, que permitem a comunicação entre computadores, criou-se uma nova necessidade ao homem, comunicar-se através do transporte de pacotes de dados (MENON, 2006).

A evolução dos sistemas celulares está dividida em gerações. As redes da Primeira Geração (1G) são redes móveis analógicas ou semi-analógicas, que oferecem serviços básicos para usuários e a ênfase está nos serviços de voz. A qualidade da ligação é altamente variável devido à interferência. As desvantagens são a baixa segurança que proporcionam, já que é relativamente simples escutar ligações alheias através de um sintonizador de rádio, e a usurpação de frequência podendo creditar as ligações na conta de um terceiro.

A especificação da Segunda Geração (2G), feita por grupos internacionais, se deu pela necessidade de um sistema de comunicação móvel globalizado e a melhoria das condições da geração anterior. O destaque da 2G está na compatibilidade e na transparência internacional. Para o usuário, as redes 2G incrementaram os serviços, que, além do serviço de voz, fornecem serviços de dados e suplementares, tais como a identificação do número e encaminhamento de chamadas. A telefonia móvel 2G não é um padrão ou um protocolo estabelecido, é uma forma de nomear a mudança de protocolos de telefonia móvel analógica para digital. Seu desenvolvimento deriva da necessidade de poder ter um maior número de ligações simultâneas. Foram então introduzidos protocolos de telefonia digital que além de permitir mais conexões simultâneas com a mesma largura de banda, permitiam integrar outros serviços, que anteriormente eram independentes, no mesmo sinal, como o envio de mensagens

de texto (*Short Message Service* - SMS) e capacidade para transmissão de dados entre dispositivos de fax e modem.

O sucesso comercial nessa geração é o *Global System for Mobile communications* (GSM), que possui uma taxa de transmissão de dados de 9.6 kbps.

As redes 3G permitem telefonia móvel de longo alcance e evoluíram para incorporar redes de acesso à Internet em alta velocidade e Vídeo-telefonia. As características importantes da tecnologia móvel 3G são suportar um número maior de clientes de voz e dados, especialmente em áreas urbanas, e proporcionar maiores taxas de dados, permitindo a transmissão de 384 kbits/s para sistemas móveis e 7 Megabits/s para sistemas estacionários. Normalmente, são fornecidos serviços com taxas de 5 a 10 Mbits/s.

O processo de padronização dos sistemas de 3G iniciou com o *International Telecommunication Union* (ITU), através do *International Mobile Telecommunication 2000* (IMT-2000). O padrão da terceira geração que tem se destacado é o *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA). O WCDMA implantado nessas redes é o denominado de *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) pelo *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) (SILVA, 2007).

O sistema UMTS foi elaborado para ser o sucessor do GSM, tendo como base o WCDMA, que é considerado como 3G em relação à velocidade de acesso aos serviços de dados.

Para se fazer a transição entre os sistemas 2G para o 3G é necessária a troca de equipamentos dos usuários e a introdução de novos equipamentos de rede. Tais alterações dificultaram a mudança direta, surgindo então os sistemas denominados 2,5G, tais como o *General Packet Radio Service* (GPRS) e o *Enhanced Data for GSM Evolution* (EDGE), com o objetivo de oferecer maiores taxas de transmissão de dados e sem mudanças tão radicais na estrutura da rede (NOGUEIRA, 2007). Assim, o GPRS ficou conhecido como a tecnologia 2,5G por representar uma transição entre as redes 2G e as redes da Terceira Geração (3G).

O sistema EDGE permite uma taxa de transmissão de bits maior do que a do GPRS em até três vezes. A principal idéia deste sistema é adicionar novas características na rede GSM mantendo compatibilidade com os telefones celulares GSM/GPRS e com os equipamentos da rede que continuam operando.

Na Tabela 2 pode-se observar a evolução das tecnologias a partir do GSM, sempre buscando taxas de transmissão de dados maiores.

Tabela 1 - Evolução da tecnologia GSM

Geração	2G	2,5G	2,5/3G	3G	
Tecnologia	GSM	GPRS	EDGE	UMTS	
				WCDMA	HSDPA
Taxa de dados máxima teórica (kbits/s)	14,4	171,2	433,6	2000	14000
Taxa de dados máxima prática (kbits/s)	9,6	26 - 40	100 - 130	200 - 300	400 - 700

Fonte: adaptado de NOGUEIRA, 2007

2.5.2.2 O *zigBee*

ZigBee é um conjunto de protocolos criados para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos, desenvolvido para redes pessoais (WPANs).

Trata-se de um padrão para redes de telemetria sem fio, que enfatiza as aplicações de monitoramento e controle onde é desejado o baixo custo de implantação, podendo ter baixa taxa de transmissão de dados (20 a 250 kbps) (MONSIGNORE, 2007).

Seu desenvolvimento se deu pela necessidade de garantir que equipamentos de diversos fabricantes se comuniquem, estabelecendo normas de uso, permitindo a realização de certificações e definindo os detalhes técnicos e suas evoluções. A padronização do *ZigBee* foi feita pela *ZigBee Alliance*, que é uma associação formada por várias empresas dos mais diversos segmentos, entre elas a *Siemens*, *Analog Devices*, *Texas Instruments*, *Motorola* e *Philips Semiconductors* (SANTOS, 2008). O objetivo dessa associação de empresas é desenvolver padrões e produtos que se conectem em redes sem fio baseados em uma norma aberta global (ANDRIGHETTO, 2008).

O *ZigBee* foi projetado para interligar pequenas unidades de coleta de dados (sensores), utilizando-se de sinais de rádio-freqüência e segue a definição 802.15.4 do IEEE, que opera na faixa das freqüências ISM, as quais não requerem licença para funcionamento (freqüências livres) (PINHEIRO, 2006).

Suas principais características são:

- Comunicação sem fio com alcance previsto de até 500 metros, dependendo diretamente da potência dos equipamentos e de características ambientais (obstáculos físicos, interferências).

- Operação em bandas de transmissão não licenciadas de 2,4 GHz, 868 MHz e 915 MHz. A primeira é permitida em todo o mundo, sem restrições, a segunda e terceira, para a Europa e os Estados Unidos, respectivamente.
- Taxa de transmissão de dados de até 250 Kbps;
- Protocolo simples, que pode ser implementado em microcontroladores de baixo custo;
- Reduzido tamanho do hardware.
- A comunicação entre dois pontos da rede pode ser repetida sucessivamente pelas unidades existentes até atingir o destino final, já que cada ponto da rede funciona como um retransmissor de informação;
- Permite que a alimentação de energia dos dispositivos seja feita até mesmo por baterias (pilhas) comuns;
- Possibilita baixo consumo de energia dos dispositivos, por admitir dois estados principais de funcionamento, “ativo” (*active*) para transmissão e recepção e “dormência” (*sleep*), quando não está transmitindo.

Como exemplos de aplicações e usos do *ZigBee*, pode-se citar o monitoramento remoto de eventos naturais, como terremotos, o controle de ambientes inteligentes e ambientes específicos, entre outros (FLORIDO, 2008).

2.5.3 Equipamentos para telemetria

Para se fazer a transmissão dos dados do repositório de dados no trator (*datalogger*) para o servidor de banco de dados, usando tecnologia sem fio, são necessários rádios transmissores e modems, independente de meio de transmissão escolhido. Desta forma, foram investigados equipamentos tanto para as transmissões feitas com o protocolo *ZigBee*, quanto com o GSM/GPRS.

2.5.4 Transmissores *zigBee*

Existem muitas empresas que fabricam rádios transmissores utilizando o padrão *ZigBee*, entre elas estão a *Max Stream*, a *Digi*, a *Henry* e a *Silicon Laboratories*. Como o *ZigBe* é um padrão mundial e normalizado pelo IEEE, um dispositivo *ZigBee* de um fabricante poderá se comunicar com um dispositivo de outro fabricante (MESSIAS, 2010).

Serão descritos a seguir alguns produtos relevantes para uso neste projeto.

2.5.4.1 XBee OEM

O *XBee* OEM, apesar do tamanho reduzido (2,438 cm x 2,761 cm), é um transmissor/receptor *ZigBee* completo (MESSIAS, 2010).

Suas principais características são:

- potência de transmissão: 1mW;
- consumo de energia: 45 mA;
- temperatura de operação: -40°C a 85°C;
- taxa de transmissão de dados: 250 Kbps;
- alcance do sinal em linha visível e ambiente externo: 100 m.

Os rádios *XBee* apresentam três opções de antenas:

- 1) antena vertical integrada (externa);
- 2) com um conector para antena externa;
- 3) integrada no chip (chicote).

As antenas dos tipos chicote e externa permitem direcionar o sinal, e assim, melhorar o desempenho da rede. A Figura 2 apresenta os rádios transmissores *XBee* OEM com as antenas descritas acima, da esquerda para a direita.

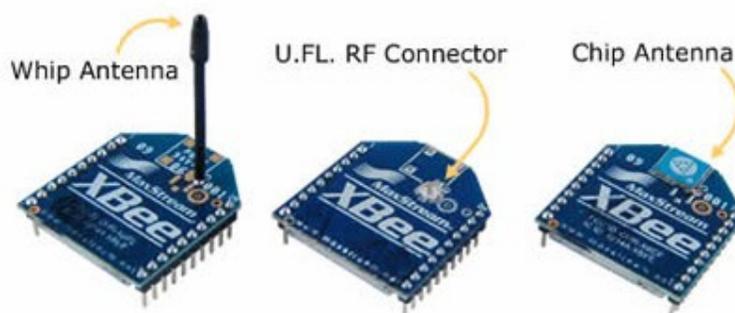


Figura 2 - Rádios transmissores *XBee* OEM (Messias, 2010)

Os rádios *XBee* podem ser configurados através de um programa denominado X-CTU, disponibilizado pelo fabricante. Além da determinação de parâmetros, o programa permite também que se faça atualizações do sistema operacional do rádio transmissor.

A Figura 3 mostra um modelo de interface do *software* X-CTU com as definições de configuração do rádio conectado.

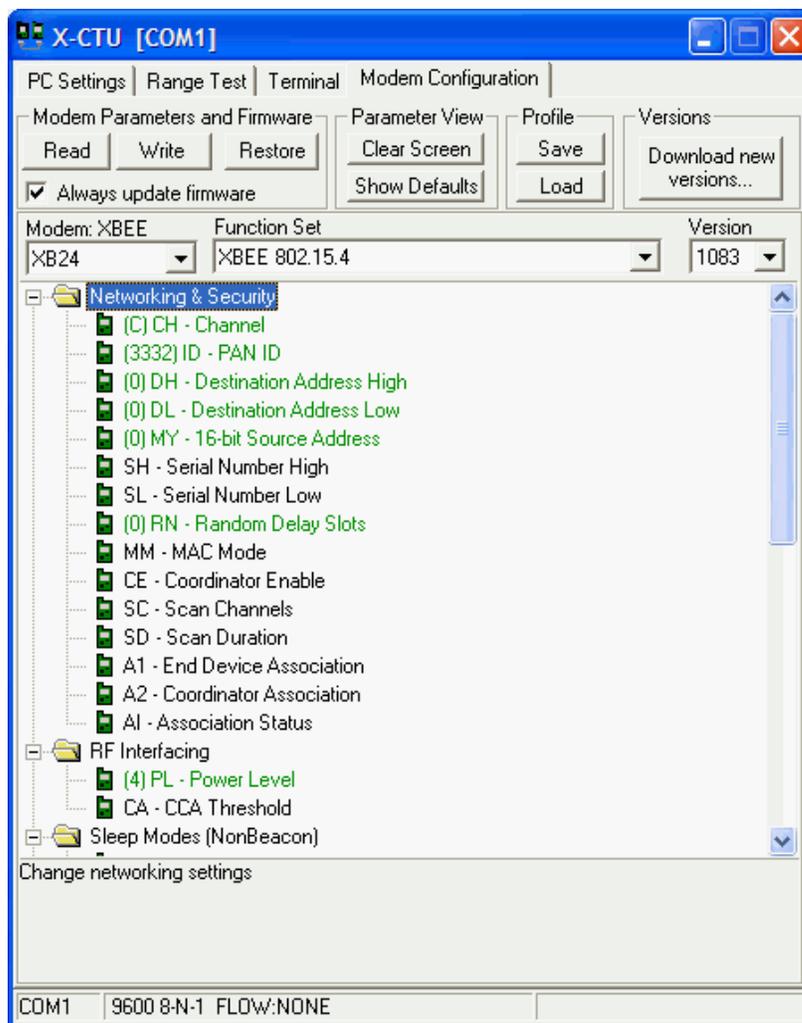


Figura 3 - Interface de configuração dos Rádios *XBee*

2.5.4.2 *XBee-PRO XSC*

O *XBee-PRO XSC* apresenta características semelhantes ao original *XBee* OEM, como configurações correspondentes ao protocolo *ZigBee* e tamanho pequeno, apropriado para aplicações que exigem adaptação em lugares de difícil acesso. Essas duas versões de módulos são parecidas e perfeitamente compatíveis entre si. As principais diferenças estão na potência de transmissão, que passou para 100 mW na segunda; no consume de energia do rádio, que aumentou para 215 mA, e no alcance do sinal, que teve um grande ganho, podendo variar de 1,6 km a 24 km, em campo aberto com visada.

Algumas características deste rádio são:

- Potência de transmissão: 100 mW;

- Consumo de energia: 215 mA;
- Temperatura de operação: -40°C a 85°C;
- Taxa de transmissão de dados: 250 Kbps;
- Alcance do sinal em linha visível e ambiente externo: até 24 Km.

A Figura 4 mostra o *XBee-Pro Xsc*.



Figura 4 - XBee PRO XSC (Messias, 2010)

2.5.4.3 O *Xtend*-PDK

O *XTend*-PDK apresenta as mesmas evidências básicas dos dois outros rádios já mostrados. Sua principal vantagem é o alcance do sinal que pode chegar a 64 km de extensão em ambiente externo, sem obstáculos em sua linha de visada.

Têm como características básicas:

- Dimensões: 2.438 cm x 3.294 cm
- Potência de transmissão: varia entre 1 mW e 1 W;
- Consumo de energia: varia de 110 a 900 mA;
- Temperatura de operação: -40°C a 85°C;
- Taxa de transmissão de dados: varia de 10 a 230 Kbps;
- Alcance do sinal em linha visível e ambiente externo: até 64 Km.

2.5.5 Transmissores GSM/GPRS

Os modems investigados que permitem a comunicação entre computadores, usando a tecnologia celular GSM e que tem a possibilidade de uso neste projeto, estão descritos a seguir.

O modem GSM/GPRS da Urmet Daruma (DARUMA, 2010) é um equipamento para transmissão de dados recomendado para uso em ambientes industriais e afins. Ele pode ser conectado a Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), circuitos de controle microprocessados, computadores, microcontroladores PIC e outros equipamentos, por comunicação serial V24/RS232.

A empresa australiana chamada *SIM Technology Group Ltd* (SIMCOM, 2010) especializada em circuitos digitais de comunicação, desenvolve uma solução de módulos sem fio para diferentes plataformas de tecnologia, como a GSM / GPRS / EDGE, WCDMA / HSPA e TD-SCDMA. No Brasil a empresa TATO Componentes Eletrônicos (TATO, 2010), utiliza o módulo de comunicação SIM340 da SIMCOM, para desenvolver um modem de conexão GSM, disponibilizando uma pilha TCP/IP interna e executa suas operações através de uma porta de comunicação serial RS232.

Essas mesmas características são encontradas em outros modelos como o SAM 3G e o MTCMR-H, da TROPICAL (2010).

2.6 Computação móvel e pervasiva

Tem-se observado uma grande transformação tecnológica denominada *mobilidade*. O desejo da sociedade é o acesso à informação independente de lugar ou tempo. Existem também muitas profissões que exigem a mobilidade dos trabalhadores, como é o caso de entregadores de mercadorias, serviços de assistência médica e outros, não permitindo a permanência em escritórios e ao mesmo tempo, tendo a necessidade da comunicação. Essa demanda reprimida, causada pela transformação da própria sociedade, gerou o advento da computação móvel (TAURION, 2002).

A computação móvel é o modelo de computação que explora a ligação de dispositivos que se movem em torno do mundo físico (ARAÚJO, 2003). Ela vem surgindo como uma nova proposta de paradigma computacional advinda da tecnologia de redes sem fio e dos sistemas distribuídos. Seu uso se justifica pela crescente necessidade de acesso à informação, em qualquer momento e lugar, e pela carência de comunicação e conectividade enquanto se

está em movimento. Nela o usuário, portando dispositivos móveis, como celulares, *palmtops* e *notebooks*, tem acesso a uma infra-estrutura compartilhada independente da sua localização física. Isto fornece uma comunicação flexível entre as pessoas e um acesso contínuo aos serviços de rede.

Esse novo modelo de computação vêm revolucionando o modo de utilização dos computadores e sua principal característica é permitir a mudança de localização de seus usuários enquanto usufruem dos serviços computacionais (FIGUEIREDO, 2003; BOEMO, 2007).

A computação pervasiva é uma extensão da computação móvel e pode ser caracterizada como àquela onde o ambiente computacional do usuário está disponível em qualquer lugar, a qualquer tempo (YAMIN, 2004). A sua proposta previu que os computadores “desapareceriam” e que a computação se tornaria “embutida”. Máquinas domésticas ou veículos seriam vistos como “dispositivos de computação”, tendo inúmeros microprocessadores (sensores) a controlá-los. O princípio da computação pervasiva é que o ambiente computacional do usuário deve acompanhá-lo e este deve fazer parte da sua vida diária de forma a se tornar “invisível”, auxiliando-o. A premissa *sigame* das aplicações pervasivas (*follow-me applications*) determina a execução dessas características.

A computação móvel e pervasiva representa uma mudança de padrões de uma era marcada pelos sistemas informáticos centrados no computador, para a era marcada pela mobilidade das comunicações e dos dispositivos computacionais, que passam a ser parte integrante do espaço físico em que se vive e das mais variadas tarefas do cotidiano.

O sistema deve ser pró-ativo, se antecipando na comunicação com o usuário e, para que isto aconteça, o ambiente deve ser conhecido. Os dados do ambiente fornecem meios para que sejam monitorados elementos computacionais do próprio ambiente; para que a aplicação possa registrar seu interesse em determinados elementos; para notificar à aplicação das alterações ocorridas; e para selecionar o comportamento alternativo mais adequado ao ajuste das novas condições ambientais (HENRICKSEN, 2007).

Nesta visão se apresenta um espaço incrementado com dispositivos de computação e comunicação interagindo com o homem de forma transparente, sem que ele perceba. O ambiente se comunica com o usuário de forma autônoma e relevante, permitindo o uso do computador sem a sua percepção, diferente de como é feito na forma tradicional, onde têm-se que ligar, operar e desligar as máquinas (WANT, 2005).

Na computação pervasiva, o homem é cercado por muitos computadores (sensores) e interage com eles mesmo sem perceber. Essa forma de computação está se tornando realidade

devido à grande comunicação entre pessoas e máquinas. Cada vez mais os homens trabalham compartilhando informações e mais computadores sem fio estão presentes nas suas vidas.

Através da computação pervasiva é possível a criação de ambientes inteligentes, como salas de aula, residências, escritórios, hospitais, automóveis e máquinas agrícolas, que permitem aplicações de monitoramento. Os dispositivos, ligados em rede, inseridos no ambiente, fornecem informações, melhorando a qualidade de vida do homem, sem que ele precise ter conhecimento explícito sobre as comunicações e as tecnologias de computação envolvidas (HENRICKSEN, 2007).

Evoluções importantes do *hardware* que tem permitido que a computação pervasiva se torne realidade são a criação de dispositivos menores e mais portáteis, bem como sensores e dispositivos de controle com crescente poder de processamento.

Como exemplo de uso desta tecnologia na mecanização agrícola pode-se citar os trabalhos de Russini (2009) e Santos (2010), onde são usados sensores para obter informações de desempenho das máquinas.

A computação sem fio também é um suporte imprescindível para a computação móvel e pervasiva, que explora diferentes tecnologias de computação que serão inseridas em ambientes fixos e móveis (NETO, 2009). A conectividade entre as máquinas é feita pelas combinações de tecnologias de comunicação sem fio como infra-vermelho, *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *ZigBee* e tecnologias de telecomunicações.

2.6.1 Dispositivos móveis

A computação sem fio implica na comunicação sem fio por meio de uma variedade de dispositivos como *laptops*, *notebooks*, PDAs, *handhelds* e mesmo computadores pessoais (PCs) de mesa (*desktops*) (PEKUS, 2007). O mercado de dispositivos móveis, por meio do seu crescimento contínuo, permite a criação de aplicações que envolvem negócios, indústria, escolas, hospitais e outras áreas (BOEMO, 2007).

O maior benefício da tecnologia sem fio (*wireless*) é o acesso imediato aos recursos computacionais que podem estar no escritório, em diversas fontes de negócios ou na *Internet*, provendo usuários com a flexibilidade da comunicação nos diversos campos profissionais. Essa necessidade de informação constante promove a evolução do setor dos dispositivos móveis.

As redes de comunicação sem fio combinadas com o desenvolvimento de computadores portáteis, como *notebook* e PDAs, permitem ao usuário deslocar-se junto com

seu ambiente computacional e ter um acesso constante às fontes de informações. O usuário, portando dispositivos móveis, tem acesso a uma infra-estrutura compartilhada independente da sua localização física. A computação móvel envolve elementos como *hardware*, dados, aplicações e usuários que têm a capacidade de se mover para diferentes localizações durante o curso da computação (FIGUEIREDO, 2003).

Os profissionais itinerantes, como agentes comerciais, consultores, arquitetos, executivos com vários níveis de decisão, entre outros, saem cada vez mais dos limites da empresa e passam grande parte do seu tempo em deslocamentos, trabalhando remotamente (PEKUS, 2007).

A escolha do equipamento adequado para equipes de profissionais móveis depende de fatores como tipo de atividade, modelo de captura e apresentação das informações e volumes de dados esperados.

Como exemplo de dispositivos móveis, além dos já citados e dos telefones celulares e *smartphones*, têm-se os *Pocket PCs* e *Palms*, que são categorias de dispositivos móveis freqüentemente utilizadas em processos de computação móvel. Muito mais do que assistentes pessoais ou agendas eletrônicas, estes dispositivos são computadores que podem ser facilmente levados à qualquer lugar, criados para atender profissionais em movimento que necessitem de rapidez, facilidade e segurança no acesso a informações corporativas e pessoais.

Outras categorias são os *Mobile Terminals*, *Handheld PCs*, *Tablets*, *Rugged* e *Custom Devices*.

Atualmente, estes aparelhos contam com uma série de acessórios e dispositivos auxiliares que visam maior flexibilidade no trabalho e conforto adequado ao profissional em campo, como expansões de armazenamento, câmeras digitais, impressoras portáteis, leitoras de código de barra, entre outros. Essas facilidades, além de auxiliarem no agendamento de compromissos e contatos, também representam uma ferramenta para substituição dos processos feitos em papel por aplicativos baseados em formulários e gráficos (GALVIN, 2004).

2.6.2 Ambientes para desenvolvimento de aplicações móveis

Embora tenha ocorrido na última década uma evolução tecnológica dos dispositivos móveis, permitindo a execução de *softwares* mais funcionais e complexos, eles ainda apresentam entre si características muito particulares em termos de sistemas operacionais,

capacidade de processamento e quantidade de memória disponível para os aplicativos desenvolvidos. (NOGUEIRA, 2007).

Devido a existência de uma variedade desses aparelhos, diversas plataformas ou ambientes de desenvolvimento foram projetados visando facilitar a criação de *softwares* aplicativos para eles. As principais plataformas voltadas ao desenvolvimento de aplicações para dispositivos com poucos recursos computacionais são normalmente versões simplificadas das já utilizadas para *desktop* (TOLEDO, 2007). As plataformas de desenvolvimento são responsáveis por abstrair os detalhes inerentes a cada dispositivo. Elas também permitem a portabilidade de uma mesma aplicação entre dispositivos diferentes (MIKKONEN, 2007).

Encontra-se um grande número deste tipo de plataforma, entre as quais pode-se destacar o Java 2 Micro *Edition* (J2ME), *Binary Runtime Environment for Wireless* (BREW) e *FLASH LITE*.

Lançada em 1999, o J2ME é uma versão reduzida da plataforma Java e consiste basicamente de dois módulos, Configuração e Perfil (JAVA, 2007).

O módulo de configuração define a configuração mínima requerida por um grupo de dispositivos com características similares de *hardware*, como memória e processador. O módulo de perfil é responsável por garantir a interoperabilidade entre uma família de dispositivos, garantindo o funcionamento de um aplicativo entre todos os dispositivos de uma mesma família.

As principais vantagens apresentadas são a gratuidade, permitindo que o desenvolvedor realize *download* do *Software Development Toolkit* (SDK) e crie seus produtos livremente, e a grande quantidade de dispositivos que a suportam. Desta forma, o desenvolvedor, na maioria dos casos, não precisa se preocupar com o tipo de aparelho no qual o aplicativo será executado, pois a plataforma garante o seu funcionamento em qualquer dispositivo de um determinado perfil.

A plataforma BREW foi lançada pela Qualcomm em 2001 e engloba não só uma plataforma de desenvolvimento, mas também um ambiente de execução, um sistema de distribuição de aplicativos, um serviço de teste de aplicativos e serviços de auxílio ao desenvolvedor (NOGUEIRA, 2007).

A linguagem de programação nativa é C/C++, mas atualmente já oferece suporte a aplicações desenvolvidas em outras linguagens, como Java.

O número de desenvolvedores que a utilizam é pequeno porque a plataforma não é livre, não sendo possível criar aplicações e disponibilizá-las. No modelo de negócio utilizado

pela *Qualcomm*, o desenvolvedor só pode disponibilizar seus aplicativos através do serviço oferecido pela companhia, pagando uma taxa (MENEZES, 2007). A taxa garante a disponibilidade do aplicativo e a sua qualidade, pois, antes de ser disponibilizado para *download*, cada aplicativo é testado para garantir seu perfeito funcionamento.

Ao contrário do *Flash Player*, responsável pela execução de conteúdo Flash, tal como animações, em microcomputadores, a plataforma *Flash Lite* é uma parte da plataforma *Flash*, da empresa *Adobe Systems Incorporated*, voltada a dispositivos móveis.

O *Flash Lite* (ADOBE SYSTEM INCORPORATED, 2007) busca aliar bom desempenho de processamento com os poucos recursos apresentados por tais dispositivos. Atualmente está disponível em duas versões: *Flash Lite 1.0* e *Flash Lite 1.1* baseados no *Flash Player 4*, e *Flash Lite 2* baseado no *Flash Player 7*.

Dentre os vários recursos disponibilizados no *Flash Lite 2*, pode-se destacar a manipulação de arquivos XML, suporte a *Actionscript 2.0*, formatação de texto melhorada e suporte a *Unicode*. Além disso, possui recursos de multimídia (imagem, áudio e vídeo) e armazenamento de dados para reuso.

O uso da plataforma *Flash Lite* contorna a barreira criada entre desenvolvedores inexperientes ou com pouco conhecimento em desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis. Facilita também o trabalho de profissionais que já desenvolviam conteúdos em *Flash* para ambientes *desktop*. Isto porque, tais profissionais, podem se valer do conhecimento adquirido relativo ao desenvolvimento na plataforma *Flash* para realizarem trabalhos para dispositivos móveis. A redução da quantidade de conhecimento técnico necessário para o desenvolvimento deste tipo de aplicação aumenta o número de potenciais desenvolvedores que possam utilizar a plataforma, como é o caso de *designers*.

2.7 Trabalhos relacionados

Considerando que a proposta apresentada centra-se em tecnologias relativas à transmissão remota dos dados coletados pelos sensores e no desenvolvimento de um *software* que auxilie no gerenciamento da propriedade rural e da operação da máquina agrícola, através da utilização de dispositivos móveis, buscou-se na literatura trabalhos nestas áreas. Desta forma, esta seção está dividida em subseções que abrangem os aspectos mencionados.

2.7.1 Redes de informações na agricultura

A agricultura moderna busca uma produção de alimentos de alta qualidade e em quantidades suficientes para uma gama diversificada de clientes. Pretende, como objetivos adicionais, a preservação de recursos e a proteção do ambiente. Os meios para alcançar estes objetivos são máquinas, equipamentos e processos com alta eficiência e efetividade, formando vários subsistemas que devem interagir através de fluxos de informações. Para tal se faz necessário um grande número de informações que só será possível com os avanços obtidos no processamento computacional. Os desafios são transformar dados em informações e conhecimentos que poderão ser utilizados para tomada de decisões.

A denominada Agricultura de Precisão, que permite o controle mais rigoroso da produção, conduziu a uma agricultura baseada em informação e pode envolver condições do solo; efeitos biológicos e engenharia genética; medidas e controle de máquinas e equipamentos; demandas por qualidade e quantidade de produtos e condições climáticas. O objetivo da Agricultura de Precisão é adaptar operações de campo a variação de condições da cultura e do solo para maximizar a produção e minimizar custos e consumo de recursos (MUNACK, 2001).

Filho (2007), expõe um projeto que pretende tornar o setor sucroalcooleiro, da região sudeste do Brasil, mais eficiente sobretudo no que diz respeito ao seu gerenciamento. O sistema permitirá o monitoramento em tempo real das atividades ligadas ao corte, colheita e transporte da cana-de-açúcar. Exemplos de informações que podem ser transmitidas pela rede são o local onde a máquina está trabalhando, quanto ela está colhendo, quanto tempo está levando para desempenhar esta tarefa e que volume foi efetivamente depositado nos caminhões. De posse dessas informações, os responsáveis pelo gerenciamento da usina saberão instantaneamente, por exemplo, se há filas de veículos formadas em razão de demora no processo de colheita ou se há carência de caminhões para realizar o transporte do produto. Esta é uma ferramenta para tomada de decisões, que permite corrigir problemas de forma mais rápida. Os objetivos do projeto são reduzir os custos nos procedimentos de corte, carregamento e transporte, que representam aproximadamente 40% dos custos de produção da cana-de-açúcar. Para a transmissão dos dados será usado o GPRS, serviço que permite o envio e recepção de informações por uma rede telefônica móvel. Segundo o autor, aumentando a eficiência dessas etapas será possível reduzir gastos e ter acréscimos de produtividade. Além disso, as pesquisas desenvolvidas também geram importantes ganhos acadêmicos, principalmente em relação à formação de mão-de-obra qualificada. O projeto está em

andamento e conta com o auxílio de empresas como a Enalta Inovações Tecnológicas e Agricef Soluções Tecnológicas para Agricultura, além do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e da Escola Politécnica da USP.

Guo e Zhang (2005) apresentam um estudo que teve o objetivo de produzir um sistema para transmissão de dados em tempo-real que mostra a exata posição da máquina durante operações de campo, que seja transparente ao usuário. Esse sistema pode automaticamente coletar, processar e comunicar dados de campo em auxílio a diferentes operações. Ele consiste de uma unidade de sensoriamento com base na máquina, que coleta os dados de campo, uma unidade de processamento de dados no escritório, que realiza a fusão dos dados, e uma comunicação de dados sem fio, que faz a troca de dados entre as unidades da máquina e do escritório.

A unidade de sensoriamento ou plataforma móvel é o centro deste sistema e o protótipo foi desenvolvido em um trator 4 x 2, modelo Gator, marca *John Deere*. Os principais componentes desta unidade incluem um PC “on-board”, um conjunto de sensores dependentes da tarefa, implantados na máquina, e um dispositivo para interface sensor/computador, que faz a aquisição dos dados. Os sensores instalados na máquina incluem um GPS RTK-DGPS, que proporciona dados de posicionamento da máquina em um sistema de coordenadas; uma unidade de “medida de inércia” (IMU), que permite obter dados de disposição da máquina dentro do sistema de coordenadas, e um sensor de velocidade. O sistema de aquisição de dados da máquina foi construído usando o cartão de aquisição de dados *National Instruments PCI-6052E* e o cartão de interface serial *National Instruments PCI-232/4*.

A unidade no escritório consiste de um computador que hospeda ferramentas de processamento de dados, incluindo o “ArcView” e o “MATLAB”, e uma base de dados histórica. O ArcView interpreta dados de diferentes sistemas de coordenadas e comunica os dados da produção do local específico com a posição da máquina. O MATLAB é um conjunto de programas desenvolvidos para fazer o processamento dos dados.

A unidade de comunicação permite a ligação sem fio dos dados entre as unidades na máquina e o escritório. A transmissão dos dados se dá por frequência de rádio e foi construída usando um adaptador Nokia C910 WLAN, um cartão Nokia C021 WLAN, um ponto de acesso Nokia A021, um amplificador bi-direcional de 2.4 GHz com 250 mW de saída de

rádio frequência para seqüência direta de rádio *spread spectrum*¹, um fornecedor de carga, um injetor DC, uma antena omni-directional na frequência de 2.4 GHz e com ganho de 12 dB e o *software* Microsoft NetMeeting. O ponto de acesso Nokia A021 e o cartão Nokia C021 são compatíveis com o padrão IEEE 802.15 (Tecnologia *Bluetooth*).

Para avaliar a confiabilidade do sistema durante a coleta, processamento e apresentação dos resultados, foram conduzidos uma série de testes em diferentes condições operacionais. Durante os testes a velocidade da máquina agrícola foi mantida entre 1,3 e 3,6 m/s. Os resultados indicaram que a unidade baseada na máquina pode coletar dados a partir de sensores individuais para diferentes padrões de amostras (Exemplo: posição-velocidade transmitido na frequência de 50 Hz) e a ligação de dados sem fio pode suportar transmissão de dados com uma velocidade aproximada de 2Mb/s dentro de um raio de 3.200 m da estação base (localização onde a antena de comunicação sem fio foi instalada).

Tseng (2006) propõem um estudo baseado em um protótipo de sistema que coleta dados de campo, tais como temperatura, umidade, velocidade do vento e número capturado de pragas/insetos, no monitoramento de áreas de uma fazenda. O sistema é composto por plataformas de monitoramento a campo e uma central de controle. Os dados transmitidos, a comunicação e o controle dessas duas plataformas são conseguidos usando a tecnologia GSM-SMS (*Short Message Service*). O SMS é um serviço pago usando a capacidade GSM para enviar dados. O GSM aciona o controle do canal para envio de dados, permitindo também que o usuário continue sua conversação ou comunicação de vós. Se o usuário está conversando, será usado um baixo canal de controle associado para completar o envio SMS. Se o usuário não está conversando, então ele pode receber dados SMS usando o canal de controle dedicado padrão. Com ambos os cenários o SMS está sempre usando um canal de transmissão de energia baixa.

Com a transmissão sem fio tendo o GSM como ponto principal, este sistema inclui um subsistema automático de coleta de dados de campo chamado de Plataforma de Monitoramento de Campo (*Field Monitoring Platform – FMP*) e uma Plataforma de Controle Hospedeira remota (*Host Control Platform – HCP*). A FMP consiste de módulos de percepção de choque elétrico, módulo GPS, módulo GSM, módulo de percepção de parâmetros ambientais e módulo de núcleo de integração. A HCP é composta de um PC e um módulo GSM, e pode proporcionar funções incluindo depuração de hardware remoto,

¹ Técnica de codificação para a transmissão digital de sinais. Permite codificar e modificar o sinal de informação executando o seu espalhamento no espectro de frequências e viabiliza a transmissão de dados via rádio com alta confiabilidade.

verificação da base de dados e gerenciamento e monitoramento de alarmes. O módulo de núcleo de integração do FMP usa receptor/transmissor universal síncrono/assíncrono (USART) para conectar com o módulo de percepção ambiental e realizar as funções de seqüenciamento, processamento e montagem dos dados sobre os dados de campo que ele recebe.

Com a ajuda do módulo GSM, esses dados podem ser enviados por rede sem fio pelo campo. Quando a plataforma de controle hospedeira recebe os dados que carregam todas as informações do campo, a HCP irá então decodificar esses dados e armazená-los na base de dados para futuro monitoramento e análise estatística para produzir um conjunto de referência para melhoramento da fazenda no futuro. Serão gerados alertas quando alguma anomalia for detectada, por exemplo, se a distribuição de pragas está acima do limite. A quantidade de pragas pode ser estimada pela análise de tendência de pragas capturada pelo dispositivo de choque elétrico. Os alertas serão enviados para pessoas interessadas que devem ser informadas deste evento, como o supervisor e o fazendeiro.

Os autores apresentam como vantagens desta solução o fato da telefonia celular ter grande penetração nas áreas onde o trabalho foi desenvolvido; o GSM requerer baixa potência para transmissão, já que se trata de áreas rurais onde a energia não é facilmente acessível; usando o serviço GSM-SMS, se o servidor hospedeiro está fora de serviço, os dados podem ser retidos na central de serviços GSM por 24 horas e os dados podem ser recebidos enquanto o servidor é reparado; e ainda, grupos de função de espalhamento podem facilmente ser habilitados para enviar alertas em tempo-real para trabalhadores, para atenção imediata quando algum dispositivo de monitoramento não está funcionando adequadamente.

Pierce e Elliott (2008) descrevem a criação de uma rede de sensores na fazenda que proporciona de forma remota, através de frequência de rádio, o monitoramento em tempo real e/ou o controle de operações que adicionam valor através do melhoramento da eficiência e eficácia de práticas gerenciais. Este trabalho mostra duas aplicações agrícolas, uma rede meteorológica agrícola e uma rede de monitoramento de geadas na fazenda.

A rede de sensores regional, usada na rede meteorológica, consiste de sensores para medir a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade e direção do vento e a temperatura solar. Fazem parte da rede, também, um rádio com antena e um *datalogger* AWN200, especialmente projetado para ela, equipado com 900 MHz de frequência, configurado com rádio *spread spectrum* (FHSS) em uma rede repetidora mestre/escravo (*master-repeater-slave*) para ampla cobertura geográfica. Um único mestre é configurado para múltiplos repetidores para produzir uma linha de sinal para telemetria de

freqüência de rádio. Redes independentes, provindas de regiões geograficamente desiguais são então agregadas em uma base de dados centralizada através de protocolos padrões de Internet (TCP/IP - *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) para posterior processamento e disseminação.

O *datalogger* possui um *software* chamado “AgWeatherNet” que permite configurar suas operações e aspectos de telemetria de freqüência de rádio.

A rede de sensores na fazenda usa um rádio/*logger* SS100, também de criação dedicada a este projeto, que possui 900MHz de freqüência, rádio FHSS e um *software* denominado “AgFrostNet” projetado para aplicações gerenciais, operações em tempo-real e mobilidade na fazenda. A rede está disposta em topologia “em estrela” na qual o rádio/*logger* está estrategicamente posicionado para permitir a sincronização da rede, a coleta dos dados a partir de estações remotas dentro da rede, e a retransmissão dos dados coletados para uma unidade de rádio errante (*roamer*), acoplada a computadores móveis e/ou diretamente para a Internet.

O *software* “AgFrostNet”, operando em um computador conectado a um “*roamer*”, coleta, gerencia e mostra dados em tempo-real. Este *software* foi desenvolvido especialmente para monitorar a temperatura do ar durante eventos que necessitam da proteção contra geada/neve.

Ambas as aplicações de redes de sensores sem fio tiveram sucesso na implantação das aplicações pretendidas. O maior problema encontrado foi nos períodos nublados durante os meses de inverno com relação aos painéis solares, usados para suplementação de energia.

Os dois sistemas foram avaliados comercialmente e têm sido adquiridos por agricultores que pretendem expandir as capacidades operacionais de suas fazendas.

2.7.2 *Software* no gerenciamento da propriedade rural

O uso das tecnologias de informação possibilitam às empresas, vantagens competitivas e diferenciais para concorrer no mercado. A tecnologia da informação é composta por hardware, *software* e redes de comunicação e pode ser entendida como os meios utilizados pelas empresas produtivas para alavancar e potencializar o processo de criação e desenvolvimento de capacitação tecnológica.

À medida que a tecnologia da informação vai sendo incorporada ao sistema produtivo, ela altera radicalmente a estrutura e o modo pelo qual o trabalho é executado, sobretudo no que diz respeito ao trabalho de produção e coordenação (VALLE, 1996). O trabalho de

coordenação tende a tornar-se mais efetivo, em razão do aumento da capacidade em coletar, armazenar, processar e transferir informações, o que torna possível obter maior velocidade de comunicação, reduzir o prazo de resposta às variações nos ambientes interno e externo, comprimir o tempo, o espaço e expandir o conhecimento. O uso da tecnologia da informação pode ser traduzido em ganhos de produtividade, mediante a intensificação da comunicação, maior capacidade de coordenação, facilidade de monitorar e manter o processo sob controle por meio de um fluxo de informações permanente e atualizado.

Reconhecendo que sistemas de informação não são privativos de determinadas categorias, aos profissionais que utilizam as informações ditas “tradicionais”, como os dos meios de comunicação, agregam-se outros, ditos “emergentes”, como os gerentes do agronegócio.

Existe uma grande diversidade de categorias de programas computacionais ou *softwares* para auxiliar na gestão da propriedade rural, que vão desde a proposta de modelagem para posterior implementação de programas, aplicações de gerenciamento de informações de banco de dados até redes de informações que buscam respostas em tempo-real.

Têm-se encontrado na literatura com freqüência os Sistemas de Informação Geográficos (SIG), que são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação à superfície da Terra (RIBEIRO JR, 2007). Uma das utilizações do georreferenciamento é a idéia de aplicar em áreas extensas, o que os pequenos agricultores sempre fizeram, ou seja, tratar as diferenças existentes dentro de um talhão, agregando o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias. Tais procedimentos possibilitam que os produtores rurais possam identificar as áreas de altas e baixas produtividades e possam administrar essas diferenças com maior grau de detalhamento (MURAKAMI, 2006). Um exemplo deste tipo de sistema foi desenvolvido por Guimarães (2004). Segundo o autor, a utilização de máquinas e implementos agrícolas nas culturas anuais ou semi-perenes no Brasil, é um dos fatores que mais demandam recursos financeiros, devido ao custo em combustíveis, mão-de-obra e depreciação das máquinas. Além disso, se mal utilizadas, as máquinas podem acarretar danos ambientais, como erosão e compactação do solo. Assim, ele criou uma base de dados geográficos para subsidiar a avaliação da geometria das zonas de manejo ou talhões e o traçado dos carregadores, delimitados por áreas geométricas através de fatores físicos e químicos do solo, em uma região canavieira. Na elaboração de mapas temáticos a serem inseridos no sistema, foram feitas fotografias aéreas dos talhões, carregadores, estradas vicinais

e rede de drenagem. Baseado nos critérios do sistema, foi proposto um cenário de talhões, e foram calculados o comprimento dos carregadores, a área de preservação permanente, o tempo de manobra de máquinas agrícolas e a eficiência de percurso.

Lamb et. al. (2007) apresentam um aplicativo para manipulação dos dados, armazenados em um banco de dados, relacionados à otimização de atividades administrativas, buscando acompanhar o produtor nas fases de produção, tais como, preparação da terra para o plantio, o plantio propriamente dito, os tratos culturais responsáveis pela manutenção da planta, a colheita e a entrega do produto na cooperativa. O sistema foi desenvolvido em módulos podendo-se citar alguns: a) Aplicações de defensivo, que faz uso dos defensivos cadastrados e conjunto mecanizado para aplicação e manutenção; b) Plantio: através das informações já armazenadas e com as estratégias definidas para a safra, como semente a usar, qual o melhor adubo e a melhor época e quais máquinas, este módulo determina os períodos de operação; c) Máquinas: permite o cadastramento de dados referentes ao maquinário à disposição do produtor, como descrição, tipo de implemento, valor do equipamento quando novo e consumo de combustível. Essas informações associadas a outras como depreciação e taxa de seguro, possibilitam o cálculo mais realista da hora de trabalho efetuada e da despesa real nas operações; d) Colheita: Por se tratar da fase final do ciclo de produção, este módulo efetua a emissão da maioria dos relatórios, que consistem em índices de produtividade e a contabilização de despesas e lucratividade. A metodologia usada na elaboração do projeto do sistema foi a orientada a objetos, através da *Unified Modeling Language (UML)* e a diagramação foi feita através do *Sybase Powerdesigner*. O banco de dados utilizado para a persistência dos dados foi o *Firebird 1.5*, que é uma versão *open-source* do banco de dados *Interbase*. A linguagem de programação escolhida foi o *Delphi*, por possuir ferramentas de desenvolvimento como *templates* e *forms*, que permitem criar e testar rapidamente um protótipo.

Pode-se encontrar na literatura também, infra-estruturas para apoio à construção de sistemas de informação que objetivam determinar uma modelagem e o estudo do domínio que permite o entendimento abrangente e a identificação dos principais requisitos de uma determinada classe de sistemas. Desta forma, o conhecimento das necessidades é estruturado através do uso de modelos que podem ser compreensíveis. Murakami (2006) apresenta uma infra-estrutura de desenvolvimento de sistemas de informação orientados a serviços distribuídos para agricultura de precisão, utilizando padrões abertos para a Internet. As funcionalidades de diferentes domínios de negócio podem ser construídas como serviços reutilizáveis e, através da composição delas, outros serviços podem ser criados.

Nesta mesma linha de trabalho encontra-se a arquitetura de desenvolvimento baseada em padrões de projetos, criada por Ribeiro Jr. (2007). Esses padrões definem soluções para problemas de análise e projeto que envolvem manipulação de dados espaço-temporais, possibilitando reutilização de conhecimento especializado e de código. Nesse trabalho é mostrado como o conhecimento agrícola e o conhecimento técnico podem ser embutidos em um componente para utilização na construção de sistemas de informações espaço-temporais para agricultura de precisão. Com o objetivo de validar a proposta, foi implementado um componente para apresentação de mapas de produtividade em interface *Web*.

A mecanização agrícola vem exigindo cada vez mais a utilização de máquinas com tecnologias sofisticadas para atender as diversas demandas da atividade agrícola. Com o aumento do número, tamanho e a complexidade das máquinas, torna-se mais importante o seu gerenciamento levando em conta o impacto gerado sobre a rentabilidade dos negócios agropecuários. Zanatta e Varella (2007) apresentam um programa computacional para auxiliar na determinação do tempo ideal de substituição das máquinas, já que o valor de mercado dessas máquinas é maior e a sua substituição deve ser criteriosa. O algoritmo para estimativa do tempo ótimo de renovação foi composto por três etapas: a) geração de planilha de custo operacional; b) cálculo de custo de caixa e c) cálculo da variação do custo anual equivalente ao longo do tempo, para cada máquina. Foram geradas planilhas de custo operacional, considerando custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos não consideram o tempo de utilização da máquina, por exemplo gastos com seguro, enquanto que os custos variáveis dependem do seu uso, compreendendo gastos com manutenção e reparos. As planilhas de custos operacionais de cada máquina são compostas por itens tais como combustíveis, lubrificantes e filtros, graxa, peças, pneus e câmaras, mão-de-obra mecânica e salário do operador. A interface foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação Delphi 5.0 e os resultados foram apresentados em forma de gráficos e tabelas para facilitar a análise e tomada de decisão feita pelo usuário.

Ainda considerando o alto custo demandado por máquinas e implementos agrícolas, com a intenção de diminuí-lo e auxiliar no gerenciamento da maquinaria, Piacentini (2007) desenvolveu um *software* para estimativa de custo operacional da maquinaria agrícola denominado MAQCONTROL. O programa calcula os custos fixos e variáveis, o custo real horário e o custo operacional em uma operação agrícola, usando uma máquina específica ou um conjunto mecanizado, entendido pelo conjunto formado pela máquina, implemento e operador. Como custos fixos foram consideradas as despesas com depreciação, juros, alojamento e seguros. Para os custos variáveis, foi dado ênfase à manutenção, como trocas de

óleos lubrificantes, filtros, pneus, consumo de combustível, pequenos reparos e troca de peças. O ambiente de programação usado foi o Borland Delphi, versão 3 Standard e o Banco de Dados foi o Firebird 1.5, versão *open-source* do Interbase, tendo a estimação e a determinação do custo real como as duas funções principais implementadas. Além dessas, foram criados mais quatro módulos, que são o cadastro de dados, o registro de operação ou manutenção, a emissão de fichas de controle e a interface de ajuda. Para validação dos dados foram feitas 95 operações de colheita no período de dois anos entre 2005 e 2007, utilizando dados de uma colhedora John Deere 1450.

Além dos trabalhos de pesquisa apresentados, pode-se citar alguns *softwares* comerciais:

ADM-MÁQUINAS (AGRISOFT, 2010), desenvolvido pela Agrisoft Brasil, tem como função principal controlar máquinas agrícola, tais como tratores, colhedoras, veículos e caminhões. Possibilita que seja feito o controle operacional das máquinas, onde pode-se ter o cálculo do custo de cada máquina, o cadastro de toda a frota, o consumo estatístico de peças, guias de coleta de dados, gráficos de composição de custos e comparativo de custo entre máquinas. Esse *software* admite, também, a administração de estoque, com a baixa automática de peças consumidas e comparativos de consumo de peças entre máquinas, e o gerenciamento de manutenção. Ele está dividido em cinco módulos que são o Gerenciamento das máquinas agrícolas, Administração das manutenções, Gerenciamento de clientes e fornecedores, Controle de peças da oficina e Planejamento das atividades de mecanização.

Sisagri (ASSISTE Engenharia de *Softwares* Técnicos, 2010), *software* da empresa Assiste, tem como objetivo administrar as atividades agrícolas voltadas a cana-de-açúcar, desde o plantio até a colheita. É um *software* apresentado em forma de módulos, podendo-se destacar alguns: a) banco de dados da lavoura, que consiste em manter os cadastros das propriedades agrícolas e suas sub-divisões como bloco e/ou talhões, sua cultura, variedade, estágio e históricos das várias atividades agrícolas; b) monitorando o plantio, informa o ritmo de trabalho (ha/dia/frente), e executa fechamento do plantio, informando o espaçamento plantado, origem da muda, variedade e área plantada (ha); c) colheita, possui informações *on-line* e em tempo-real de todo o processo produtivo da empresa, ou seja, situação e produção de cada frente, propriedade agrícola, talhão, fornecedor e parceiro; d) parceria, controla a entrada de propriedades agrícolas de terceiros, administrando os contratos de arrendamentos, porcentagem de participação de produção e a forma de pagamento; e) insumos, administra as aplicações e o estoque de cada produto (inseticidas, herbicidas e corretivos); f) mão-de-obra, permite o cadastro de funcionários, efetua controle de sua produção e suas faltas, emite

relatórios gerenciais de produtividade. O controle pode ser efetuado, em suas várias atividades, por dia ou por produção; g) motomecanização, controla as operações agrícolas efetuadas por máquinas agrícolas, bem como os operadores/motoristas. Neste módulo são informadas horas e área trabalhadas, obtendo desta forma rendimentos das máquinas; h) custo agrícola, faz o cálculo real do custo da tonelada de cana entregue na esteira, custo por hectare do plantio, tratos e colheita. Bem como o custo das atividades agrícolas e seus rendimentos teóricos/real.

Optimus Agrícola (VECTIS, 2010), programa computacional criado em parceria entre Vectis e a i3 tecnologia, permite o controle de custos e o aumento da produtividade das máquinas, fornecendo informações sobre custos operacionais; manutenções periódicas, preventivas, corretivas e vida útil de peças e componentes; produtividade de máquinas e operadores; eficiência no uso do tempo produtivo; estoque de combustíveis, lubrificantes e peças de reposição.

Procreate Agrícola (PROCREARE, 2010), desenvolvido pela Procreate, é um *software* para controle da agricultura, possuindo cadastro de plantios, cultivar e locais; registro de colheitas e armazenagem, controle de estoque de insumos e de armazéns, registro de vendas, de transferências e de baixas, cadastro de máquinas, horas de trabalho, registro de manutenções e relatórios de custos.

APEX (JOHN DEERE, 2010), construído pela John Deere, é um *software* de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) com diversas ferramentas de gerenciamento de mapas e informações coletadas em campo e da frota agrícola. Permite gerenciar custos e rastreabilidade associados a variáveis como talhões, culturas, variedades, produtividade, máquinas, fertilizantes e agroquímicos.

OpenFarm (LIMA, 2010), é um *software* livre brasileiro, que tem por objetivo auxiliar na gestão de pequenas e médias propriedades rurais, e permitir o melhor controle de toda a atividade da fazenda, desde os gastos gerados até a venda dos cultivos, auxiliando, também no controle do inventário da propriedade.

2.7.3 Computação móvel na agricultura

A grande necessidade enfrentada pela Agricultura de Precisão consiste na aplicação da informação para suportar a tomada de decisão. O avanço tecnológico tem proporcionado a redução do tamanho dos computadores e aumentado o seu poder computacional, facilitando a computação móvel e deixando o usuário livre de estruturas fixas.

Essas novas tecnologias de informação e comunicação, que aliam telefonia móvel com tecnologias da Internet, têm originado modelos de negócios, onde se destaca o “m-Business”.

O “m-Business” é definido como sendo o uso de tecnologias móveis e pervasivas para promover a troca de bens, serviços, informação e conhecimento. Como exemplo de atividades realizadas neste modelo pode-se mencionar a comunicação através de correio eletrônico, o recebimento de informações relativas a processamentos realizados e a coleta de informações de campo feitas através de dispositivos móveis.

Esse modelo de negócio, que permite a utilização da informação em qualquer lugar e a qualquer momento, terá um elevado potencial de utilização no setor agrícola onde existe a necessidade do acompanhamento das atividades a campo.

Mesmo havendo ainda alguma limitação na utilização de dispositivos móveis em propriedades rurais devido à falta de distribuição de sinal em determinadas regiões, o “m-Business” já é uma realidade. O desafio consiste no desenvolvimento de sistemas e aplicações que se utilizem dele (NETO, 2009)

A comunicação entre os agricultores e os responsáveis técnicos é importante para um gerenciamento eficaz das propriedades rurais. As diferentes informações gerenciais que são geradas mediante análise das áreas de plantio aprimoram e agilizam esse processo. Ogliari et. al. (2007) mostram um aplicativo projetado para ser utilizado em dois ambientes distintos: em equipamentos móveis, como telefones celulares e PDA's, e um módulo disponibilizado na *Web*. Neste sistema, agricultores e pessoas ligadas à agricultura podem permutar dados sobre as áreas de plantio. As informações trocadas podem ser números e textos simples ou conteúdos multimídia como imagens, áudio e vídeo. Alguns exemplos dos dados manipulados são a quantidade de insumos aplicados, imagens do crescimento das plantas, vídeos de espécies cultivadas, resultados de produção e captura de possíveis sintomas de doenças encontradas nas plantações.

A aplicação foi projetada com base em três agentes: Situação, Produtor e Responsável Técnico. A Situação é definida quando acontece determinado evento que tem importância para o gerenciamento das informações da área agrícola, como a detecção de um sintoma de doença na plantação, necessidade de aplicação de insumos ou resultados de produção. O Produtor é quem gerencia a área de plantio, que verificará o estado da plantação e descobrirá as situações decorrentes, podendo ser o proprietário, o arrendatário ou um funcionário da propriedade. O Responsável Técnico é a pessoa que possui o conhecimento necessário para auxiliar o produtor mediante a ocorrência de uma situação, podendo ser um técnico agrícola, um engenheiro agrônomo, um fiscal ou orientador agrícola.

Cada situação é definida pelo produtor e encaminhada ao responsável técnico da área agrícola. O responsável técnico, por sua vez, analisa os dados referentes à região informada, bem como a área de plantio onde a situação foi descrita e envia uma mensagem ao produtor com orientações de como proceder.

Para que se mantenha um histórico de todos os dados enviados pelo produtor, assim como de todas as análises efetuadas pelo responsável técnico, é utilizado um servidor *Web* que faz o recebimento dos dados através da rede de telefonia celular. O aplicativo instalado no dispositivo do produtor envia as informações coletadas para o servidor e também para o responsável técnico, através de SMS ou *e-mail*. Para evitar que os dados sejam perdidos, caso o produtor/responsável técnico se encontre em uma área sem cobertura celular, os dados são armazenados também no próprio dispositivo móvel. Esses dados podem ser enviados posteriormente, quando o equipamento estiver atuando dentro de uma área de cobertura celular, para o servidor ou para outro dispositivo móvel.

O sistema está disponível no ambiente móvel e no ambiente *Web* e ambos têm acesso à mesma base de dados armazenada em um servidor *Web*.

O menu do aplicativo para ambiente móvel possui as seguintes opções: Situação, Meus Dados, Áreas, Responsável, Insumos, Aplicações, Multimídias e Caixa de E-mail. Como opções secundárias possui os itens Sobre, Ajuda e Sair.

Em Situação é possível visualizar os avisos emitidos pelo produtor e as respostas retornadas pelo responsável técnico. Os dados pessoais do usuário estão em Meus Dados. A opção Áreas contém todas as áreas de plantio cadastradas pelo produtor. Os responsáveis técnicos estão disponíveis em Responsável. Em Insumos encontram-se os produtos químicos que serão usados em futuras aplicações e as futuras aplicações encontram-se em Aplicações. O menu Multimídias possui todos os dados envolvendo mídias, e Caixa de E-mail permite ver os *e-mails* enviados pelo responsável técnico.

Na versão desenvolvida para a *Web*, o acesso ao sistema é dado pela digitação de um usuário e de uma senha. A tela inicial apresenta todas as cidades cadastradas no banco de dados. A escolha de uma delas permite a visualização do município, via satélite, no *Google Maps*. A aplicação permite também, pela opção de menu “visualizar as aplicações”, recuperar informações sobre insumos utilizados na área de plantio escolhida. Como retorno, são mostradas todas as aplicações feitas, com nome do insumo, a data e a hora que foi efetuada a operação, a quantidade, o tempo e a forma de aplicação. Também é possível visualizar as imagens e os vídeos da área, registrados pelo produtor.

As tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema foram a linguagem Java *Micro Edition* (ME), na implementação da versão para dispositivos móveis, e a plataforma Java *Enterprise Edition* (EE), para o desenvolvimento da aplicação no servidor *Web*. A comunicação entre os dispositivos móveis e o servidor *Web* se dá pelo protocolo *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) e pela comunicação *peer-to-peer* (P2P) entre dois aparelhos móveis, há opções para envio das informações através de SMS ou *e-mail*. O banco de dados usado para o armazenamento no servidor *Web* foi o *PostgreSQL*. Para testes, foi utilizada a ferramenta *Sun Java Wireless Toolkit*, que emula um telefone celular em computador *desktop*.

Com a implementação do sistema os desenvolvedores constataram que, mesmo com a capacidade de armazenamento limitada dos dispositivos móveis, a abordagem de realizar a persistência dos dados no próprio dispositivo torna o processo de coleta e análise dos dados agrícolas mais dinâmico, com menor probabilidade de ocorrência de falhas. O *software* foi modelado com base em informações de pessoas ligadas à área agrícola e foi testado por produtores, engenheiros agrônomos e técnicos agrícolas, que sugeriram alguns ajustes na interface.

Dentre as diversas formas de computação móvel, que podem ser abordadas na Agricultura de Precisão, estão a *nomadic computing*, em que o *hardware* pode se mover, e a *pervasive computing*, onde o usuário, portando um equipamento portátil com aplicações, dados e código móvel, se locomove. Considerando este contexto, foi desenvolvida uma ferramenta computacional para dispositivo móvel, para coleta de dados em campo, de maneira georreferenciada (CEREDA JR, 2007). O planejamento da atividade agrícola é feito em um computador *desktop*, através de questionários personalizados, que serão transferidos para um dispositivo móvel e respondidos durante a atividade de campo. Todo o sistema está baseado em uma unidade mínima de análise geográfica delimitada em campo, denominada talhão. A partir do talhão, o usuário deve definir, em um computador *desktop*, a malha (*grid*) de trabalho, coerente com a metodologia de coleta de informações de campo adotada, isto é, o número de amostras a serem observadas por hectare. As informações coletadas são as avaliações visuais das condições da cultura, que podem ser os estágios de crescimento, a presença de doenças e as infestações de pragas e insetos.

O planejamento do que será observado e anotado pelo responsável de campo é feito por meio de questionários personalizados no computador *desktop*, que consiste nas perguntas e nas respostas a serem selecionadas pelo operador em campo, apresentadas na tela do dispositivo móvel. O dispositivo móvel serve para a operacionalização do trabalho, não sendo

possível a manipulação ou criação de informações, o que poderia causar inconsistência dos dados.

O sistema funciona com o *software* instalado em um *Pocket PC* com GPS, que pode ser carregado pelo inspetor de campo ou fixado a um veículo de transporte ou a um equipamento de campo. Desta forma toda a ida em campo é guiada. Como o questionário é personalizado ao talhão, as perguntas e opções de respostas mostradas no dispositivo móvel vão depender do talhão onde o operador se encontra.

Após a coleta dos dados, é feito o envio para um sistema de *Webmapping* onde todos os dados são disponibilizados em forma de mapas e relatórios para consulta e utilização. Um exemplo de uso do sistema é na preparação de um mapa de aplicação de insumos, em taxa variada, processado via *Web* e disponibilizado para cópia no formato requerido pelo equipamento aplicador.

O sistema operacional usado foi o Windows Mobile 2003 e a linguagem de programação foi C++. Os autores apresentam como vantagens do *software*, além da personalização dos questionários, a facilidade de aprendizado e manuseio por pessoas com pouco ou nenhum conhecimento de informática e o fato de não ser possível burlar as ordens pré-estabelecidas pelo supervisor.

A informação é um dos bens mais importantes para o desenvolvimento das várias áreas do conhecimento, assim como para os mais diversos setores de nossa sociedade, tanto nas áreas de pesquisa como nas áreas produtivas. O crescente número de informações geradas nesses setores exige agilidade na coleta, manutenção e processamento dos dados. O sistema de campo Geoagrícola faz parte do Projeto de Ciência Rural Campeiro 6, Extensão Rural da Universidade Federal de Santa Maria, que tem por objetivo a informatização de produtores rurais e a disponibilização de aplicativos de gestão agropecuária. Este módulo de aplicação foi desenvolvido para uso em dispositivos móveis, que permite a operação de funções de agricultura de precisão e levantamentos com GPS, bem como o uso de funcionalidades de vistoria georreferenciada para controle de pragas e aplicação de insumos na lavoura (BOEMO, 2007). Ele é constituído de cinco módulos operacionais distintos, integrados entre si, que são GPS, Agricultura de Precisão, Geolevantamento, Registro de Aplicação e Imagem Georreferenciada, descritos a seguir.

- GPS, contém as operações com Sistema de Posicionamento Global que consistem na recepção *on-line* de dados de posicionamento geográfico (latitude, longitude, altitude), permitindo o registro de trilhas, visualização dos satélites presentes e ferramentas que monitoram velocidade e rumo.

- agricultura de Precisão permite a representação visual de polígonos, linhas, pontos, modelos digitais do terreno, mapas de aplicação a taxa variável e a estruturação de malha de amostragem georreferenciada.
- geolevanteamento é responsável pela coleta de dados referentes à vistoria georreferenciada de pragas, geoelementos, clima e solo.
- registro de Aplicação é onde são feitos os registros de aplicação de defensivos.
- imagem Georreferenciada permite trabalhar com imagens georreferenciadas, GPS e sobreposição de pontos.

Com o desenvolvimento da aplicação, os autores concluíram que as novas tecnologias, como GPS e rede sem fio *Bluetooth*, tornam possível disponibilizar soluções de custo reduzido e mais acessíveis ao usuário. Os processos são agilizados, já que o tratamento dos dados é feito no próprio local da coleta, através de um dispositivo *Pocket PC*, interligado ao receptor GPS *Bluetooth*.

2.8 Considerações finais

O presente capítulo avaliou a evolução da agricultura levando em conta a utilização de máquinas, a importância do correto gerenciamento da propriedade rural enfatizando a otimização do uso da maquinaria agrícola, através do controle operacional, e o emprego da informática em auxílio ao gerenciamento. Neste capítulo foi mostrado também que a informática se faz presente por meio de *softwares* necessários para a administração da transmissão de dados obtidos com a máquina em operação no campo (telemetria) e na criação de programas computacionais que permitam o controle e favoreçam o monitoramento com as facilidades da computação móvel e pervasiva.

Pela análise dos trabalhos relacionados pode-se notar que a variedade de meios de transmissão oferecidos, aliados aos diferentes equipamentos para aquisição de dados (sensores e rádios transmissores) fazem com que a configuração dos sistemas de telemetria sejam bastante diversos, se adequando às necessidades de cada projeto. Os trabalhos apresentados demonstram também que tem sido utilizado um único meio de transmissão em cada aplicação, rádio-frequência ou estrutura de telefonia móvel.

Nos *softwares* de gerenciamento apresentados, a captura das informações relativas às operações agrícolas e ao maquinário se dá pelo preenchimento de planilhas. Assim, os benefícios proporcionados estão condicionados a fidelidade desse preenchimento com os

dados que irão alimentar a base de dados. Quando esses dados não forem obtidos de maneira precisa, o sistema emitirá respostas errôneas e não fidedignas.

Além do comprometimento no uso de dados precisos, existem algumas barreiras para a sua adoção, como a dificuldade operacional. Segundo estudos feitos por Murakami (2006), a maioria dos *softwares* disponibilizados para os produtores agrícolas ainda pecam em requisitos básicos como falta de interface simples que permita adaptações para diferentes perfis de usuários, métodos automatizados de processamento e facilidades de uso, suporte à integração e à interoperabilidade com outros pacotes de *software* e o alto custo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O SADA, Sistema de Apoio à Decisão para utilização no Agronegócio, é um protótipo de aplicação criado para auxiliar gerentes do agronegócio nas tomadas de decisões relativas ao controle e bom desempenho operacional da maquinaria agrícola.

O sistema é composto por dois módulos que são o Telemetria SADA (T-SADA) e o Gerenciamento SADA (G-SADA).

O T-SADA é o sistema de telemetria que faz a transmissão e o tratamento dos dados enviados do repositório da máquina (*datalogger*), para o servidor de banco de dados, através de rede sem fio.

O G-SADA é o sistema computacional de gerenciamento e pode ser visualizado em duas partes distintas, o Estático SADA (E-SADA) e o Dinâmico SADA (D-SADA).

O E-SADA é a parte estática, que possibilita a administração de dados cadastrais, disponibilizando funções ao gerente usadas em controles tais como das fazendas, talhões, culturas, operações, máquinas agrícolas, operadores e tipos de alertas enviados.

O D-SADA é a parte dinâmica, que permite o monitoramento da máquina em operação no campo a partir dos dados coletados pelos sensores. As funções do D-SADA enfatizam principalmente o consumo de combustível, nível de patinamento, altura da plataforma de corte (no caso da colhedora) e velocidade de deslocamento da máquina em trabalho.

O Mobile SADA (M-SADA) representa a mobilidade do sistema, inerente tanto ao E-SADA quanto ao D-SADA, já que o acesso pode se dar a partir de qualquer computador, móvel ou *desktop*, ou mesmo um dispositivo móvel como telefone celular ou *smartphone*.

A Figura 5 mostra a estrutura do sistema SADA.



Figura 5 - Estrutura do sistema SADA

Os dois módulos do SADA, o T-SADA e o G-SADA, por serem sistemas independentes, puderam ser desenvolvidos separadamente. Iniciou-se pelo T-SADA, que foi a primeira proposta deste trabalho e por ser um projeto inovador em termos de aprendizagem.

O desenvolvimento do sistema SADA se deu em seis macrofases: Planejamento, Projeto Informacional, Projeto Conceitual, *Hardware*, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado, mostradas pela estrutura analítica da Figura 6.

a) Planejamento

Foram feitas reuniões com os professores orientadores para definir, inicialmente, o escopo e o planejamento do projeto e para submetê-lo a editais para obtenção dos recursos necessários à sua execução e, posteriormente, para se fazer o acompanhamento e controle da execução do projeto.

b) Projeto informacional

Nesta fase levantou-se as informações relativas ao projeto, tais como, trabalhos correlatos já publicados e estudos preliminares como o gerenciamento da propriedade agrícola, a importância da mecanização agrícola, formas de transmissão de dados, ambientes de desenvolvimento para dispositivos móveis e metodologias de modelagem de sistemas.

c) Projeto conceitual

Foram definidos:

- a configuração do computador a ser usado como computador servidor pelo T-SADA,
- as linguagens de programação para a criação dos *softwares* de transmissão,
- as ferramentas de modelagem e o Banco de Dados (BD) do G-SADA,
- o ambiente de desenvolvimento do G-SADA, que consiste na determinação da linguagem de programação e no levantamento de requisitos. Os requisitos do sistema determinam quem são os usuários que irão interagir, quais são as suas necessidades (funções do sistema) e que informações devem ser armazenadas no banco de dados. Fazem parte dos requisitos, também, os parâmetros a serem usados nos testes, como valor máximo de consumo de combustível da máquina agrícola, e velocidade e altura para a plataforma de corte, recomendadas nas operações agrícolas. Todo esse levantamento foi feito através de reuniões com profissionais da área agrícola, engenheiros agrônomos e engenheiros agrícolas, que compõe a equipe do NEMA.

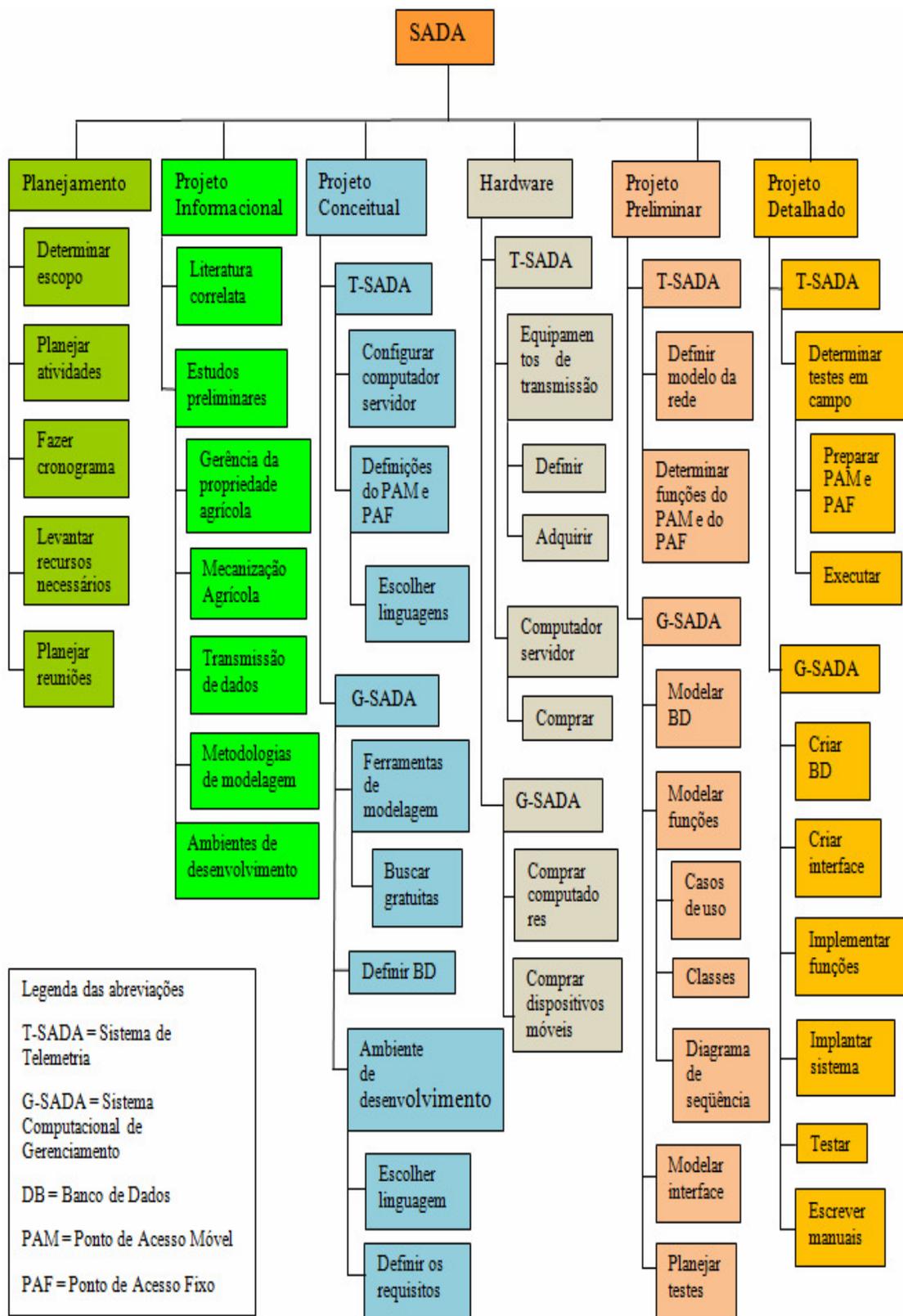


Figura 6 – Estrutura analítica do sistema SADA

d) Hardware

Esta é a fase na qual foram definidos e adquiridos os equipamentos de transmissão, que consistem nos sensores a serem implantados na máquina agrícola, no *datalogger*, usado como repositório de dados local, nas antenas e rádios-transmissores. Também foram comprados os computadores e dispositivos móveis necessários para o desenvolvimento e testes do G-SADA, assim como o computador servidor, usado para armazenar os dados transmitidos e as tabelas do banco de dados.

e) Projeto Preliminar

Para o T-SADA consistiu na determinação do modelo de rede a ser usada na transmissão e nas funções (processamento a ser feito) em cada ponto de acesso da rede. Foram criados também os modelos do G-SADA, dos quais fazem parte o modelo do banco de dados e o modelo das funções, que contêm os diagramas de casos de uso, diagrama de classes e de seqüência, além da criação das interfaces e do planejamento dos testes.

f) Projeto detalhado

Nesta fase determinou-se a operação agrícola na qual se fariam os testes e, em função dela, a escolha da máquina a ser instrumentada. Houve então a preparação dos pontos de acesso da rede, Ponto de Acesso Móvel (PAM) e Ponto de Acesso Fixo (PAF), e a execução dos testes. Para o G-SADA, consistiu na criação do banco de dados e das interfaces, na implementação das funções (escrita do código), na implantação do sistema (instalação no computador servidor), execução dos testes e escrita dos manuais do usuário.

3.1 Material utilizado pelo T-SADA

No desenvolvimento do T-SADA foram empregados sensores, *datalogger*, rádios transmissores, modem GSM, antenas e computador *notebook*, descritos a seguir.

3.1.1 Sensores

Os sensores usados foram:

1) Fluxômetro - Determinação do consumo de combustível

O sensor de consumo de combustível usado foi o Sparling/OVAL LSF 41, que é um fluxômetro de deslocamento designado para a medida de taxas de fluxo muito pequenas em aplicações que requerem elevada acurácia. É um dispositivo de medida ideal para vários

combustíveis como querosene, diesel e óleo combustível, desde que os mesmos sejam isentos de impurezas sólidas.

Cada medidor é equipado com duas engrenagens ovais que giram quando o fluido passa pela câmara de medição fixa. Neste modelo, a rotação das engrenagens ovais desloca um volume fixo de fluido (1 mL). Em uma das engrenagens é fixado um ímã que, a cada volta, aciona uma chave magnética. A Figura 7 mostra o fluxômetro utilizado.



Figura 7 - Fluxômetro (consumo de combustível)

2) Potenciômetro - Altura da plataforma de corte

O potenciômetro é definido como sendo um resistor variável, geralmente usado como divisor de tensão. Ele é composto por uma faixa de material resistivo (geralmente grafite) ligada entre seus dois terminais externos. Nesse material desliza um cursor ligado diretamente ao terminal central do potenciômetro. Esse cursor pode ser movimentado através de um eixo rotativo ou um pino de plástico ou metal. Quando altera-se a posição do cursor, altera-se também a resistência entre o terminal central e os dois terminais externos do potenciômetro.

O valor da resistência total (medida entre seus terminais externos) será sempre constante. Ou seja, o potenciômetro funciona como dois resistores em série, onde pode-se alterar simultaneamente os seus valores, desde que a soma das resistências seja constante.

Embora a finalidade principal do potenciômetro seja de ajustar algum parâmetro (o volume do aparelho de som, por exemplo), pode-se utilizá-lo como um sensor de posição, em aplicações que envolvam deslocamentos, movimentos e outros fenômenos puramente mecânicos. Ou seja, através desse componente é possível que a mudança de uma variável mecânica, como um ângulo ou uma altura, seja transformada em uma característica elétrica.

Os potenciômetros angulares são os mais comuns, onde existe um eixo que acompanha o seu movimento. No caso da colhedora, o eixo está ligado a uma barra que, por sua vez, fixa-se à plataforma. O seu ângulo de giro (chamado de curso) é restrito em 45°.

Para utilizar um potenciômetro como um sensor de posição, é necessário ligar um dos terminais da extremidade com uma tensão positiva e o outro com uma tensão negativa. A tensão do terminal central varia entre esses dois valores de tensão. No caso da colhedora, foi aplicada uma tensão de 5Volts em um dos terminais da extremidade, 0 Volts à outra extremidade e retirou-se o sinal correspondente à altura da plataforma do terminal central. O potenciômetro pode ser visto na Figura 8.

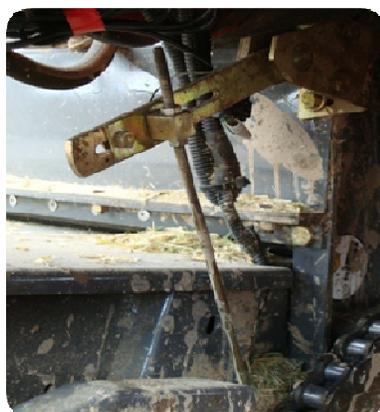


Figura 8 - Potenciômetro (altura da plataforma de corte)

3) GPS Trimble Guidance - Medida de velocidade e posicionamento

O receptor AgGPS 114 utilizado, possui saída de dados em tempo real com precisão de posição inferior a 1 metro e de velocidade de 0,16 km/h em mensagens *National Marine Electronics Association* (NMEA) e *Trimble Standard Interface Protocol* (TSIP), assumindo que sejam recebidos os sinais provenientes de ao menos 5 satélites. O mesmo possui 12 canais de busca.

Para a parametrização do GPS foi empregado o protocolo TSIP, com o *software* AgRemote para configuração e visualização das propriedades do sistema, e para a coleta de dados com o *datalogger*, foi utilizada a porta serial, enviando dados NMEA em 1 Hz, com *string* formada por posição (GGA) e velocidade (VTG).

O GPS usado é apresentado pela Figura 9.



Figura 9 - GPS (posicionamento e velocidade)

3.1.2 Datalogger

O *datalogger* CR1000, fabricado pela *Campbell Scientific* (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2008), foi o *datalogger* escolhido para uso nesta aplicação (Figura 10). A transferência dos dados se dá através de portas de comunicação, que permitem que ele se comunique com outros dispositivos, tais como um computador ou outros *dataloggers*. Cada leitura dos sensores é armazenada na sua memória e fica aguardando a transferência, que pode ser através de cabo ou por telecomunicações. Sua alimentação é feita por uma bateria chumbo-ácido selada (não requer reposição de água) isenta de manutenção. A duração da bateria, levando em consideração o consumo de todos os componentes do sistema de medida é da ordem de 70 horas ininterruptas. Após estas horas é necessário substituir a bateria por outra de mesmas características, ou recarregá-la com carregador de baterias.

O *datalogger* pode ser programado para armazenar cada medição ou valores transformados, como médias, valores máximos, mínimos, histogramas, entre outros. O armazenamento pode ser programado para ocorrer periodicamente ou condicionalmente. Os dados são armazenados em tabelas de dados com as diretrizes da linguagem de programação CRBASIC. As tabelas de dados podem ser configuradas como um anel de memória ou do modo “encher-e-parar”. O anel de memória permite ao CR1000 sobrescrever os dados mais antigos da tabela quando esta estiver cheia. Já o modo “encher-e-parar” configura as tabelas de dados para serem preenchidas até encher totalmente e, após isso, os dados posteriores, obtidos dos sensores, são descartados. Os dados são formatados em *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) ou binário.

As telecomunicações proporcionam o acesso remoto aos dados. Uma variedade de dispositivos, e combinações de dispositivos, tais como telefone, rádios, satélite e a rede TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) estão disponíveis para as mais

variadas aplicações. Para isso, o CR1000 se utiliza principalmente do protocolo de comunicação denominado *PakBus*, criado pelo próprio fabricante. Outros protocolos, como *Modbus* e *DNP3*, também são aceitos.

As vantagens do protocolo *PakBus* que merecem ser citadas são:

- a comunicação simultânea entre o CR1000 e vários dispositivos;
- poder tratar outros *dataloggers* como "sensores", de tal forma a criar uma única tabela de dados em um CR1000;
- poder agir como um roteador, repassando mensagens destinadas a outro endereço.



Figura 10 - *Datalogger* modelo CR1000, da marca *Campbell Scientific*

3.1.3 Rádio-transmissor, modem GSM, antenas e computador *notebook*

O rádio-transmissor usado foi o *Xtend-PDK* e o modem GSM, foi o modelo SIM340, fabricado pela SIMCOM, ambos já descritos respectivamente nas seções 2.5.4.3 e 2.5.5.

Outro transmissor empregado no GSM foi o modem *Zte*, com conexão serial USB.

Foram utilizadas antenas tanto para as transmissões por rádio-freqüência, quanto para a estrutura de telefonia móvel (Figura 11). As antenas para rádio-freqüência foram fornecidas pela *Vika Controls*, empresa revendedora da marca *Digi* no Brasil, que é a mesma fornecedora dos rádios-transmissores. A antena para a transmissão por telefonia móvel baseou-se nos modelos das de rádio-freqüência descritas, possuindo, como diferencial, a freqüência de operação. Ela foi desenvolvida pelo técnico em eletrônica que fez a instalação dos sensores nas máquinas agrícolas. As duas antenas são do tipo omnidirecionais, isto é, irradiam o sinal em todas as direções, permitindo a conexão à rede a partir de qualquer ponto na área em torno do ponto de acesso. Além dessas, se fez necessário também o emprego de uma antena

direcional para concentrar o sinal de telefonia móvel e melhorar a estabilidade de conexão do GSM (VALVERDE, 2009).

Para funcionar como computador servidor, usou-se um *notebook* da marca *Sony Vaio*, com 2 GB de memória e processador *Intel Centrino*.



Figura 11 - Antena para transmissão dos dados

3.2 Método aplicado ao T-SADA

O T-SADA é um sistema de telemetria que faz a transmissão de dados a campo, obtidos através de sensores instrumentados em máquinas agrícolas.

Os meios de transmissão utilizados pelo sistema são estrutura de telefonia móvel, através da tecnologia GSM/GPRS, e rádio-frequência, com o protocolo *ZigBee*. Os rádios de transmissão usados foram, no primeiro caso, um modem GSM/GPRS, e no segundo, rádios transmissores receptores *Xtend ZigBee*.

A transmissão dos dados é feita por uma rede ponto-a-ponto, que consiste de dois pontos. O primeiro é a máquina agrícola onde são instalados os equipamentos e *softwares* de transmissão, chamado de Ponto de Acesso Móvel (PAM), que caracteriza um objeto em movimento constante realizando o sensoriamento da operação e se comunicando com um segundo ponto. O segundo ponto, chamado de Ponto de Acesso Fixo (PAF), é composto pelo computador servidor, que recebe os dados enviados, e equipamentos de transmissão/recepção instalados nele.

Os dois pontos são compostos por duas partes, a parte física que consiste nos equipamentos, e a parte lógica que são os *softwares* desenvolvidos.

O PAM, instalado na máquina agrícola, é composto pelos sensores, rádios de transmissão e pelo *datalogger*, e tem como finalidade a leitura dos sensores, o armazenamento

dos dados coletados em uma memória interna para garantir a recuperação de dados já coletados, e a transmissão dos dados para um computador servidor, feita através da comunicação com os rádios transmissores GSM/GPRS e *Xtend/Zigbee*. O *software* foi desenvolvido em uma linguagem de programação proprietária definida como CRBASIC, baseada nos padrões da linguagem BASIC.

O sistema do PAF fica constantemente esperando a chegada de alguma informação, seja pela transmissão GSM ou pela *ZigBee*, organizando o seu recebimento (Sistema de Integração). Além disso, suas funções são processar as informações recebidas de forma a garantir a integridade dos dados coletados nos sensores (Sistema de Validação), administrar e armazenar os dados em um banco de dados, e solicitar ao PAM o reenvio de dados falhos, que estão faltando na seqüência do conjunto de dados coletados (Sistema de Reenvio). A linguagem de programação usada na sua criação foi o C++.

A Figura 12 resume as funções atribuídas ao PAM e ao PAF.



Figura 12 - Estrutura do sistema T-SADA

3.2.1 Funcionalidades do PAM

O *software* desenvolvido no *datalogger* processa e envia os dados coletados dos sensores, de forma *on-line*.

Sua função é organizar as coletas em ciclos pré-determinados de quatro segundos. O estabelecimento desse tempo se deu em função do processamento que deve ser feito. A cada ciclo o sistema distribui os dados dos sensores em seus respectivos campos e armazena-os em uma tabela da memória local. O pacote montado com a informação é então transmitido para o computador servidor (PAF), respeitando o critério de conexão dos meios de transmissão.

A forma de transmissão definida como prioritária é o GSM, enquanto que a tecnologia *ZigBee* é o meio de transmissão alternativo, sendo usado como recurso de redundância de transmissão. Ou seja, quando o sistema GSM não está ativo, o módulo Xtend transmite os dados. O motivo desta escolha se deu em função do tempo que o GSM leva para fazer a conexão com o serviço da empresa operadora e do sincronismo com o computador servidor, podendo ser de até 30 segundos, enquanto que o *ZigBee* leva 30 milissegundos. Com esse tempo longo de re-conexão do GSM comparado com o ciclo de coleta (4 segundos), pode-se constatar que deixando esse meio de comunicação como alternativo, sendo acionado de forma emergencial para transmissão pela ausência do outro mecanismo, ele demoraria pelo menos 5 ciclos sem enviar os dados, havendo bastante perda de pacotes, o que não ocorre com o *ZigBee*, por apresentar um tempo de conexão muito baixo. Ocorrendo a queda de conexão com o sistema GSM, o mesmo tenta se restabelecer imediatamente, enquanto que o sistema *ZigBee* já começa a transmitir. Se acontecerem falhas nos dois sistemas ao mesmo tempo, o ciclo de coleta continua funcionando e armazenando localmente as informações. Os dados não transmitidos, por falta de comunicação em algum momento, serão requisitados pelo servidor e recuperados a partir da transmissão restabelecida por um dos meios de comunicação.

Considerando que o *datalogger* possui uma memória de 256 megabytes (MB) (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2008), o pacote de dados enviado tem tamanho de 300 bytes e que são transmitidos 15 pacotes por minuto, o *datalogger* é capaz de armazená-los por 41 dias, sem precisar fazer a liberação dos dados.

Na Figura 13 pode-se observar a seqüência de passos ocorridos na comunicação entre o PAM e o PAF pela tecnologia GSM/GRPS, com o envio dos dados do PAM e o pedido de reenvio sobre falhas apresentadas pelo PAF.

A seqüência, a seguir, mostra o significado da legenda da Figura 13.

- 1) Envia Pacote de Dados
- 2) Repassa Pacote de Dados
- 3) Entrega Pacote de Dados no PAF
- 4) Pedido de Reenvio de Dados Falhos
- 5) Repassa Pedido de Reenvio de Dados Falhos
- 6) Requisição de Reenvio de Dados

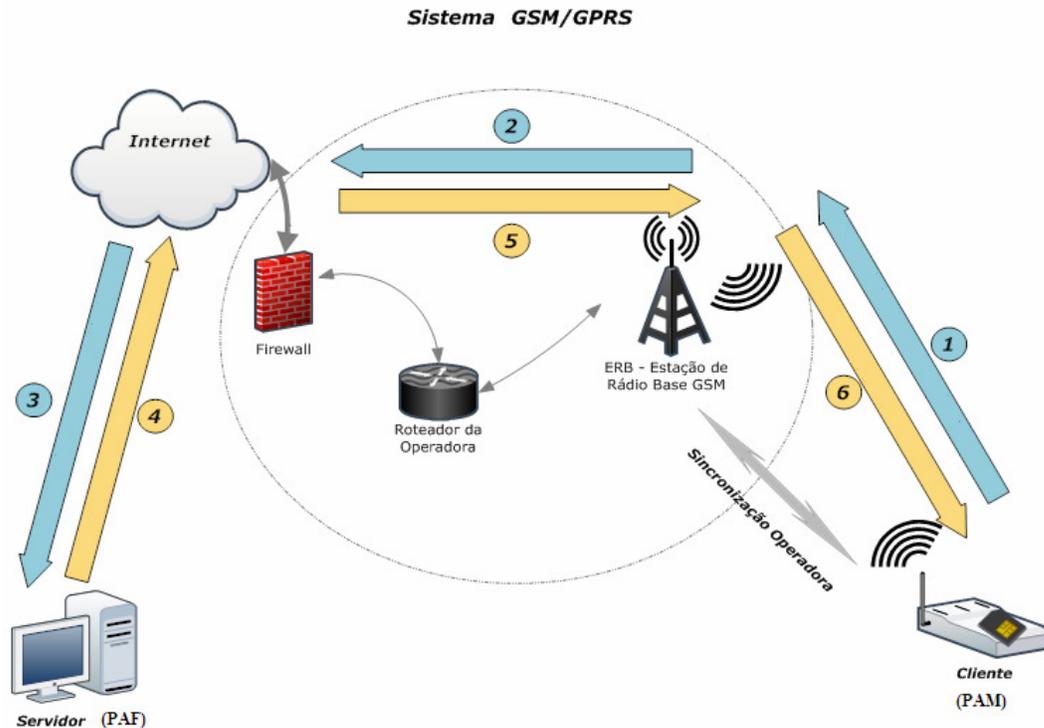


Figura 13 - Sistema de conexão GSM/GPRS

A transmissão dos dados ocorre com as características do protocolo TCP/IP que se encarrega de corrigir e garantir a entrega dos dados, trazendo assim mais confiabilidade para esse tipo de tecnologia, já que todo o processo de transmissão contém o recebimento de uma mensagem de confirmação de sua entrega, tanto no sistema do PAM como no do PAF.

No caso de haver falha no GSM, o *ZigBee* é acionado para enviar os dados correntes do ciclo que já estão armazenados na tabela de dados do *datalogger*. O sistema *ZigBee* foi configurado no rádio transmissor *Xtend* para enviar os dados com 5 tentativas de conexões. Caso a transmissão fique fora da área de cobertura, o sistema falha e não envia os dados.

A Figura 14 mostra, de forma simples, a comunicação entre o PAM e PAF com o envio dos dados pelo sistema *ZigBee*. A estrutura de comunicação representa ser mais simples que a GSM por ser uma infra-estrutura própria direta sem a utilização de replicadores ou roteadores. Outros equipamentos retransmissores podem ser agregados a esta estrutura oferecendo uma área de abrangência maior, até mesmo fora da propriedade rural.

As operações destinadas a comunicação entre os pontos são:

- 1) Estabelecer conexão e envio do Pacote de Dados
- 2) Receber uma requisição de reenvio de Pacote

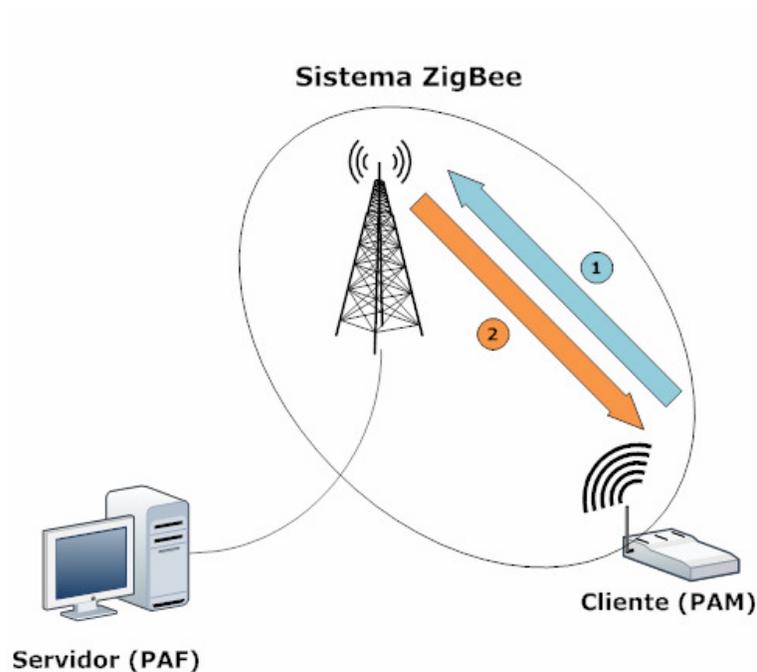


Figura 14 - Comunicação entre o PAM e o PAF pela transmissão *ZigBee*

Os dados obtidos dos sensores, antes de serem entregues no servidor (PAF), são encapsulados em forma de pacotes de dados, recebendo um cabeçalho e um rodapé de controle para garantir a fidelidade das informações. O encapsulamento proposto possui as características técnicas já conhecidas em protocolos como o TCP/IP.

O pacote a ser transmitido consiste em uma *string* que contém caracteres identificadores de início e fim, como # e @, e uma definição de duas partes, a primeira destinada a um cabeçalho e a segunda aos dados coletados. No cabeçalho constam, além do caracter de início, informações sobre a integridade do pacote, como a definição do tamanho completo da *string* e a identificação se é uma mensagem original ou um reenvio, pedido pelo PAF. O corpo do pacote contém os dados dos sensores e pode ter até 300 caracteres.

A Figura 15 apresenta a composição do pacote de dados.

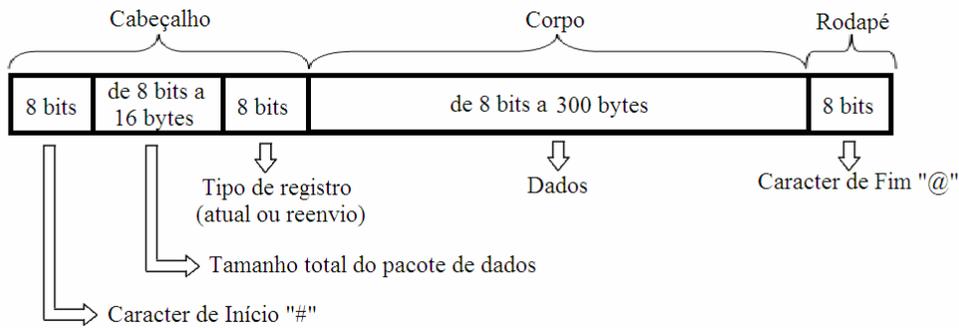


Figura 15 - Composição do pacote de dados

As Figuras 16 e 17 mostram exemplos de pacotes. A primeira contém o pacote inteiro com dados de sensores do tanque de combustível (pulsos), sensores das quatro rodas e GPS. A segunda figura destaca o corpo do pacote e possui dados de consumo de combustível, altura da plataforma de corte da colhedora e GPS.

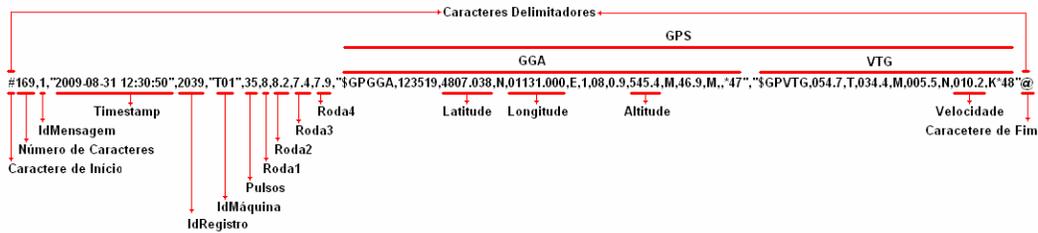


Figura 16 - Identificação de todos os campos do Pacote de Dados

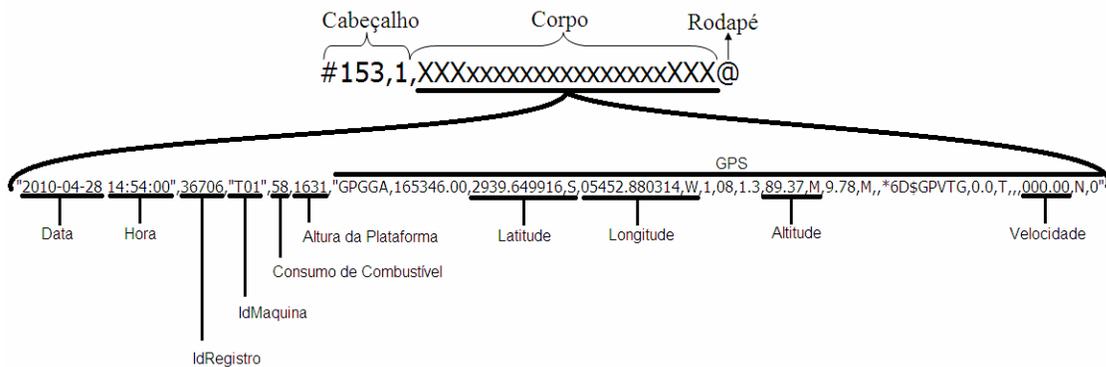


Figura 17 - Identificação do Corpo do Pacote de Dados

3.2.2 Resumo do fluxo do *software* do PAM

O sistema do *datalogger* inicia seu processamento pelo reconhecimento das portas seriais onde estão conectados o modem GSM e o rádio transmissor *Xtend*, seguindo com a inicialização do modem GSM/GPRS com as configurações da operadora, usuário e senha. Na seqüência, verifica se existe sinal para sincronização com a operadora e então tenta sincronizar. Depois de pronto, conecta com o servidor através do protocolo TCP/IP para transmitir os dados.

Após esta etapa inicial, o sistema entra em um ciclo de coleta mantendo sempre a prioridade para a comunicação entre o *datalogger* e os sensores, armazenando os dados em uma tabela local, iniciando assim no mesmo ciclo, o envio dos dados pelo sistema de conexão cliente-servidor com o protocolo TCP/IP. Ainda no ciclo, o sistema envia os dados e verifica se existe algum pedido para retransmissão de dados perdidos ou falhos, fazendo assim sua retransmissão.

Em caso de falha, desconexão com o servidor ou falta do sincronismo com a operadora, o sistema retoma os processos iniciais para garantir a reativação da transmissão, já que os dados dos sensores continuam a ser coletados.

3.2.3 Funcionalidades do PAF

As funções lógicas do PAF foram implementadas em um computador servidor e estão divididas em três, Função de Integração, Função de Validação e Função de Reenvio.

3.2.3.1 Função de integração

A função de integração gerencia o recebimento dos pacotes de dados, que podem chegar tanto pelo GSM quanto pelo *ZigBee*. Para o GSM, existe uma porta lógica aberta. A cada chegada de informação referente a esta porta o *software* é notificado. No *ZigBee*, o controle de chegada de informação é detectado através da leitura feita no *buffer* da porta serial, onde está conectado o rádio transmissor *XTend*. O *software* faz essa leitura de 1 em 1 segundo.

Quando há um atraso na chegada de uma informação ocorre um acúmulo das entregas. A função de integração as identifica e as organiza para repassar para a função de validação.

Também, todos os registros recebidos devem ser únicos, não podendo ser duplicados. A duplicação pode ocorrer em caso de retransmissão, chegando mais de um pacote correspondente ao mesmo registro. Assim, através da verificação em um banco de dados, as duplicatas são descartadas.

3.2.3.2 Função de validação

A validação dos dados é muito importante em qualquer aplicação, fazendo com que se enquadrem em determinadas regras. Sua proposição é realizar verificações para avaliar se os valores transmitidos em um registro estão exatos (exatamente como foram coletados nos sensores), completos (sem faltar qualquer parte da informação) e logicamente consistentes (com seu conteúdo correspondente a função de coleta dos sensores).

Devido às várias conversões pelas quais os dados passam na trajetória percorrida entre sensores/*datalogger* e na comunicação por portas seriais e meios de transmissão, desde a sua coleta até a chegada no servidor, o pacote de dados pode apresentar falhas na integridade da informação.

Ao receber a informação repassada pela função de integração, a função de validação confere o pacote de dados com a finalidade de autenticar sua exatidão. Os pacotes identificados como válidos são armazenados no banco de dados, enquanto que aqueles que apresentam falha, são descartados. Para tal, o pacote, cuja composição está demonstrada na seção 3.2.1, é desmontado, sendo feita a conferência de cada parte.

As validações realizadas no pacote transmitido, mostradas no Quadro 2, são a integridade da *string*, que verifica se o seu tamanho corresponde ao valor fornecido no cabeçalho; a integridade da cadeia recebida, que confere os caracteres de início e fim determinando que o pacote chegou inteiro; a integridade de tipo, que quebra a *string* em campos para analisar o seu tipo; validação de intervalo, que verifica se o valor de cada campo está dentro do intervalo de valores válidos para ele; validação de formato, que permite a análise do formato determinado para o dado; e a validação de tabela, que verifica se o dado está presente em uma tabela.

Tipo de validação	Descrição	Exemplo	OBS
Integridade da <i>string</i>	Define o tamanho da <i>String</i> (Pacote)	Tamanho - Length (<i>String</i>)	
Integridade da cadeia recebida	Início da <i>String</i> - # Fim da <i>String</i> - @	# <i>String</i> de dados@	
Integridade de Tipo	Quebra a <i>String</i> em partes para analisar o formato dos dados correspondentes	IDmaquina - <i>String</i> Registro – Inteiro Tensao – Inteiro Data – Data Hora – hora Consumo – Inteiro	
Validação de intervalo	Verifica se cada campo corresponde a um intervalo válido para a aplicação	IDmaquina – a00 até z99 Data – 01/2009 em diante Registro > 0 Tensao – 0 até 13	NAN – significa ausência de coleta nos sensores, portanto o dado deve ser tratado como ausente e não falho
Validação de formato	Verifica se o formato está de acordo com o especificado pela aplicação	Data – AAAA-MM-DD, AAAA é o ano com quatro dígitos, MM é o mês com dois dígitos e DD é o dia com dois dígitos, são separados por hífen Hora – HH:MM, HH é a hora com dois dígitos, MM são os minutos com dois dígitos, são separados por dois pontos	
Validação de tabela	Verifica se o dado está presente em uma tabela	IDmaquina – está presente na tabela Máquinas	

Quadro 2 - Validações realizadas no pacote de dados transmitidos

A Figura 18 exemplifica um pacote enviado com falha, onde pode-se identificar caracteres que não fazem parte da coleta.

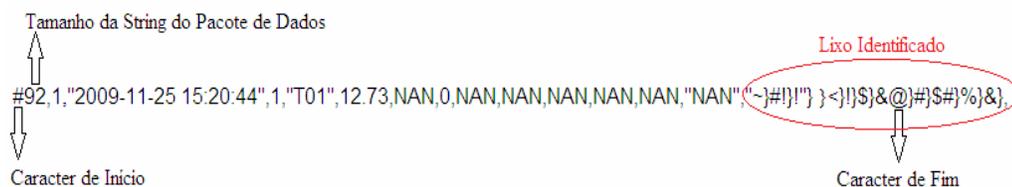


Figura 18 - Pacote de Dados Falho

3.2.3.3 Função de reenvio

A perda de pacotes de dados pode ocorrer por dois motivos, registro não enviado por falha simultânea dos meios de transmissão (GSM e *ZigBee*) e descarte do pacote por estar com erro ou danificado, feito pela Função de Validação.

A Função de Reenvio se encarrega de fazer o pedido de retransmissão dos pacotes definidos como perdidos, analisando a seqüência de registros para identificar a falta de algum. Este sistema, ao identificar registros que faltam e solicitar pedidos de reenvio de dados para o ponto móvel, cria um arquivo de reenvios para organizar a chegada destes dados.

3.2.4 Implementação de testes em campo

O sistema foi testado na Fazenda Buricaci, situada no município de São Francisco de Assis, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A Figura 19 mostra o mapa da fazenda.



Figura 19 - Mapa da Fazenda Buricaci

As operações que possibilitaram o teste foram as colheitas de arroz e de soja, feitas em seis dias do mês de abril de 2010. As colheitas de arroz aconteceram nos dias 14 e 15, dois primeiros, e 28 e 29, dois últimos dias de experimentação, em um terreno de planície dividido em dois talhões. O primeiro, Talhão I, possui aproximadamente 52 hectares, e o segundo, Talhão II, 70 hectares. A colheita de soja foi nos dois dias intermediários, 16 e 17, em um campo de coxilha de 26 hectares.

A máquina usada na operação foi uma colhedora agrícola modelo *MF 5650*, da marca *Massey Ferguson*, mostrada na Figura 20.



Figura 20 - Colhedora modelo *MF 5650*, da marca *Massey Ferguson*

Os tempos de coleta de dados em cada dia de operação foram aproximadamente cinquenta minutos no primeiro dia, quando o sistema se encontrava ainda em ajustes. Nos outros três dias as colheitas iniciaram por volta das onze horas da manhã, encerrando às dezenove horas, com duração média de oito horas. Nos dois últimos dias (28 e 29), as operações aconteceram à tarde, com duração média de seis horas. Nesses tempos os dados informados pelos sensores foram constantemente transmitidos não sendo consideradas as paradas da máquina, nem os tempos perdidos em manobras ou com descargas de grãos.

As próximas subseções detalham as estruturas utilizadas como PAM e como PAF.

3.2.4.1 Estrutura física do PAM

Para realizar as transmissões de dados foi necessário instrumentar o maquinário agrícola, neste caso a colhedora, com sensores com as funções de medida de consumo de combustível (fluxômetro), altura da plataforma de corte (potenciômetro analógico), definição de posicionamento geográfico e velocidade por meio de um GPS (*Global Positioning System*), e também um *datalogger* modelo CR1000 da *Campbell*. A colhedora recebeu ainda, duas antenas, uma para a transmissão por GSM que foi ligada ao modem SIM 340, e a outra

para a tecnologia *ZigBee*, vinculada ao rádio *Xtend*. Ambos foram então conectados ao *datalogger*.

A Figura 21 representa os equipamentos instrumentados na colhedora, nas respectivas entradas/saídas do *datalogger*, os quais são identificados pela legenda:

- a) potenciômetro (Altura de plataforma);
- b) fluxômetro (Fluxo de combustível);
- c) bateria selada (12 volts);
- d) *datalogger* (CR1000 Campbell);
- e) modem *Xtend* (*ZigBee*);
- f) GPS (Trimble Guidance);
- g) modem GSM (SIM 340 GSM/GPRS);

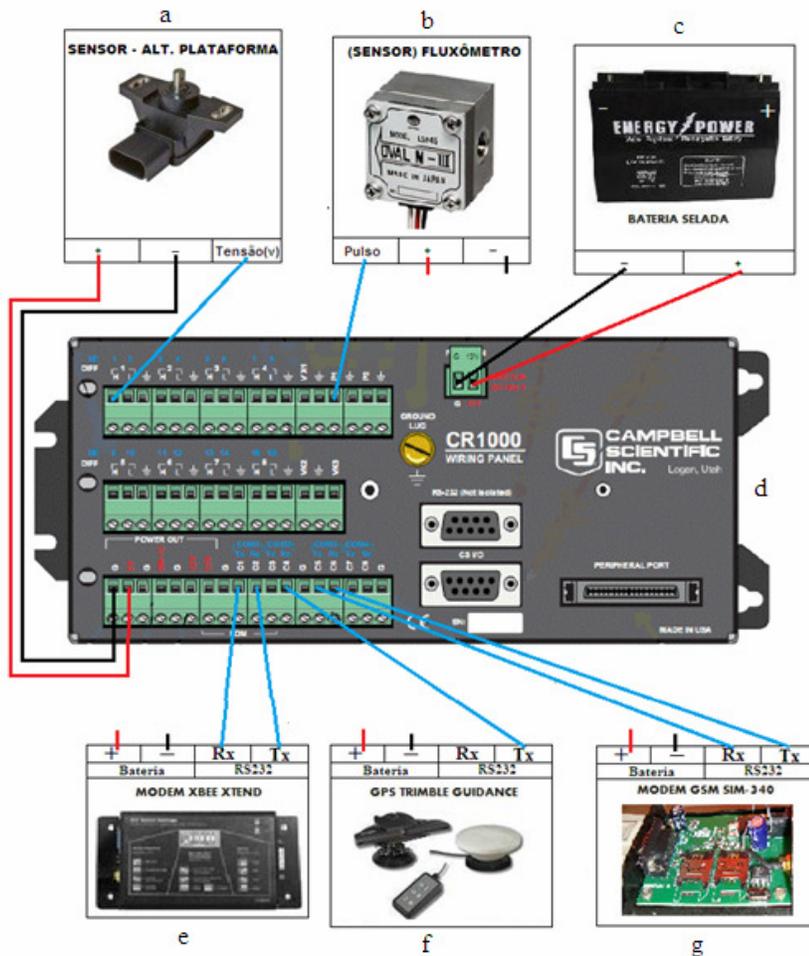


Figura 21 - Esquema de instrumentação dos equipamentos no PAM (a:potenciômetro; b:fluxômetro; c:bateria selada; d:*datalogger*; e:rádio Xtend; f:GPS; g:modem GSM)

A bateria selada de 12 volts (item c da Figura 21) possui dois fios representados por uma linha vermelha para positivo e preta, para negativo. Esta bateria mantém todos os equipamentos mostrados, com exceção do sensor da altura da plataforma de corte (potenciômetro), que tem sua carga abastecida pelo *datalogger*.

O sensor de combustível (item b - fluxômetro) tem uma ligação cabeada na entrada digital de pulsos do *datalogger* (item d), fazendo a contagem de quantos pulsos ocorreram no período de quatro segundos.

O GPS (item f) possui uma ligação serial exclusiva de saída com a entrada do *datalogger*, pois necessita ser previamente configurado com as definições de posicionamento.

Os rádios comunicadores (item e: modem *XBee XTend* e item g: modem GSM SIM 340) mantêm uma ligação com o *datalogger* pela entrada/saída serial (RS 232) para estabelecer comunicação entre os equipamentos.

Os sensores, modems e rádios de transmissão foram devidamente calibrados, ajustados especificamente para a função escolhida desta aplicação.

3.2.4.2 Estrutura física do PAF

O ponto de acesso fixo (PAF) foi montado no centro da propriedade onde existe um silo de armazenamento de grãos, no ponto geográfico de latitude 29,65349°S e longitude 54,88382°W. Ele foi composto por um computador *notebook*, onde foram instaladas as funções lógicas, já descritas.

Para possibilitar as transmissões por GSM, o computador foi ligado à Internet através de um modem da marca Zte, que teve o sinal concentrado com uma antena direcional para melhor estabilidade de conexão, já que o sinal de telefonia móvel é bastante fraco nesta localidade

Para as transmissões por rádio-frequência, o PAF constituiu-se também de uma antena, que foi colocada em cima do silo, a uma altura aproximada de 25 metros do solo (igual a da colhedora), com um rádio *Xtend* ligado nela. O mesmo rádio foi conectado ao computador, por uma entrada serial.

Para fazer a configuração e comunicação do computador com o rádio transmissor *Xtend*, foi instalado no computador o *software* X-CTU do próprio fabricante do rádio, definindo a forma de conexão dos rádios como ponto a ponto e ajustando a potência de transmissão para 1W, e alcance de até 60 km em linha reta, em ambientes abertos.

A Figura 22 mostra o posicionamento do silo, onde foi instalado o PAF, em uma abrangência aproximada de 20 km. A área mais clara na imagem representa o terreno plano, onde a área de cobertura é com visada livre de obstáculos. O relevo de coxilha (acentuado) possui alguns pontos sem visada direta, ditos "cegos".

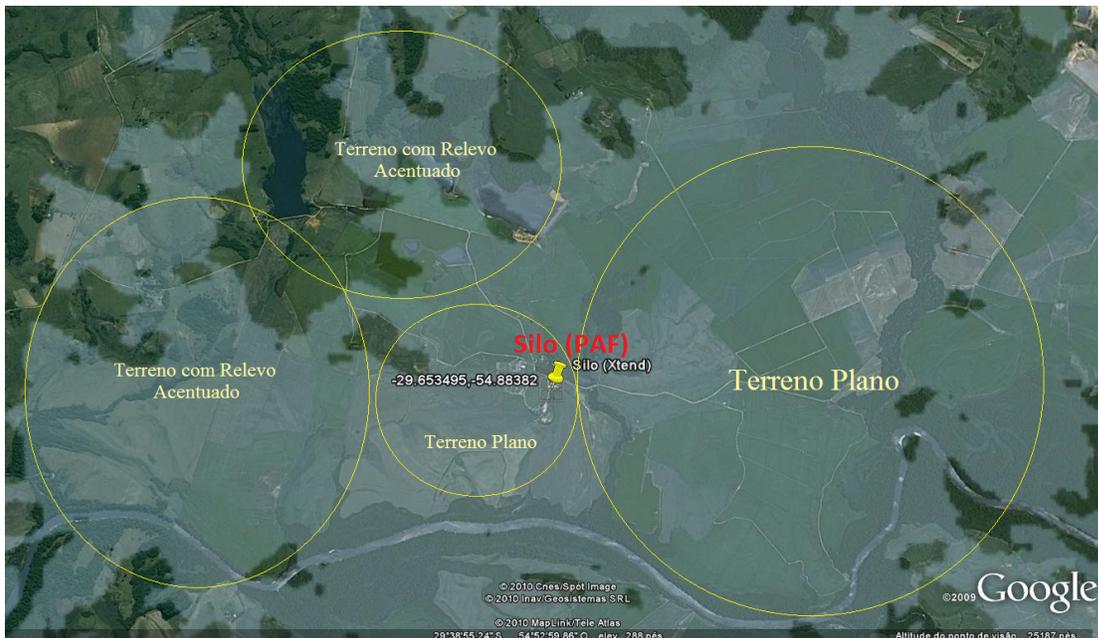


Figura 22 - Abrangência do sistema *Xtend/ZigBee* do PAF (GoogleEarth, 2010)

3.3 Material utilizado pelo G-SADA

O G-SADA é um programa computacional, assim, para sua criação foram usados *softwares*, que serviram de ferramentas de auxílio, computadores *desktop* e *notebooks*, necessários na confecção dos modelos e na implementação do código, e *smartphones*, empregados nos testes.

O sistema foi modelado por meio da *Unified Modeling Language* (UML) (WAZLAWICK, 2004), que é uma linguagem de modelagem que permite a representação dos objetos da aplicação através de uma notação gráfica e a criação de diagramas padronizados. Os diagramas utilizados foram o Diagrama de Casos de Uso e descrições dos casos de uso,

para as funções, o Diagrama de Classes, para os dados e seus relacionamentos e o Diagrama de Sequência que mostra as classes que estão interagindo para que uma função dê a resposta solicitada. Além disso, usou-se o Modelo Entidade-Relacionamento para fazer a modelagem da base de dados (MACHADO, 1996).

Os diagramas desenvolvidos na modelagem do sistema foram feitos utilizando-se o JUDE, versão 5.5, *software* de domínio público que permite criar as representações da UML. Para determinação do modelo da base de dados foi usada a ferramenta DBDesign.

A implementação foi feita por meio do ambiente de programação Java *Enterprise Edition* (EE), que se aplica no desenvolvimento para a *web*, com páginas dinâmicas e consultas a banco de dados, e o banco de dados PostgreSQL 8.4, para persistência dos dados. Como servidor de aplicações *web*, utilizou-se o Tomcat 6.

3.4 Considerações finais

O presente capítulo apresentou o material e os métodos aplicados na criação dos dois módulos que compõem o SADA.

O T-SADA se utilizou de sensores, *datalogger*, rádios-transmissores e antenas, empregados na transmissão dos dados referentes a consumo de combustível, altura da plataforma de corte, velocidade e posição geográfica de uma colhedora (ponto de acesso móvel) para um computador *notebook* (ponto de acesso fixo), localizado no centro da fazenda (em lugar estratégico).

O G-SADA, por ser um *software*, fez uso de ferramentas computacionais, computadores e dispositivos móveis, como *smartphones*, na criação de seus modelos, desenvolvimento do código e testes.

Considerando as várias formas de transmissão de dados apresentadas na revisão de literatura, escolheu-se o *ZigBee* e o GSM/GPRS para serem usados nesta aplicação levando-se em conta que os dois meios se caracterizam por se adaptarem bem à transmissão de pacotes pequenos e por possuírem custos de implantação compatíveis com o projeto.

Apesar do *ZigBee* ter sido proposto inicialmente para cobrir pequenas distâncias (até 500 m), esse problema pode ser superado através do uso de tecnologias de rádios transmissores/receptores de maior alcance (até 64 km), com lançamento recente no mercado, que é o caso do *Xtend*, rádio-transmissor usado.

Uma forma simples para transmissão de informações por um sistema de telemetria usando GSM é o SMS, que possibilita o envio de mensagens curtas de forma rápida. Neste caso, como a coleta de dados de sensores deve se dar a cada 4 segundos, o número de informações em uma operação agrícola é grande (média de 900 coletas/hora), o que eleva o custo da transmissão que é feito pelo número de mensagens (pacotes) enviadas. Assim, optou-se pelo GPRS, que permite recursos de conexão com a *Internet* para o envio de dados.

O modem GSM escolhido foi o modelo SIM340, fabricado pela SIMCOM, por ser um produto melhor documentado e possuir representação no Brasil.

Foi determinado um tempo de quatro segundos entre uma leitura de sensores e outra, em função do tempo necessário para a execução das rotinas dos *softwares* de transmissão, implementadas no *datalogger*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões estão divididos em sub-seções onde inicialmente é tratado o SADA como o sistema global e, posteriormente, suas partes, o T-SADA e o G-SADA.

4.1 O sistema SADA

O SADA permite ao gerente do agronegócio fazer o controle operacional da máquina agrícola pelo acompanhamento do seu desempenho.

O sistema foi modelado e desenvolvido para fazer a transmissão de dados sem fio a partir de um repositório de dados (*datalogger* CR1000), que armazena os dados coletados dos sensores implantados na máquina agrícola, permitindo que o gerente/operador possa receber informações para o gerenciamento/controlado da máquina.

Suas características são:

- coletar dados *on-line*, de forma automatizada;
- dar o retorno das informações em tempo-real;
- ser desenvolvido para servidor, podendo ser acessível através de qualquer computador com acesso à internet, até mesmo um dispositivo móvel, como telefone celular ou *smartphone*, possibilitando a mobilidade do usuário;
- o retorno das informações é dado:
 - Para o gerente ou proprietário, com acesso por qualquer tipo de computador,
 - Para o operador da máquina, através de mensagens de alerta para o telefone celular, que só recebe, não interagindo diretamente;
- as informações ao gerente serem fornecidas em forma de gráficos e mapas, facilitando a sua visualização e interpretação;
- ser pró-ativo, ou seja, sem necessidade de solicitação prévia, emitindo alertas sobre a existência de possíveis erros na operação da máquina. Desta forma, o sistema auxilia na redução de problemas decorrentes de operadores não preparados, assim como diminui a ocorrência de despesas que podem ser percebidas e evitadas;
- sua utilização não requer especialização ou conhecimentos específicos dos produtores rurais, nem dos operadores das máquinas.

- a exigência para o usuário trabalhar com o sistema é possuir um computador com acesso à internet.

4.2 O sistema T-SADA

A telemetria têm se tornado uma tecnologia com reconhecido potencial na coleta remota de dados. Os sistemas de telemetria permitem que características de objetos, como tratores ou colhedoras, sejam obtidas e os valores transmitidos a uma estação distante, onde podem ser processados e analisados (SILVA, 2005).

O T-SADA coleta os dados dos sensores da máquina agrícola e os transmite, sem a utilização de cabos ou fios, para um computador servidor, de forma *on-line* e transparente ao operador. Nele é definida uma forma de comunicação que mantêm um sincronismo entre a base de dados (computador servidor) e a coleta de informações na máquina agrícola (*datalogger*), que se encontra em movimento constante.

Para que o sistema garanta a entrega da informação de forma íntegra e com a correção de problemas enfrentados na transmissão e/ou falhas no meio de transmissão, ele tem redundância de transmissão e é tolerante a falhas.

O termo redundância no escopo deste trabalho consiste na repetição ou duplicação, cuja função é garantir a execução e a comunicação, apesar da existência de possíveis falhas de transmissão. A redundância do T-SADA é obtida pelo emprego de duas tecnologias de transmissão, ou seja, duas redes que funcionam independentemente uma da outra, que são estrutura de telefonia celular e rádio-frequência, utilizadas de forma a garantir o envio dos dados. Se um meio perde a conexão, o outro passa a transmitir.

Já a tolerância a falhas é a técnica que permite manter a integridade e a segurança dos dados do sistema, que continuará a executar com dados corretos mesmo na presença de falhas (SALDANHA, 2005).

4.2.1 Funcionamento do T-SADA

Os equipamentos de telemetria, no T-SADA, funcionam de maneira independente da máquina agrícola. Além da chave de ignição do maquinário, existem outras duas chaves, uma para acionar o *datalogger* e outra, para os demais equipamentos de transmissão.

Ao ligar o maquinário ocorre uma oscilação grande da bateria (pico no consumo de energia), assim é aconselhável que a máquina agrícola seja ligada antes do sistema de transmissão de dados. Desta forma são evitados danos nos equipamentos eletrônicos.

As transmissões acontecem mesmo com a máquina parada. Neste caso os dados enviados são valores nulos.

Na hora de desligar as máquinas não existe descarga de energia, assim não importa quem é desligado primeiro.

4.2.2 Resultados e discussões dos testes

Para sistemas de comunicação, em geral, e para sistemas sem fio, em particular, a experiência mostra que os resultados de simulação nem sempre correspondem aos obtidos em implementações reais. A simulação normalmente se baseia em modelos simplificados não representando situações que surgem quando se implementa a proposta em um ambiente real (MOREIRA, 2009).

Os testes de transmissão foram realizados no período de seis dias, em ambiente real, nas colheitas de duas culturas, o arroz e a soja.

A diferença das culturas determinou os tipos de relevos dos talhões que influenciaram diretamente na infra-estrutura e na análise das falhas das transmissões. Os talhões onde foi plantado o arroz estão em uma planície, que possibilita visada direta (sem obstáculos) na transmissão por rádio-frequência (*ZigBee*), enquanto que os talhões de soja são coxilhas, sem visada direta em determinados pontos, ditos pontos "cegos".

O tempo em que a máquina trabalhou em cada dia não foi o mesmo, ocasionando assim números diferentes de registros transmitidos por dia.

No primeiro dia de teste (cultura do arroz) não foi realizada nenhuma transmissão com o sistema GPRS, em função da baixa presença de sinal GSM na localidade, identificada através do telefone celular e do modem instalado no computador *notebook*. A falta de sinal ocasionou a instabilidade da conexão com o sistema GPRS.

No segundo dia, ainda devido a falta de sinal de telefonia móvel, poucos dados foram transmitidos pelo sistema GSM. De um total de 2.749 registros, apenas 9,31% foram recebidos por GSM/GPRS, ou seja 256 registros.

Na cultura da soja, mesmo com a característica de terreno irregular, podendo apresentar locais sem comunicação através de rádio-frequência, o comportamento foi similar, ou seja, o *ZigBee* funcionou de forma satisfatório, possibilitando o envio dos dados. No

primeiro dia de coleta nesta cultura houve um total de 707 pacotes transmitidos, dos quais 508 foram por *ZigBee* e 199, por GSM/GPRS, correspondendo à 28,15% deste total.

Nos demais dias não houve constatação da presença da tecnologia GSM. Assim, por ser redundante, através da tecnologia *Xtend/Zigbee*, o sistema garantiu a transmissão dos registros coletados dos sensores e não enviados pelo sistema GSM.

Em cada cultura foram feitos testes com duas operadoras de telefonia celular para a transmissão da tecnologia GSM/GPRS. A intenção na troca de operadora foi mostrar que as transmissões com essa tecnologia aconteceram de forma precária por falta de sinal e não por problema de operadora.

O gráfico da Figura 23 mostra um resumo dos comentários feitos.

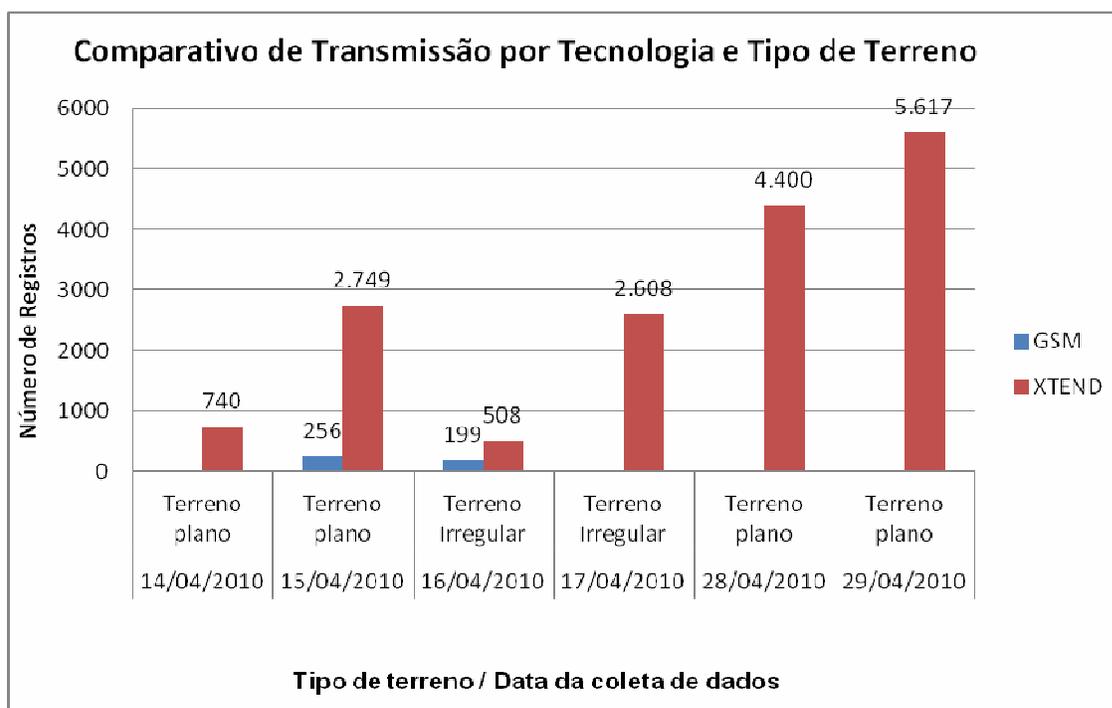


Figura 23 - Comparativo de Transmissão por Tecnologia e Tipo de Terreno

A Função de Reenvio, instalada no PAF, permite que pacotes de dados perdidos sejam recuperados. Analisando o comportamento do sistema pode-se constatar que, pelo *ZigBee*, de 13.133 registros recebidos, 11.572 foram enviados somente uma vez e 1.561 foram por pedido de reenvio, enquanto que no GSM, de 199 registros, 192 foram primeira vez e 7, reenvio. Pelos valores apresentados no gráfico da Figura 24 nota-se que o número de reenvios solicitados pelo *ZigBee* é bastante maior que no GSM, 1.561 contra 7. Isso não significa que a

transmissão via *Xtend* é instável, mas está relacionado diretamente com a quantidade de dados transmitidos, que foi quase que totalmente pelo *ZigBee*.

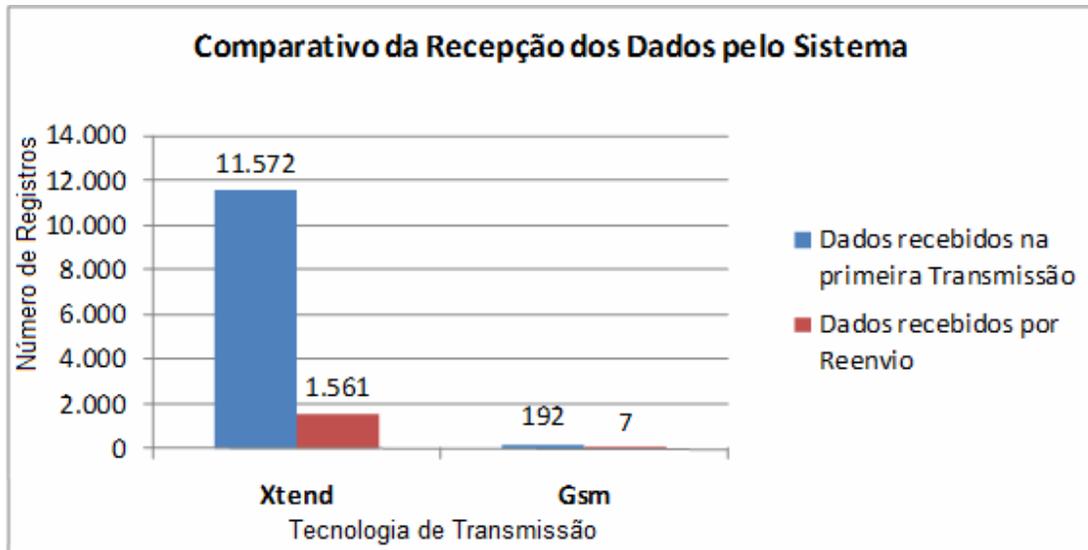


Figura 24 - Comparativo da Recepção dos Dados pelo Sistema

Com relação a solicitações de reenvio não respondidas, o gráfico da Figura 25 mostra que, quase em sua totalidade, os registros pedidos por reenvio foram recebidos, considerando a exceção de 3 solicitações via *ZigBee*, que representam 0,19% do total. Este valor é considerado insignificante levando em conta a quantidade de registros, não resultando em prejuízo para análise das informações.

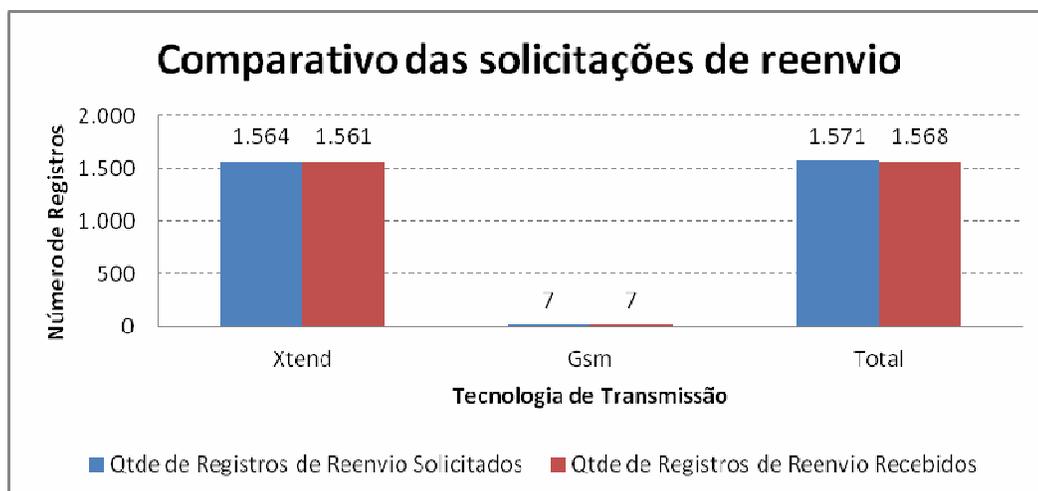


Figura 25 - Comparativo das Solicitações de Reenvio

Outro comentário importante a ser feito é que o *software* desenvolvido para o PAF deve estar sempre ativo, esperando a chegada de um pacote de dados enviado pelo PAM. A tarefa da Função de Integração é detectar e receber os dados, mas ela não consegue mostrar qualquer tipo de informação referente às transmissões. Assim, para acompanhar os testes e processos de transmissões realizados foi desenvolvida uma interface que pode ser executada em segundo plano, ilustrada na Figura 26. Sua utilização é opcional, pois ela não interfere no sistema de transmissão, mas permite o monitoramento do envio dos dados em tempo real.

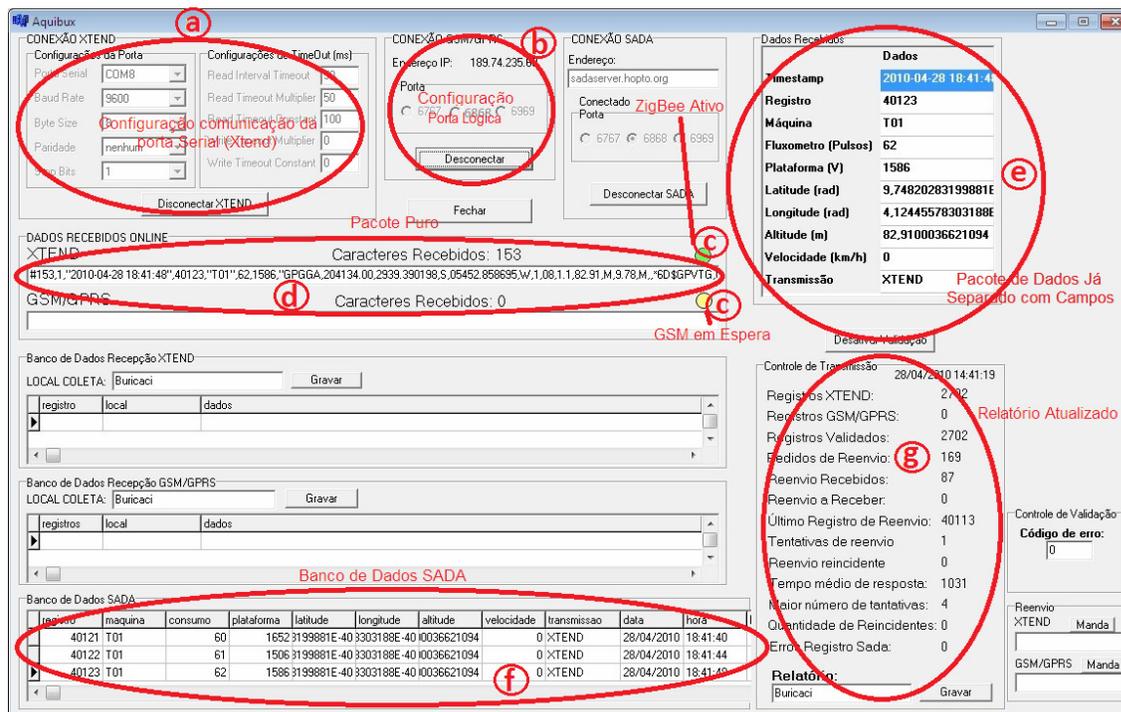


Figura 26 - Interface do sistema PAF (a:configurações de conexão *Xtend*; b:configurações de conexão GSM/GPRS; c:estado da conexão; d:pacote de dados no formato puro; e:dados separados; f:BD do G-SADA; g:relatório das funções)

A interface oferece uma visão sobre o estado da conexão, que pode estar em espera, desligada ou ativa. É apresentado também o pacote puro recebido, as opções de alteração na configuração das formas de aquisição, um relatório atualizado das atividades ocorridas de todas as funções, assim como o destaque das informações detalhadas pelos campos e uma visualização dos dados inseridos no banco de dados do G-SADA.

A seguir é feito um resumo da explicação, vinculando a letra de identificação da Figura 26 com os itens:

- a) Configurações de conexão *Xtend/ZigBee*;
- b) Configurações de conexão GSM/GPRS com definições da porta lógica;
- c) Estado da conexão, que pode estar em espera (com a cor amarela), inativa (com a cor vermelha) ou ativa (com a cor verde);
- d) Pacote de dados recebido ainda no formato puro (*String*);
- e) Dados separados e validados pelo sistema;
- f) Banco de Dados do G-SADA;
- g) Relatório atualizado das atividades ocorridas de todas as funções.

O ponto de acesso fixo (PAF) foi instalado na fazenda, mas não precisaria obrigatoriamente estar lá. A tecnologia GSM já transmite os dados diretamente pela *Internet*, permitindo que o computador servidor esteja em qualquer lugar. Para se fazer o mesmo pelo *ZigBee*, é necessário usar replicadores de sinal. A extensão do sinal se dá através de antenas e rádios transmissores, como o *Xtend* com alcance de até 60 km em área aberta e com visada livre de obstáculos. No caso deste projeto, como os sinais de telefonia móvel são precários na localidade dos testes, mesmo pelo GSM é preciso que se faça a contratação de serviço especializado para melhorá-lo. Em caso contrário a transmissão pela *Internet* não ocorre.

4.2.3 Análise dos dados coletados pelos sensores

O fluxômetro é um sensor que mede fluxo, emitindo pulsos conforme o fluxo de combustível consumido. Cada pulso corresponde a 1 mililitro (mL) de volume deslocado por segundo. Como a unidade de medida do consumo de combustível é litros/hora (L/h), para transformar os pulsos em L/h usa-se a fórmula:

$$Cc = \frac{3,6}{t} * p$$

Onde:

Cc = consumo de combustível entre uma coleta de pulsos e outra (L/h);

p = pulsos gerados pelo fluxômetro no intervalo de coleta;

t = intervalo de tempo entre as coletas de pulsos. Neste projeto usou-se 4 segundos.

O potenciômetro é o sensor que captura a altura da plataforma de corte. Ele retorna os valores em miliVolts (mV), que variam entre 1.500 mV, quando a plataforma de corte está no

chão (0 cm), e 3.000 mV, quando a plataforma está na sua altura máxima (50 cm do solo). Para transformar os valores intermediários de mV para a altura em centímetros usou-se os sistemas lineares, que permitem fazer a correspondência da diferença de limites, conforme relação abaixo:

$$\frac{X_{cm} - L_{mim_cm}}{X_{mV} - L_{min_mV}} = \frac{L_{max_cm} - L_{mim_cm}}{L_{max_mV} - L_{min_mV}}$$

Onde:

X_{cm} = valor qualquer em cm

X_{mV} = valor qualquer em mV

L_{min_cm} = limite mínimo da escala em cm (0 cm)

L_{max_cm} = limite máximo da escala em cm (50 cm)

L_{min_mV} = limite mínimo da escala em mV (1.500 mV)

L_{max_mV} = limite máximo da escala em mV (3.000 mV)

Substituindo-se as variáveis pelos valores conhecidos e isolando-se o valor em cm que precisa ser determinado, obtém-se a fórmula que foi aplicada nas transformações.

$$X_{cm} = \frac{50}{1500}(X_{mV} - 1500)$$

O GPS fornece a velocidade em km/h, não necessitando de transformação.

A Tabela 3 mostra um exemplo dos dados fornecidos pelos sensores antes de passarem pelas fórmulas de transformação de unidades, transferidos para uma planilha no Excel. As colunas de dados apresentados são respectivamente o número do registro transmitido, a data e a hora de transmissão, a identificação da máquina, o consumo de combustível dado em quantidade de unidades de pulsos, a altura da plataforma de corte, cuja unidade é mV, a latitude, longitude e altitude, dadas em radianos, e a velocidade, em km/h.

Tabela 3 - Dados transmitidos pelos sensores antes das transformações de unidades

Reg.	Data Hora	Máq.	Consumo	Plataforma (mV)	Latitude	Longitude	Altitude	Velocidade (km/h)
5650	2010-04-14 22:25:04	T01	32	2193,0000000	0,5176423	0,2190487	83,3199997	0
5651	2010-04-14 22:25:08	T01	33	2188,0000000	0,5176420	0,2190487	83,3099976	0
5652	2010-04-14 22:25:12	T01	33	2170,0000000	0,5176417	0,2190487	83,2900009	0
5653	2010-04-14 22:25:16	T01	32	2189,0000000	0,5176408	0,2190489	83,2200012	2,4200008
5654	2010-04-14 22:25:20	T01	33	2194,0000000	0,5176339	0,2190491	82,9700012	2,4600004
5655	2010-04-14 22:25:24	T01	32	2194,0000000	0,5176321	0,2190493	82,9000015	2,2200003
5656	2010-04-14 22:25:28	T01	32	2190,0000000	0,5176312	0,2190496	82,8199997	2,4200008
5657	2010-04-14 22:25:32	T01	33	2179,0000000	0,5176303	0,2190498	82,8600006	2,3499999
5658	2010-04-14 22:25:36	T01	32	2194,0000000	0,5176294	0,2190500	82,8600006	2,5099999
5659	2010-04-14 22:25:40	T01	32	2185,0000000	0,5176287	0,2190502	82,9300003	0
5660	2010-04-14 22:25:44	T01	33	2192,0000000	0,5176280	0,2190504	82,9400024	0
5661	2010-04-14 22:25:48	T01	32	2192,0000000	0,5176272	0,2190507	82,8899994	2,4100009
5662	2010-04-14 22:25:52	T01	33	2194,0000000	0,5176265	0,2190509	83,0199966	0
5663	2010-04-14 22:25:56	T01	32	2189,0000000	0,5176259	0,2190510	83,0199966	2,0199998

Após serem feitas as transformações dos valores, os mesmos foram analisados considerando-se os talhões, as culturas e as datas de operação.

Pela dificuldade em encontrar publicações relativas aos valores a serem utilizados como referência de consumo de combustível, velocidade e altura da plataforma de corte nas operações agrícolas, os mesmos foram determinados através de experiências práticas de pessoas que realizam as operações agrícolas no seu cotidiano, engenheiros agrônomos e engenheiros agrícolas que compõem a equipe do NEMA, e por prospectos de máquinas. Para o consumo de combustível considera-se apenas o tipo e modelo da máquina agrícola. Os valores aplicados como referência para a colhedora *MF 5650* foram entre 27 e 29 litros/hora. A velocidade e a altura de plataforma de corte levam em consideração a operação e a cultura. Na velocidade o valor mínimo para o arroz foi 1,5 km/h, e o máximo, 2,0 km/h, e para a soja foi 5,0 km/h. Para a altura da plataforma de corte o valor mínimo recomendado é de 10 cm e o máximo, 15 cm, para o arroz, e 2 cm, para a soja.

Nos dois primeiros (14 e 15/04) e nos dois últimos (28 e 29/04) dias de teste, a colheita foi de arroz, em talhões diferentes, Talhão I e Talhão II respectivamente. Para examinar a altura da plataforma de corte nesses dias foi feito um comparativo entre os dados

fornecidos pelo sensor, confrontando-os também com a altura máxima aceitável, já que a cultura é a mesma e os talhões possuem relevo semelhante (plano). O gráfico da Figura 27 mostra que a altura da plataforma de corte variou entre 0 cm (rente ao solo) e 24 cm aproximadamente. Considerando que a altura máxima recomendada é de 15 cm, pode-se perceber que no início dos dois primeiros dias de operação (14 e 15/04) a altura da plataforma de corte estava elevada. A altura da plataforma de corte predominante, usada nesses dias de operação, foi de aproximadamente 7 cm, abaixo do limite recomendado.

A colheita da soja se deu nos dias 16 e 17 de abril de 2010. A análise feita nos dados coletados pelo sensor da altura da plataforma de corte (potenciômetro) nesses dias (gráfico da Figura 28) mostra que a altura predominante da plataforma foi abaixo do padrão recomendado (2 cm), mas com bastante variação, alcançando alturas de até 24 cm. Essa variação se explica pela irregularidade do relevo. O sensor é calibrado rende ao solo (0 cm) e sempre que ocorre uma variação brusca do terreno pode haver as distorções da altura da plataforma.

Para examinar os dados relativos ao consumo de combustível foram montados gráficos onde cada ponto corresponde à média de consumo em cada quinze minutos de operação. Fez - se então um comparativo dos dias de colheita com o consumo máximo aceitável, que é de 29 L/h para a máquina utilizada, tanto no arroz (gráfico da Figura 29) quanto na soja (gráfico da Figura 30). Na média, nenhum dos dias ultrapassou o valor máximo aceitável em qualquer das culturas. No dia 15 de abril houve uma variação maior dos valores, demonstrando que a máquina teve períodos mais longos de parada. A média de consumo de combustível foi de aproximadamente 26 L/h no arroz. Na soja, a média foi um pouco mais alta, 27 L/h e os momentos de maior consumo alcançaram o máximo aceitável de 29 L/h.

Os dados de velocidade ficaram prejudicados porque o GPS utilizado não consegue informar valores abaixo de 2 km/h, repassando zero sempre que isso acontece. Apesar disso, montou-se gráficos de velocidade média onde cada ponto é correspondente à média de quinze minutos de operação. No arroz (gráfico da Figura 31) a velocidade foi bastante abaixo da máxima aceitável, que é de 2 km/h, mantendo-se em grande parte do tempo em 0,1 km/h. Na soja (gráfico da Figura 32) as velocidades são maiores e a média se manteve entre os 2 km/h e 3 km/h, com um curto intervalo de tempo (aproximadamente 10 minutos) onde foi ultrapassado o valor máximo aceitável de 5 km/h, alcançando o valor de 5,5 km/h.

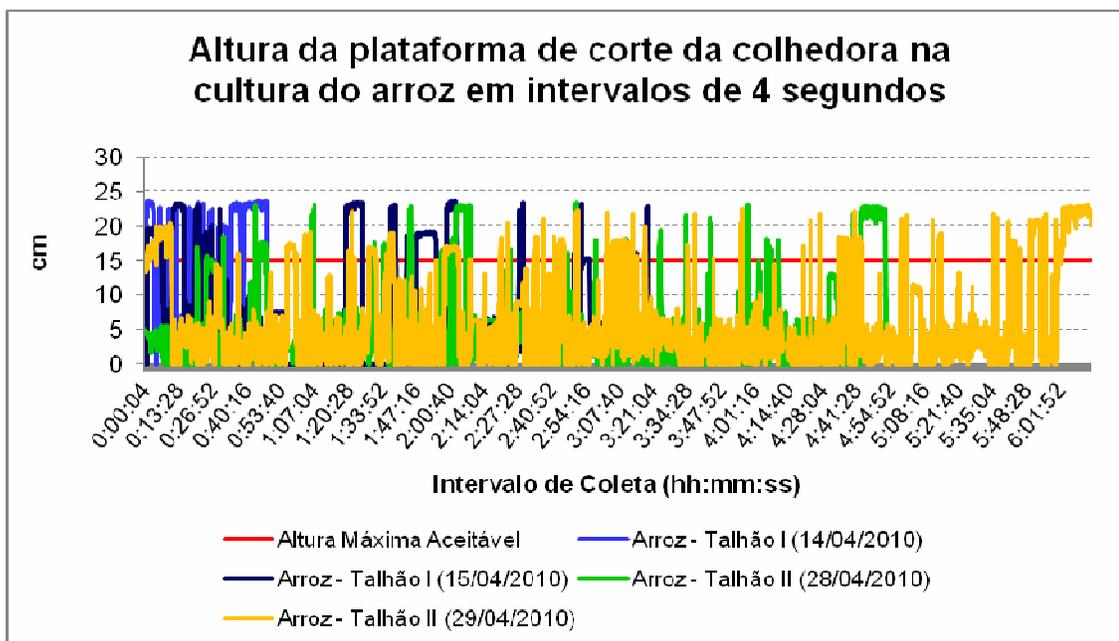


Figura 27 - Altura da plataforma de corte na cultura do arroz

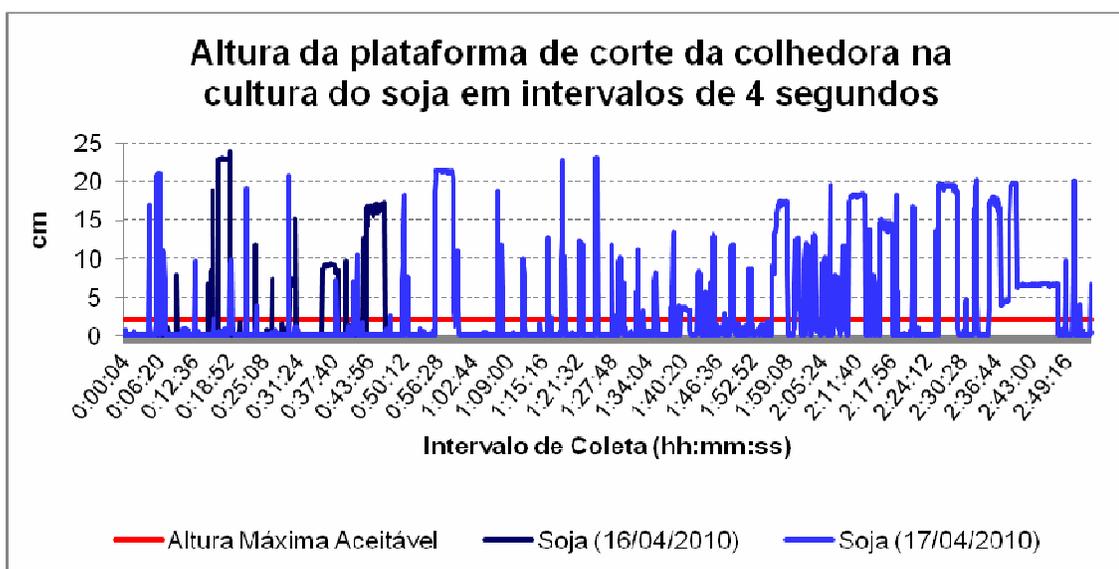


Figura 28 - Altura da plataforma de corte na cultura da soja

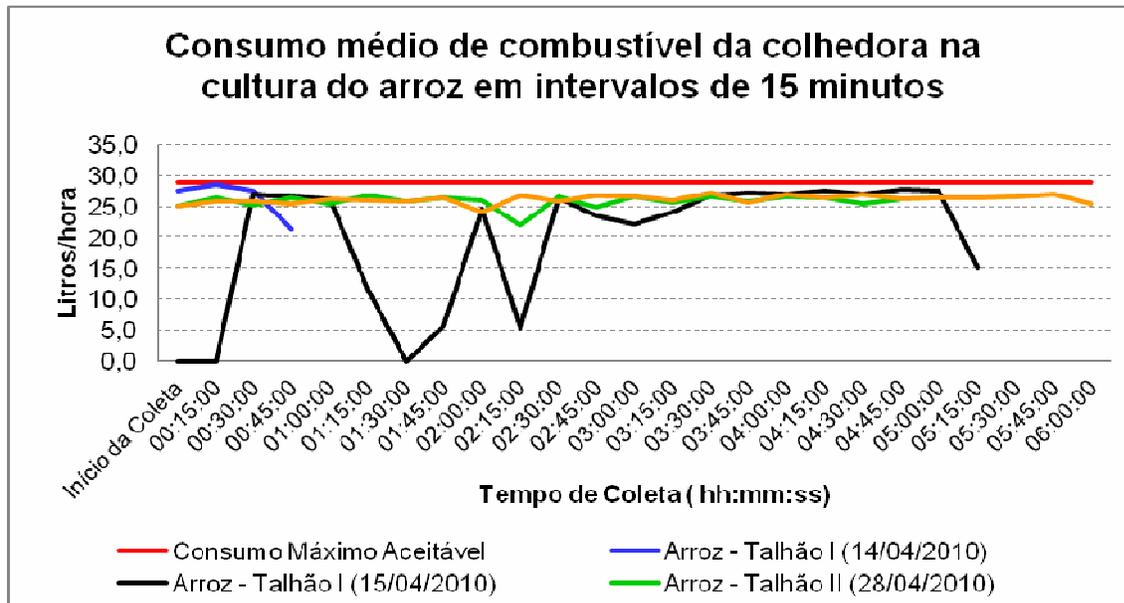


Figura 29 - Consumo médio de combustível na cultura do arroz

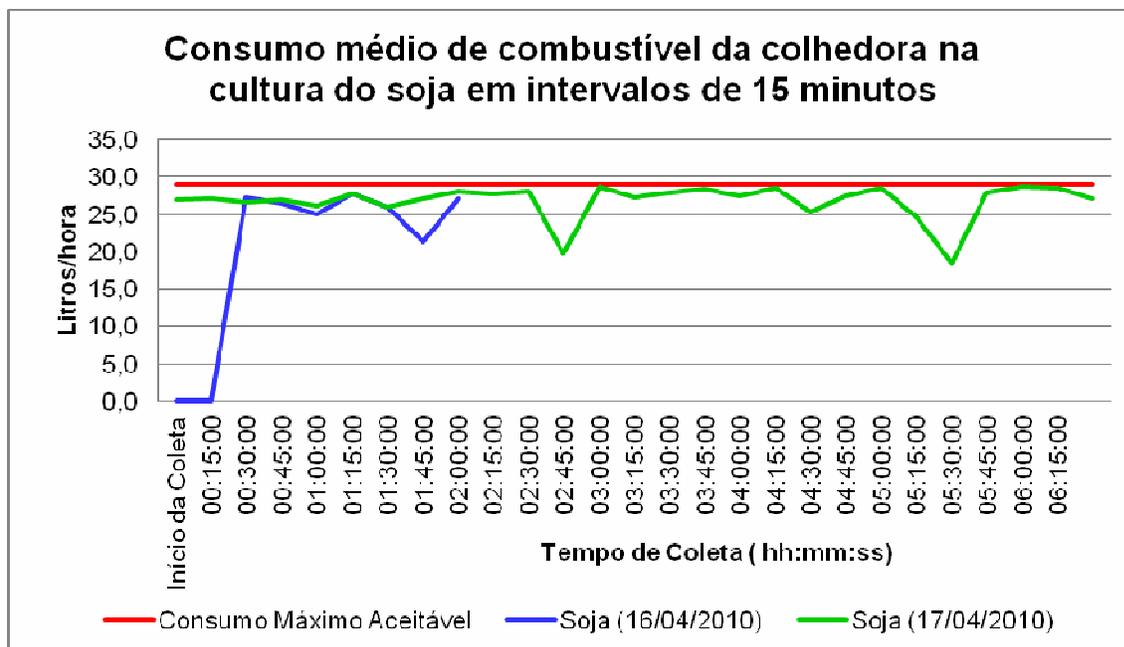


Figura 30 - Consumo médio de combustível na cultura da soja

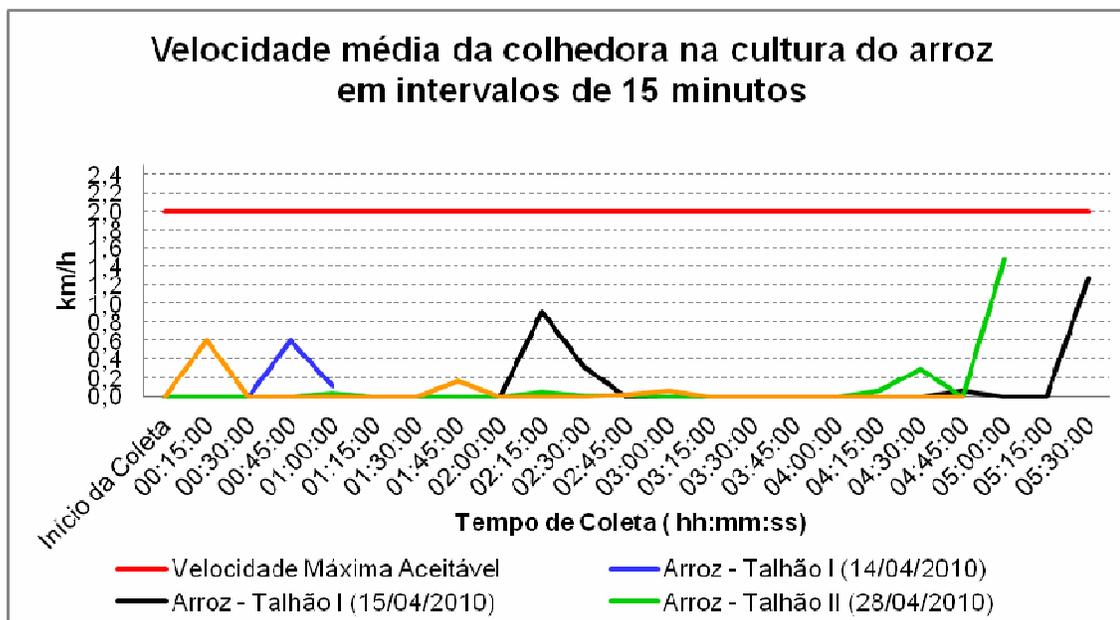


Figura 31 - Velocidade média na cultura do arroz

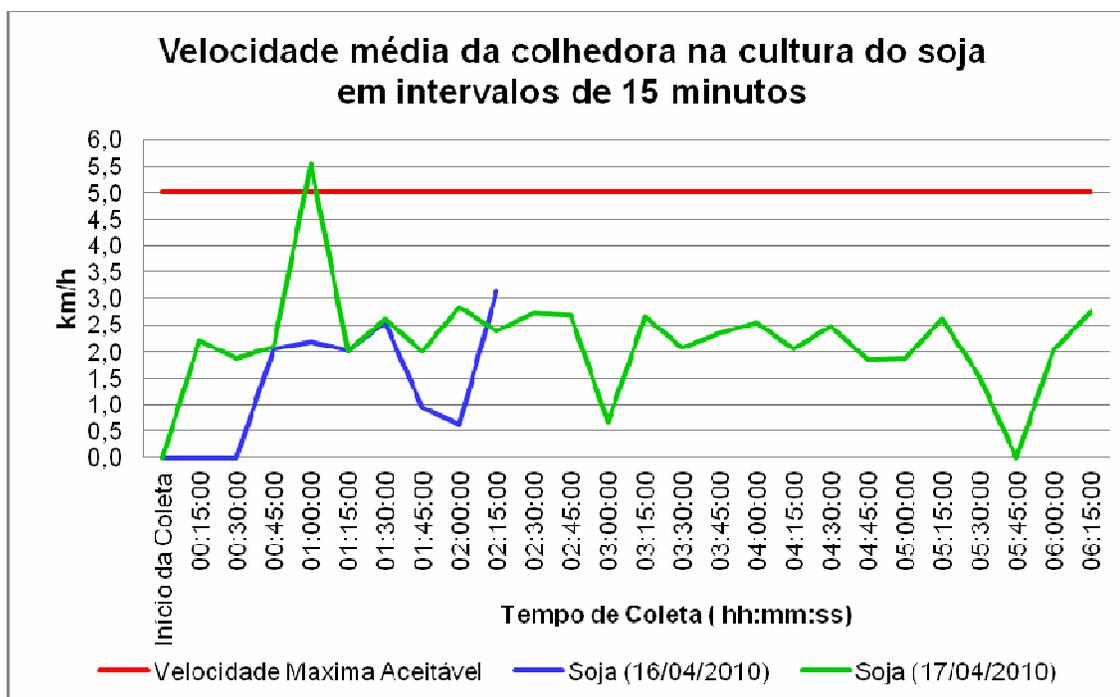


Figura 32 - Velocidade média na cultura da soja

4.3 O sistema G-SADA

Os sistemas gerenciais são instrumentos para o processo decisório. Decisões rápidas e corretas são fundamentais para a empresa alcançar bons resultados, as quais são possíveis graças à velocidade e a precisão com que as informações chegam ao gerente ou proprietário.

O G-SADA é um sistema gerencial que permite ao gerente do agronegócio ter conhecimento de informações de desempenho da máquina agrícola em operação no campo, através de gráficos e mapa de posicionamento. Para monitorar o comportamento da máquina, o sistema emite mensagens para o celular do operador e do gerente quando valores, tal como consumo de combustível, estiverem fora dos valores padrões. O gerente ou proprietário pode se utilizar também de dados cadastrais de fazendas, talhões, culturas, operações, máquinas agrícolas e operadores para fazer o controle da propriedade rural.

O *software* está instalado em um computador servidor e pode ser acessado por computadores de mesa (*desktop*); dispositivos móveis, como telefone celular e *smartphone*, e computadores portáteis.

O sistema pode ser conceituado em duas partes, uma estática e outra dinâmica. A parte estática, denominada E-SADA, permite ao gerente fazer o controle das operações e culturas dentro dos talhões, além de fazendas, máquinas e seus operadores, fabricantes de máquinas, tipos de máquinas, alertas e tipos de alertas. A parte dinâmica, chamada de D-SADA, possibilita o gerenciamento da máquina em tempo real, durante a execução da operação agrícola no campo.

As principais informações dadas pelo sistema D-SADA, com a máquina em operação no campo são:

- qual lavoura ou posição da lavoura onde a máquina se encontra, que é uma informação importante para os gerentes, principalmente nas cooperativas, que precisam ter o controle do uso das máquinas e do agendamento feito previamente;
- a altura da plataforma de corte da colhedora, para que a operação ocorra na altura ideal e haja a menor perda possível de grãos no momento da colheita;
- o consumo de combustível, que auxilia o gerente no controle do consumo real comparado ao que foi estimado e no planejamento dos gastos;
- o nível de patinamento, fazendo com que se mantenha dentro dos padrões aceitáveis e desta forma resulte na diminuição do tempo de execução da operação e conseqüentemente na redução do consumo de combustível;

- a velocidade da máquina, cuja manutenção nos valores ideais para cada operação determina a qualidade da operação, podendo ser obtido um melhor resultado. Por exemplo, a colheita feita com a velocidade ideal consiste no melhor aproveitamento do produto colhido, diminuindo as perdas.

4.3.1 Modelagem dos dados

Os dados do sistema foram modelados utilizando-se o Diagrama de Classes, da UML (WAZLAWICK, 2004). As classes são os elementos básicos de que se dispõe para construir uma aplicação, por meio da técnica de orientação a objetos. Uma classe define um conjunto de objetos que têm as mesmas características, isto é, mesma estrutura de dados e o mesmo comportamento, também chamado de método ou operação/função. Um objeto é qualquer indivíduo, lugar, evento ou conceito aplicável ao sistema e do qual se necessita ter informações. Por exemplo, da fazenda é necessário ter as coordenadas e o nome do proprietário, que podem ser alterados. Assim, “fazenda” é um objeto, “coordenadas” e “nome do proprietário”, são atributos que fazem parte da estrutura de dados, e “alterar coordenadas” é uma operação ou método da classe. Cada classe, comparável a um módulo programado, pode ter seus dados mapeados como uma tabela da base de dados. O Diagrama de Classes representa os conjuntos de objetos, que são as classes, e como estas se relacionam. O relacionamento entre as classes permite que, através de uma, seja possível acessar informações de outras, relacionadas com ela. Por exemplo, se uma fazenda possui talhões, através da fazenda é possível saber quais talhões lhe pertencem.

O Diagrama de Classes mostrado pela Figura 33 representa as classes e seus relacionamentos, definidos para o sistema G-SADA.

As classes do modelo de objetos são correspondentes às tabelas do modelo da base de dados (Figura 34).

Na modelagem da base de dados dá-se o nome de chave primária ao campo que contém um valor único no conjunto de objetos e é usado para identificá-lo. Por exemplo, o número de série do *datalogger* (*numSerieDIALOG*) é a chave primária de MáquinasAgrícolas que torna cada uma única, considerando que cada máquina vai possuir o seu *datalogger*. Chave estrangeira é a chave primária de uma tabela que faz parte de outra para permitir que se faça o relacionamento, isto é, a partir de uma, se chegar aos dados da outra. Como exemplo têm-se o campo *Fazendas_IdFaz* na tabela *Talhões*. Desta forma é possível saber a que

fazenda cada talhão pertence. Além disso, cada tabela guarda os dados relativos a si própria, necessários para fornecer as respostas requeridas pelas funções.

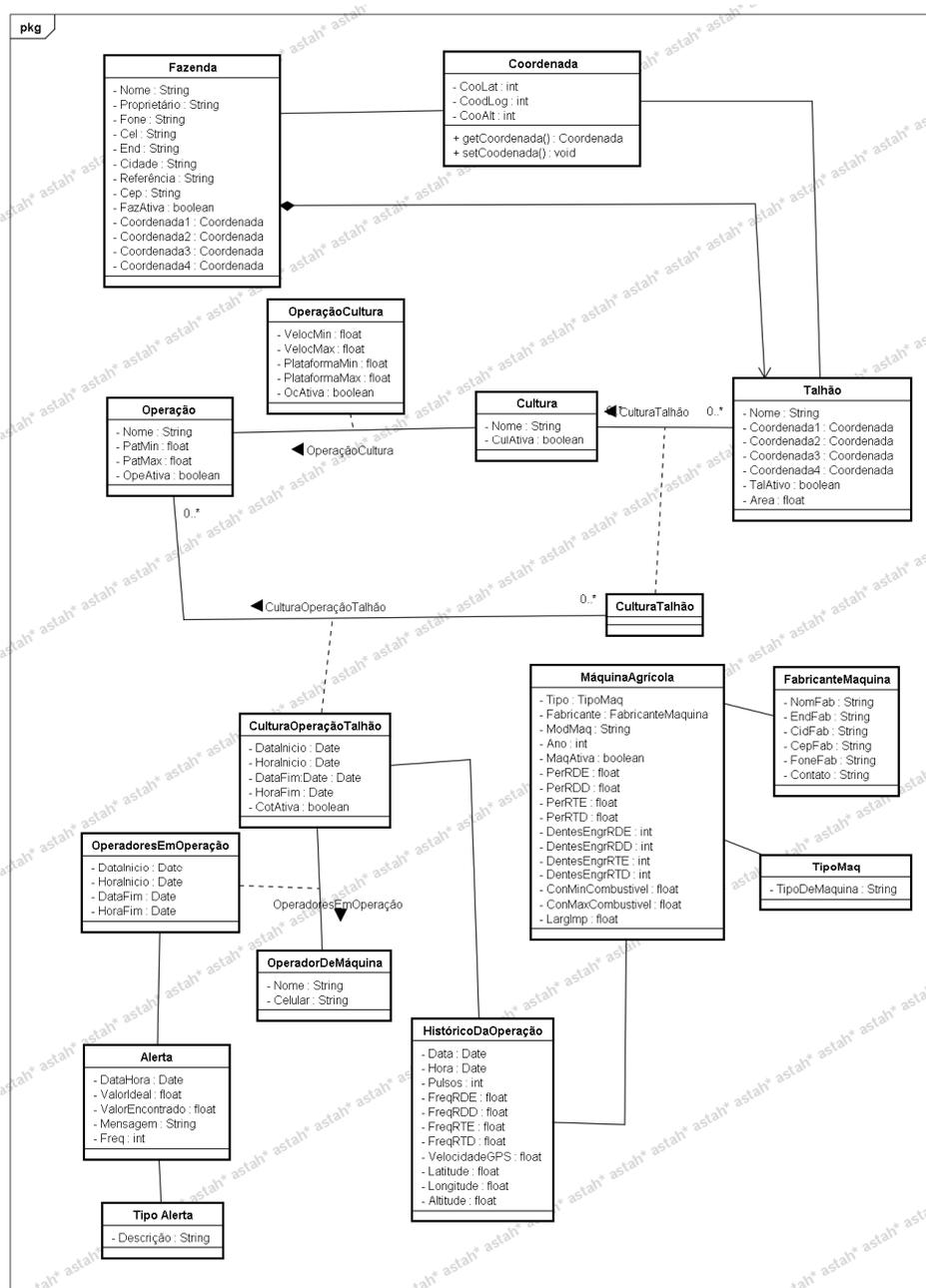


Figura 33 - Diagrama de Classes do G-SADA

sucesso, que é a seqüências de passos a serem executados tanto pelo sistema quanto pelo usuário, na qual a função ocorre sem exceções, ou seja, onde tudo dá certo sem nenhum problema; e as extensões, que são passos alternativos nas exceções ao cenário principal. As Figuras 35 e 36 apresentam dois exemplos de descrição de casos de uso, relativos aos casos de uso “UC 12 – Calcular Consumo de Combustível” e “UC 17 – Consultar Posição de uma Máquina Agrícola”, respectivamente.

UC 12 – Calcular o Consumo de Combustível	
Descrição	
Para o cálculo do consumo de combustível utiliza-se a seguinte fórmula:	
$Cc = \frac{3,6}{t} * p$	
Onde:	
Cc = consumo de combustível entre uma coleta de pulsos (C) e a coleta de pulsos imediatamente anterior (C-1). O resultado é dado em litros/hora (L/h)	
p = pulsos gerados pelo fluxômetro no intervalo de coleta.	
t = intervalo de tempo entre uma coleta de pulso e outra (por exemplo 4 segundos)	
<i>Intervalo de coleta: t segundos</i>	
A fórmula acima calcula o consumo de combustível entre uma coleta de pulsos (C) e a coleta de pulsos imediatamente anterior (C-1), ou seja, o consumo de combustível em t segundos (por exemplo 4 segundos).	
Para calcular o consumo de combustível em um determinado intervalo de tempo (um minuto, 30 minutos, 1 hora ou 1 dia), deverá ser utilizada uma fórmula para o consumo médio de combustível no intervalo proposto, dada pela seguinte equação:	
$Cmc = \left(\frac{3,6}{t * n} \right) * \sum p$	
Onde:	
Cmc = consumo médio de combustível no intervalos de tempo (L/h)	
p = pulsos gerados pelo fluxômetro.	
t = intervalo de tempo entre uma coleta de pulso e outra (por exemplo 4 segundos)	
n = quantidade de leituras de pulsos dentro do intervalo de tempo sugerido.	
Abaixo descreve-se um exemplo para melhor entendimento:	
Para cálculo da média de combustível entre o intervalo de 20 segundos. Assumindo-se que a leitura ocorre a cada 4seg, tem-se 5(cinco) informações de pulso. Na fórmula, a variável “n” assumirá o valor 5. Dessa forma, se os valores dos pulsos forem respectivamente 6, 8, 6, 10 e 8, teremos:	
$Cmc = \left(\frac{3,6}{4 * 5} \right) * \sum(6, 8, 6, 10, 8) = 0,18 * 38 = 6,84 \text{ l/h}$	
Ator	Gerente
Finalidade	Efetuar o cálculo do consumo de combustível em um determinado intervalo de tempo.
Pré-condição	<ul style="list-style-type: none"> Acesso dentro do perfil adequado
Cenário Principal de Sucesso (Seqüência típica de eventos)	
1. Sistema recebe conjunto de informações de pulsos gerados pelo fluxômetro.	
2. Sistema calcula a média do consumo de combustível através do seguinte pseudo código:	
n ← quantidade de valores coletados; t ← Tempo de coleta (tabela de parâmetros do sistema); sPulsos ← 0;	
Para i ← 1 até n faça	
sPulsos ← sPulsos + pulso;	
fim_para;	
Consumo ← sPulsos * (3,6 / t * n);	
3. Sistema retorna a média do consumo de combustível para o conjunto de dados recebidos.	

Figura 35 - Caso de uso “Calcular o Consumo de Combustível”

UC 17 – Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola	
Ator	Gerente
Finalidade	Permite ao gerente visualizar um mapa indicando a posição da máquina agrícola neste mapa. Deverão ser visualizadas também a fazenda e o talhão onde a máquina se encontra.
Pré-condição	<ul style="list-style-type: none"> Acesso dentro do perfil adequado Operação em andamento, ou seja ainda não finalizada.
Regras	Caso o último registro de dados da máquina em uma operação tenha ocorrido a mais de 5 minutos da hora atual do sistema, deverá ser informado que a máquina está FORA DE OPERAÇÃO.
Cenário Principal de Sucesso (Seqüência típica de eventos)	
1. Gerente decide consultar a posição de uma máquina agrícola.	
2. Sistema apresenta uma lista de todas as máquinas, para escolha de somente uma para consulta.	
3. Mediante a escolha da máquina, uma consulta aos históricos das operações deverá ser realizada para identificar a última operação realizada para aquela máquina.	
4. Sistema exibe trecho de mapa, baseado nas coordenadas cadastradas no histórico, exibindo a sua localização e informando o nome da fazenda, do talhão, nome e contato do operador da máquina.	
Extensões (Seqüências Alternativas)	
4a. Caso o último registro de dados da máquina em uma operação tenha ocorrido a mais de 5 minutos da hora atual do sistema, deverá ser informado que a máquina está FORA DE OPERAÇÃO.	

Figura 36 - Caso de uso “Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola”

As Figuras 37 e 38 mostram os diagramas de casos de uso do G-SADA. A Figura 37 apresenta as funções de envios de mensagens e na Figura 38, as funções de manutenção de cadastros e consultas.

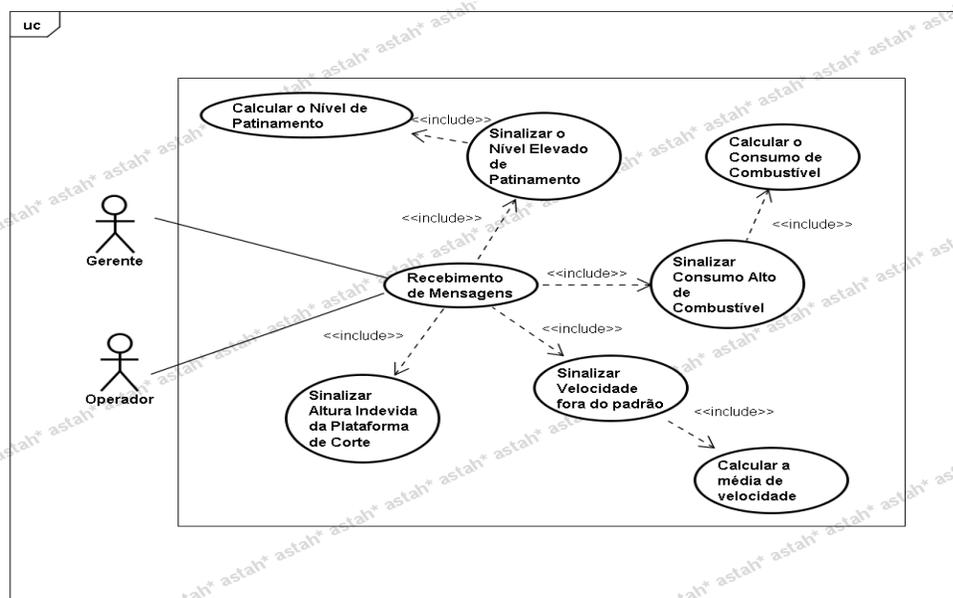


Figura 37 - Diagrama de Casos de Uso – Envios de Mensagens

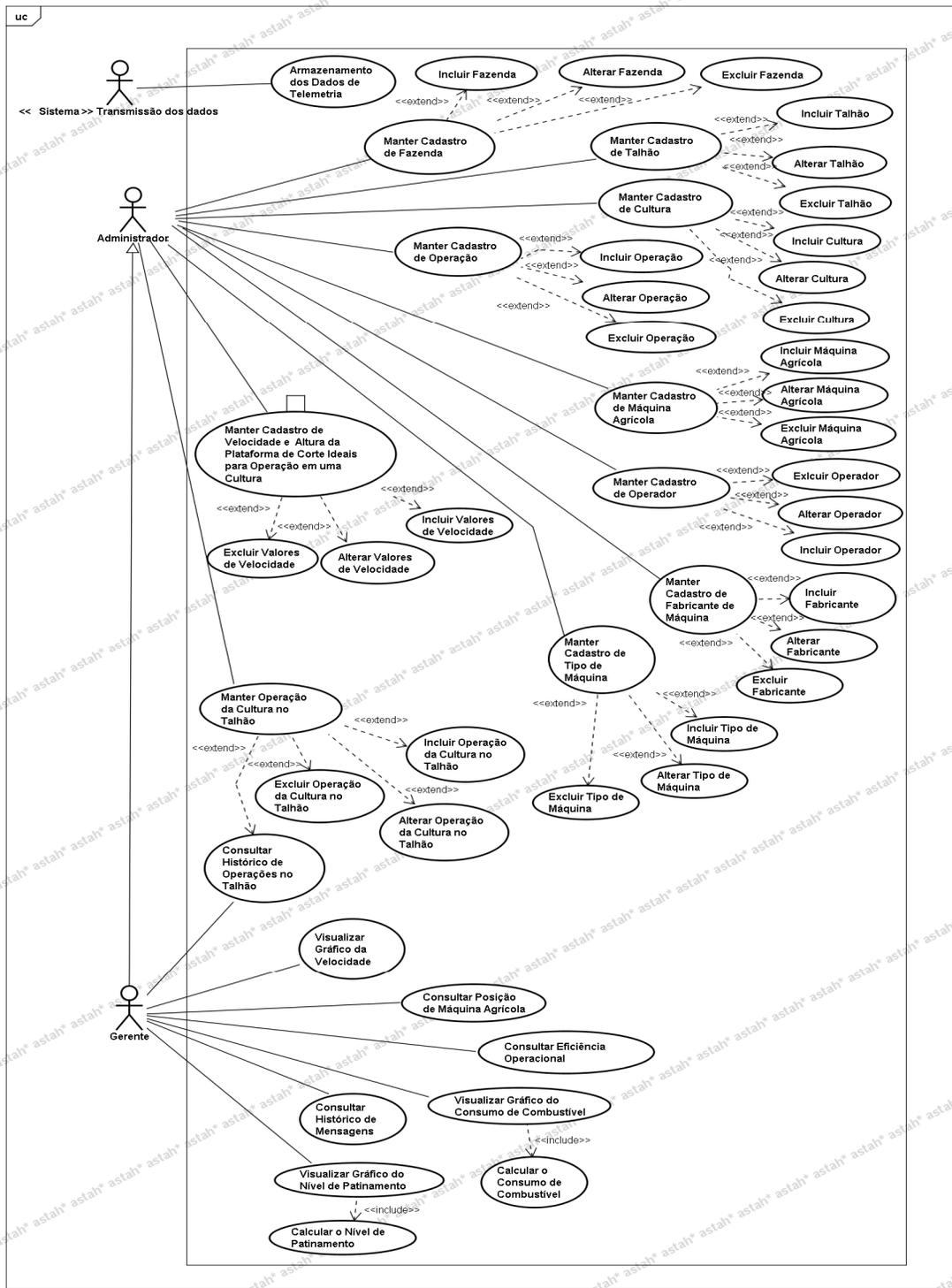


Figura 38 - Diagrama de Casos de Uso - Manutenção de Cadastros e Consultas

O sistema possui três tipos de usuários que irão interagir, o administrador, que faz a manutenção das tabelas de dados armazenadas no banco de dados, incluindo, alterando e

excluindo dados; o gerente, que pode enviar e receber informações; e o operador da máquina agrícola, que não envia dados, mas recebe informações através de mensagens para o seu telefone celular, sinalizando valores operacionais fora de padrão durante a operação agrícola. O gerente pode executar, além das funções disponibilizadas para ele, também as que são do administrador.

Além dos usuários mencionados, o G-SADA se comunica com o sistema de transmissão de dados (T-SADA) através de uma tabela da base de dados chamada “DadosHistóricos”, que armazena as informações passadas pelos sensores e capturadas no *datalogger*.

As funções são diferenciadas para cada tipo de usuário, conforme discriminado abaixo.

4.3.2.1 Funções do administrador

O administrador fará a inclusão, alteração e exclusão dos dados das tabelas que serão usados para consultas e no processamento das informações fornecidas ao gerente. As funções desenvolvidas com este fim são “Manter Cadastro de Fazenda”, “Manter Cadastro de Talhão”, “Manter Cadastro de Cultura”, “Manter Cadastro de Operação”, “Manter Cadastro de Máquina Agrícola”, “Manter Cadastro de Operador”, “Manter Cadastro de Fabricante de Máquina”, “Manter Cadastro de Tipo de Máquina”, “Manter Operação da Cultura no Talhão” e “Manter Cadastro de Velocidade e Altura da Plataforma de Corte Ideais para Operação em uma Cultura”. Ao solicitar qualquer uma delas será mostrada uma grade contendo todas as informações já incluídas, podendo-se consultar informações específicas. As tabelas da base de dados mantidas pelo administrador são Fazendas, Talhoes, Culturas, Operacoes, Maquinas, Operadores, Fabricantes, TipoDeMaquinas, OperacoesCulturas e CulturasOperacoesTalhoes.

Esta última tabela, que é manipulada pela função “Manter Operação da Cultura no Talhão”, além de incluir, alterar e excluir, pode ainda ser consultado o histórico. A função de inclusão consiste em vincular uma operação de uma cultura em um talhão, guardando também a data e a hora de início e de fim. Consultar o histórico corresponde à função “Consultar Histórico de Operações no Talhão”. Esta função deve ser solicitada caso o administrador/gerente queira visualizar operações já realizadas em uma determinada cultura e talhão. Para tal, o administrador precisa informar dados para a consulta, que são a escolha de uma fazenda, em uma lista de fazendas, que tem vínculo em operações de culturas em talhões, ou “todas as fazendas”, o mesmo ocorrendo com operação, cultura e talhão. Pode ser

informado também o período de início e término da pesquisa. O sistema irá retornar as operações das culturas nos talhões que corresponderem à chave de busca.

Nas funções de inclusão e alteração de todas as tabelas, a exceção que pode acontecer é o não preenchimento dos campos obrigatórios, que é uma exigência do sistema, não podendo ser concluída a função sem este preenchimento.

Com exceção de “Manter Cadastro de Fabricante de Máquina” e “Manter Cadastro de Tipo de Máquina”, nas funções de exclusão, o sistema verifica se existe algum tipo de ligação do item a ser excluído com a tabela “DadosHistóricos”, que guarda os dados enviados pelos sensores. Se existir, o item não é excluído, ficando no estado de inativo.

Nas funções de inclusão e alteração da tabela “Talhoes”, o sistema verifica se existe sobreposição de talhão, através da análise das suas coordenadas. Em caso afirmativo, o sistema emite mensagem avisando da sobreposição e disponibiliza as seguintes opções de correção:

- a. corrigir as coordenadas do cadastro atual
- b. alterar as coordenadas do talhão já cadastrado
- c. inativar o talhão já cadastrado

As funções do operador necessitam de valores ideais, usados para comparações, que são tratados pelo administrador. O nível de patinamento em uma operação agrícola, é armazenado na tabela “Operacoes” e manipulado pela função “Manter Cadastro de Operação”, o consumo de combustível da máquina está na tabela “Maquinas”, administrada pela função “Manter Cadastro de Máquina Agrícola” e a velocidade de operação em uma cultura e a altura da plataforma de corte, estão guardadas na tabela “OperacoesCulturas” e são mantidas pela função “Manter Cadastro de Velocidade e Altura da Plataforma de Corte Ideais para Operação em uma Cultura”.

Todas as funções do administrador fazem parte do E-SADA, por se tratarem da manipulação de dados cadastrais.

4.3.2.2 Funções do gerente

Além de todas as funções do administrador, para o gerente são disponibilizadas também “Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola”, “Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível”, “Visualizar Gráfico do Nível de Patinamento”, “Visualizar Gráfico da Velocidade”, “Consultar Eficiência Operacional” e “Consultar Histórico de Mensagens”.

“Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola” mostra um mapa com a fazenda, o talhão e a posição da máquina dentro do talhão. Esta função só pode ser executada para operações em andamento, isto é, ainda não finalizadas. O gerente vai informar ao sistema qual a máquina que ele quer visualizar a localização a partir de uma listagem de máquinas, então o sistema retornará um trecho de mapa contendo a sua localização e informando o nome da fazenda, do talhão, e o nome e contato (número de telefone celular) do seu operador. Caso a máquina não esteja operante, isto é, o último registro da máquina em operação tenha ocorrido a mais de 5 minutos da data atual do sistema, é emitida mensagem.

As funções “Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível”, “Visualizar Gráfico do Nível de Patinação” e “Visualizar Gráfico da Velocidade” permitem ao gerente obter um gráfico de linhas do histórico do consumo de combustível, do nível de patinação e da velocidade, respectivamente, ao longo de uma operação de uma cultura realizada em um talhão, podendo ser feito para operações agrícolas correntes ou já realizadas. Em qualquer das funções, para que o sistema monte o gráfico, o gerente terá de informar uma fazenda a partir de uma lista de todas as fazendas que possuem históricos de vínculos entre operações nos talhões. O mesmo deve ocorrer para talhões da fazenda escolhida, culturas, operações e datas de início de operações, servindo para criação de um filtro. Deverá ser informado também, o intervalo de tempo para cálculo dos valores médios respectivos, consumo médio de combustível, nível médio de patinação e média aritmética das velocidades, que pode ser de quinze ou trinta minutos, e a forma de visualização, tendo como escolha “toda a operação” ou “por operador”, caso tenha sido feita por mais de um operador. Cada valor médio calculado mediante a escolha do intervalo de tempo, gera um ponto no gráfico. Para visualização de um novo gráfico, basta alterar as informações fornecidas para a criação do filtro.

“Calcular o Consumo de Combustível” e “Calcular o Nível de Patinação”, descritas a seguir, são funções que fazem o cálculo dos valores médios usados para gerar cada ponto nos respectivos gráficos. Para a determinação dos pontos no gráfico da velocidade é feita a média aritmética dos valores transmitidos pelos sensores.

“Calcular o Consumo de Combustível” calcula o consumo de combustível, dado em litros/hora, a partir da informação da quantidade de pulsos do fluxômetro transmitida pelo sistema de telemetria, obtida entre um intervalo de coleta e outro. O consumo de combustível é dado pela fórmula:

$$C_c = \frac{3,6}{t} * p \quad (1)$$

Onde:

C_c = consumo de combustível entre uma coleta de pulsos e a coleta de pulsos imediatamente anterior (C-1). O resultado é dado em litros/hora (L/h)

p^2 = pulsos gerados pelo fluxômetro no intervalo de coleta.

t^3 = intervalo de tempo entre uma coleta de pulso e outra (por exemplo 4 segundos)

O cálculo do consumo médio de combustível em um determinado intervalo de tempo, por exemplo trinta minutos, é feito através da fórmula:

$$C_c = \left(\frac{3,6}{t * n} \right) * \sum p \quad (2)$$

Onde:

C_{mc} = consumo médio de combustível no intervalos de tempo (L/h)

p = pulsos gerados pelo fluxômetro.

t = intervalo de tempo entre uma coleta de pulso e outra (por exemplo 4 segundos)

n = quantidade de leituras de pulsos dentro do intervalo de tempo sugerido.

Para exemplificar o cálculo da média de consumo de combustível pode-se considerar o intervalo de 20 segundos. Assumindo-se que a leitura ocorre a cada 4 seg, tem-se 5 (cinco) informações de pulso. Na fórmula, a variável “n” assumirá o valor 5. Dessa forma, se os valores dos pulsos forem respectivamente 6, 8, 6, 10 e 8, tem-se:

$$C_{mc} = \left(\frac{3,6}{4 * 5} \right) * \sum (6,8,6,10,8) \quad (3)$$

$$C_{mc} = 0,18 * 38 = 6,84$$

Assim sendo, o consumo médio calculado é de 6,84 L/h.

A função “Calcular o Nível de Patinamento” faz o cálculo da média do nível de patinamento das quatro rodas em um determinado intervalo de tempo, a partir da frequência das rodas, informadas pelos sensores de rodas.

Para o cálculo do patinamento de cada roda, utiliza-se a seguinte fórmula:

² Dado armazenado na tabela “DadosHistoricos”

³ Dado armazenado na tabela “Parâmetros”

$$Pat_r = \frac{3,6}{t} * p \left(\frac{freq_r * per_r * 3,6}{n_r} - V_{gps} \right) * \frac{n_r}{freq_r * per_r * 3,6} * 100 \quad (4)$$

Onde:

Pat_r = percentual de patinamento de uma roda (%)

Freq_r⁴ = frequência de uma roda em Hz (coletada pelo sensor)

Per_r⁵ = perímetro da roda em metros

n_r⁶ = número de dentes da engrenagem da roda

Vgps⁷ = velocidade média obtida pelo receptor de GPS em km.h⁻¹

A fórmula calcula o patinamento entre uma coleta de frequência (F) e outra, ou seja, neste caso ocorre a cada 4 segundos.

Para calcular o nível de patinamento em um determinado intervalo de tempo, quinze ou trinta minutos, a média acumulada no intervalo proposto é dada pela seguinte equação:

$$Pat_média_r = \frac{\sum \left(\frac{freq_r * per_r * 3,6}{n_r} \right) - \sum (V_{gps})}{\sum \left(\frac{freq_r * per_r * 3,6}{n_r} \right)} * 100 \quad (5)$$

que utiliza a mesma nomenclatura de variáveis mostradas acima.

“Consultar Eficiência Operacional” possibilita ao gerente visualizar um valor percentual representando a eficiência operacional. Assim como as demais funções do gerente, deverá ser informada uma fazenda, a partir de uma lista de todas as fazendas que possuem históricos de vínculos entre operações nos talhões. Para a fazenda escolhida, selecionar um talhão, para o talhão, uma cultura e para a cultura, uma operação, servindo para criação de um filtro.

O valor percentual da Eficiência Operacional é a razão entre a Capacidade Operacional Efetiva e a Capacidade Teórica, dado pela fórmula:

⁴ Dado armazenado na tabela “DadosHistoricos”

⁵ Dado armazenado na tabela “Maquinas”

⁶ Dado armazenado na tabela “Maquinas”

⁷ Dado armazenado na tabela “DadosHistoricos”

$$EO = \frac{COE}{CT} * 100 \quad (6)$$

Onde:

EO = eficiência operacional (%)
 COE = capacidade operacional efetiva ($ha.h^{-1}$)
 CT = capacidade teórica ($ha.h^{-1}$)

A Capacidade Operacional Efetiva é determinada pela fórmula:

$$COE = \frac{AT}{TTO} \quad (7)$$

Onde:

COE = capacidade operacional efetiva ($ha.h^{-1}$)
 AT^8 = área total trabalhada (ha)
 TTO^9 = tempo total de operação(horas)

A fórmula para o cálculo da Capacidade Teórica é:

$$CT = \frac{L * V}{10} \quad (8)$$

Onde:

CT = capacidade teórica ($ha.h^{-1}$)
 L = largura do implemento ou da plataforma (m)
 V^{10} = velocidade da operação, ($km.h^{-1}$)

“Consultar Histórico de Mensagens” possibilita ao gerente visualizar o histórico das mensagens enviadas aos operadores. As opções para consulta são tipo de mensagem, operador, período, cultura, operação e talhão, podendo ser feita a combinação das opções para montar um filtro. O sistema exibe o histórico de mensagens de acordo com o filtro criado, agrupando pelos demais campos sem filtro e ordenando de forma cronológica.

As funções “Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola”, “Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível”, “Visualizar Gráfico do Nível de Patinamento” e “Visualizar

⁸ Dado armazenado na tabela “Talhões”

⁹ Determinado pela diferença entre data e hora do último e do primeiro registro da seleção a processar, obtidos da tabela “DadosHistoricos”

¹⁰ Valor obtido da tabela da ASAE

Gráfico da Velocidade”, por usarem dados dos sensores enquanto a máquina agrícola está em operação, são ditas dinâmicas e constituem o D-SADA.

“Consultar Eficiência Operacional” e “Consultar Histórico de Mensagens” são funções que fazem parte do E-SADA, por utilizarem dados já armazenados na base de dados e com a máquina fora de operação.

4.3.2.3 Funções do operador

Todas as funções do operador fazem parte do D-SADA, com a máquina agrícola em operação no campo.

O operador não interage diretamente com o sistema. As características de sistema pró-ativo, determinadas pela computação pervasiva, são demonstradas nestas funções, relativas ao envio de mensagens de alertas, sem a solicitação prévia. Durante uma operação agrícola o operador/gerente é sinalizado, pelo seu telefone celular se algum valor não está dentro do ideal. Assim, o sistema envia mensagens de alerta quando uma condição fora do padrão é identificada. Esta verificação é feita a cada quinze minutos. A cada nova análise, o sistema atualiza a data e a hora da última verificação com a data e hora atuais.

Ao receber uma mensagem, o operador deve tomar as devidas providências para que a situação se reverta. Se isto não ocorrer, o sistema investiga se a mensagem foi enviada à 20 minutos ou mais. Em caso afirmativo, o operador será sinalizado novamente com nova mensagem. A partir da terceira, o gerente será alertado também e o sistema informa quantas vezes o operador já recebeu a mensagem.

As funções para o operador são “Sinalizar o Nível Elevado de Patinamento”, “Sinalizar Consumo Alto de Combustível”, “Sinalizar Velocidade fora do padrão” e “Sinalizar Altura Indevida da Plataforma de Corte”.

Em cada uma das funções, o sistema seleciona as informações, desde a última verificação até a hora atual, e utiliza estes dados para efetuar o cálculo da média dos valores. Esta média é comparada a um valor de referência. Se o valor calculado for incompatível com o valor de referência, é emitida a mensagem. No mesmo procedimento, o sistema grava uma linha na tabela de Alertas, informando o tipo de mensagem e o número de vezes que ela foi enviada.

Em “Sinalizar o Nível Elevado de Patinamento”, as informações utilizadas para efetuar o cálculo da média do nível de patinamento das quatro rodas são as frequências de cada roda, fornecidas pelos sensores das rodas (não utilizados nos testes). Este valor é comparado

ao valor de referência. Se o valor calculado for maior, é emitida a seguinte mensagem ao operador da máquina: “o nível de patinamento está acima do esperado”.

Na função “Sinalizar Consumo Alto de Combustível”, o cálculo da média de consumo é feito pelo número de pulsos, informado pelo fluxômetro. Se o valor calculado estiver acima do valor de referência a mensagem emitida é “o consumo de combustível está acima do esperado”.

Em “Sinalizar Velocidade fora do padrão”, o valor da média se dá pela média aritmética das velocidades fornecidas pelo GPS. O valor calculado pode estar acima ou abaixo do valor de referência. Se o valor calculado estiver fora do valor de referência, a mensagem enviada pode ser “a velocidade está acima do esperado. Mantenha velocidade entre [*vMin*] e [*vMax*]” ou “a velocidade está abaixo do esperado Mantenha velocidade entre [*vMin*] e [*vMax*]”.

Para a função “Sinalizar Altura Indevida da Plataforma de Corte” não é feito cálculo de média, o último valor informado pelo sensor é comparado ao valor de referência, podendo estar acima ou abaixo deste. Se estiver fora da faixa de valor de referência, uma das mensagens será enviada: “A plataforma está acima do esperado.” ou “A plataforma está abaixo do esperado”.

4.3.3 Visão mais detalhada de algumas funções

No diagrama de casos de uso e nas descrições de casos de uso, as funções do sistema são mostradas por uma ótica externa, que é a visão do usuário e pode ser satisfatória para as situações mais simples. As funções mais complexas exigem um detalhamento que mostre a interação e a troca de informações entre as classes para que sejam fornecidas as respostas ao usuário, a partir das suas solicitações.

Os diagramas de seqüência da UML (WAZLAWICK, 2004), podem ser utilizados para este fim. Neles são mostrados os usuários, através dos atores, e todas as classes envolvidas na função, assim como as interações entre as classes e atores, organizadas em uma seqüência de tempo e de operações ou métodos trocados. Nos diagramas de seqüência, uma classe é representada por um retângulo no topo. Cada método é dado por uma linha com seta dirigida horizontalmente para a classe que deverá executá-lo. A ordem na qual as operações/métodos acontecem se dá do topo do diagrama para baixo. Cada operação/método é etiquetado no mínimo com o seu nome, podendo incluir argumentos e informações de controle (SALDANHA, 2004).

As funções que foram detalhadas através de diagrama de seqüência são “Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível”, “Visualizar Gráfico do Nível de Patinamento” e “Sinalizar o Nível Elevado de Patinamento”, mostrados pelas Figuras 39, 40 e 41, respectivamente.

Para exemplificar a forma como se deve ler um diagrama de seqüência, será explicado o diagrama da Figura 39, relativo a função “Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível”:

- o gerente solicita a exibição do gráfico de consumo de combustível na interface do sistema, informando a *Fazenda*, a *Cultura*, a *Operação*, o *Talhão* e a *DataInicio*.
- o gerente pode escolher a opção de “Toda a Operação” ou “por Operador”.
- se a opção for “Toda a Operação” será feita uma *ConsultaHistorico* na tabela *DadosHistoricos* para a *Cultura*, *Operação*, *Talhão* e *DataInicio* informados.
- vai retornar uma *ListaDePulsos*, fornecidos pelo fluxômetro (sensor de consumo de combustível), para aquele grupo de registros, usada na geração do gráfico.
- se a opção for “por Operador”, será feita uma *ConsultaOperador* na tabela *CulturaOperaçãoTalhãoOperador* para a *Cultura*, *Operação*, *Talhão* e *DataInicio* informados, retornando os *OperadoresEmOperação* para que o gerente selecione um.
- para cada operador selecionado será feita uma *ConsultaOperador* a *Operadores*, retornando o *NomeOperador*.
- será feita então uma *ConsultaHistorico* na tabela *DadosHistoricos* para a *Cultura*, *Operação*, *Talhão* e *DataInicio* do operador selecionado.
- vão retornar os *PulsosPorOperador*, usados para criar o gráfico.

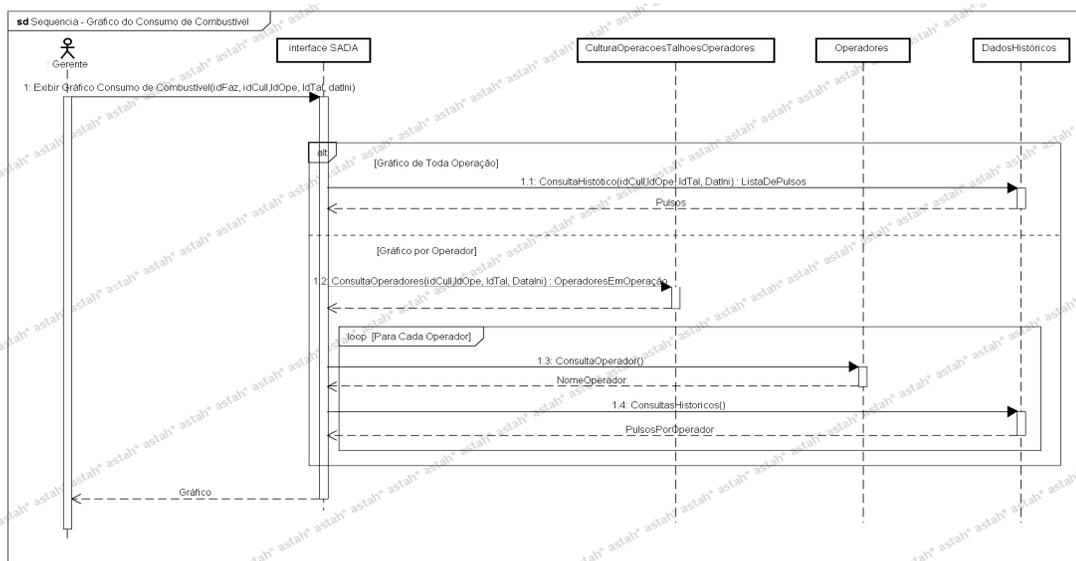


Figura 39 - Diagrama de Seqüência - Gráfico de Consumo de Combustível

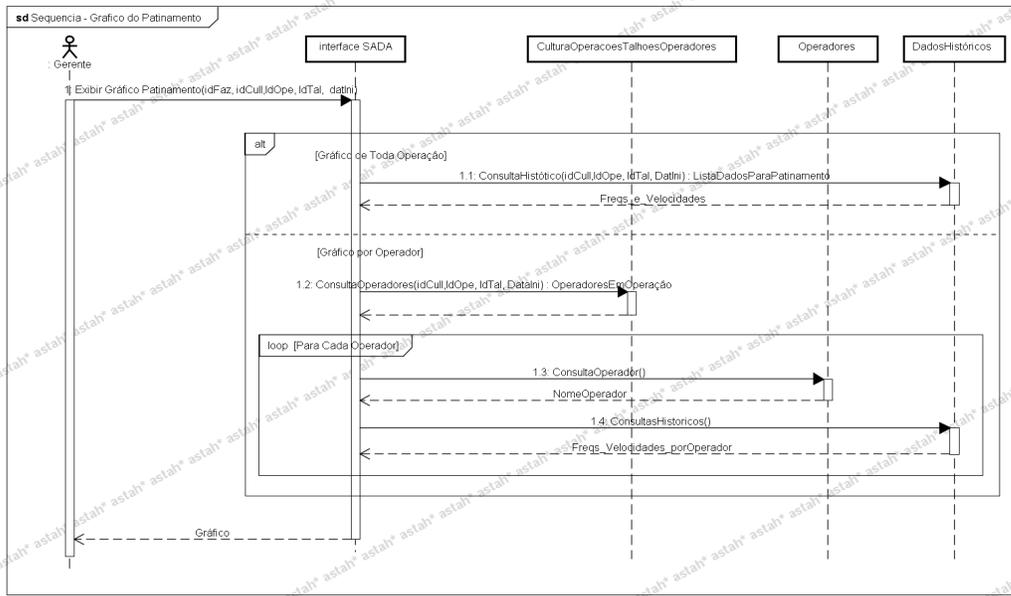


Figura 40 - Diagrama de Seqüência - Gráfico de Patinamento

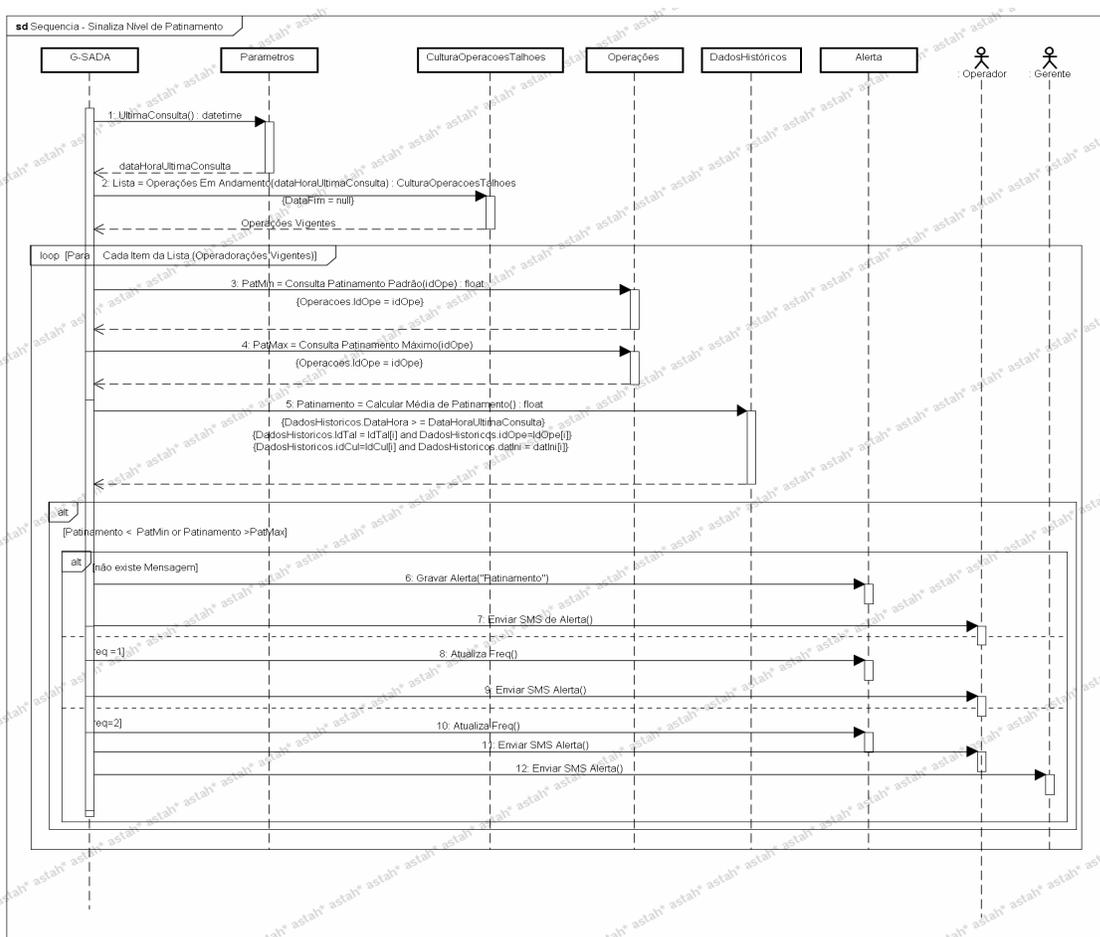


Figura 41 - Diagrama de Seqüência – Sinaliza Nível de Patinamento

4.3.3 Resultados dos testes

O sistema gerencial G-SADA foi desenvolvido para ser executado pela Internet a partir de qualquer tipo de dispositivo computacional, que pode ser um *desktop*, *notebook* ou *smartphone*. A Figura 42 mostra o sistema disponibilizado nesses tipos de dispositivos.



Figura 42 - G-SADA disponibilizado em diferentes tipos de dispositivos computacionais

A forma de acesso e o funcionamento do G-SADA estão descritos no apêndice B.

Os testes com o sistema foram feitos em laboratório, inserindo dados na base de dados e executando cada função, tanto do administrador quanto do gerente.

A função "Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola", que usou como filtro de seleção a tela mostrada pela Figura 43, onde a máquina selecionada foi "T01", teve como resultado o mapa demonstrado pela Figura 44.

Projeto Sada

Usuário: Gerente da Fazenda
 Perfil: Gerente
[Cadastros](#) | [Consultas](#) | [Sair do Sistema](#)

Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola

Máquina agrícola:

Figura 43 – Filtro de seleção para "Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola"

Projeto Sada

Usuário: Gerente da Fazenda
 Perfil: Gerente
 Cadastros | Consultas | Sair do Sistema

Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola

Voltar

Máquina agrícola: S1 - MF5660

Mapa | Satélite | Híbrido | Terreno

Imagens ©2010 Cnes/Spot Image, DigitalGlobe, GeoEye - Termos de Uso

Figura 44 - Resultado de "Consultar Posição de Uma Máquina Agrícola"

Para executar a função "Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível", os valores fornecidos como filtro de seleção foram "Buricaci", como fazenda, "SJ", como talhão, "Soja", como cultura, "Colheita", como operação e "16/04/2010", como data de início. As opções escolhidas para visualização do gráfico foram de gerar um ponto no gráfico a cada quinze minutos de operação, para toda a operação (Figura 45). O resultado obtido é o gráfico mostrado na Figura 46.

Projeto Sada

Usuário: Gerente da Fazenda
 Perfil: Gerente
 Cadastros | Consultas | Sair do Sistema

Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível

Escolha qual fazenda deseja utilizar como filtro:
 Buricaci

Escolha qual talhão deseja utilizar como filtro:
 SJ

Escolha qual cultura deseja utilizar como filtro:
 Soja

Escolha qual operação deseja utilizar como filtro:
 Colheita

Escolha qual a data inicial que deseja utilizar como filtro:
 16/04/2010

Opções de visualização do gráfico

Intervalo de Tempo:
 A cada 15 minutos

Forma de Visualização:
 Toda Operação

Exibir gráfico

Figura 45 - Filtro de seleção para "Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível"

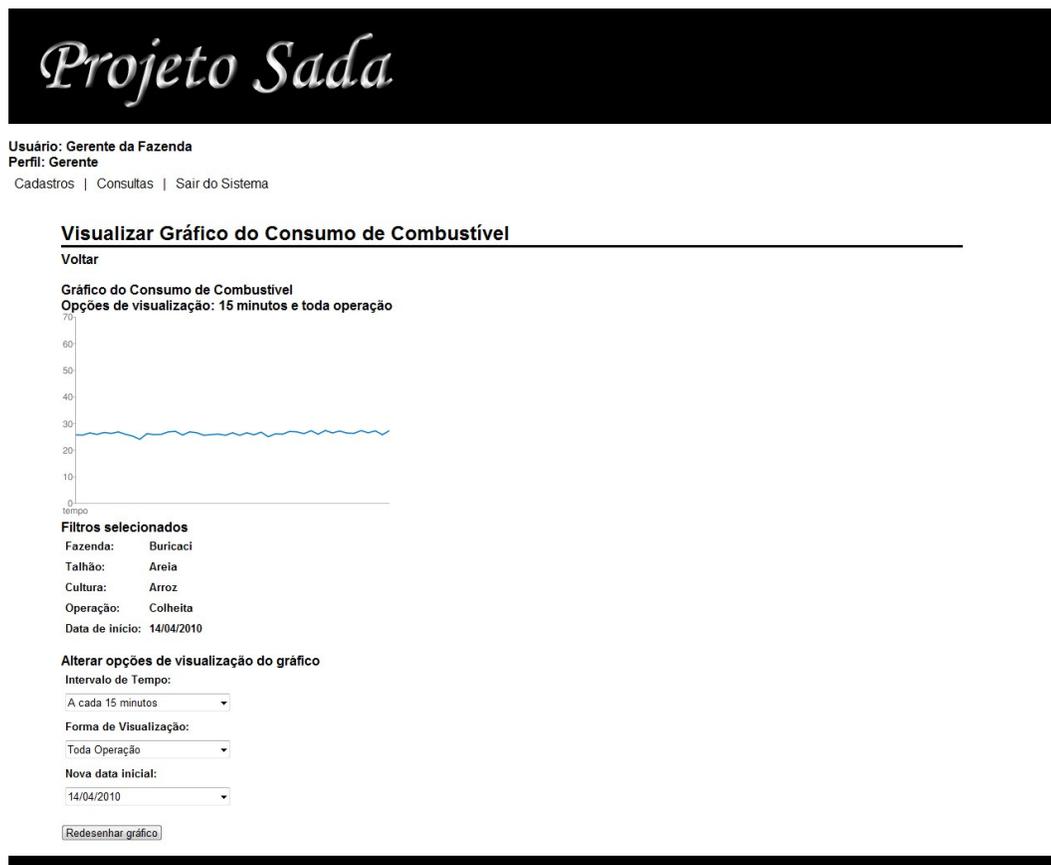


Figura 46 - Resultado de "Visualizar Gráfico do Consumo de Combustível"

Para a função "Visualizar Gráfico da Velocidade", os valores escolhidos como filtro foram "Buricaci", como fazenda, "Areia", como talhão, "Arroz", como cultura, "Colheita", como operação e "14/04/2010", como data de início (Figura 47) e o resultado é o gráfico representado pela Figura 48.

Projeto Sada

Usuário: Gerente da Fazenda
 Perfil: Gerente
[Cadastros](#) | [Consultas](#) | [Sair do Sistema](#)

Visualizar Gráfico da Velocidade

Selecione sobre quais operações deseja consultar a velocidade:
 Operações já realizadas
 Operações correntes

Escolha qual fazenda deseja utilizar como filtro:
 Buricaci

Escolha qual talhão deseja utilizar como filtro:
 Areia

Escolha qual cultura deseja utilizar como filtro:
 Arroz

Escolha qual operação deseja utilizar como filtro:
 Colheita

Escolha qual a data inicial que deseja utilizar como filtro:
 14/04/2010

[Exibir gráfico](#)

Figura 47 - Filtro de seleção para "Visualizar Gráfico da Velocidade"

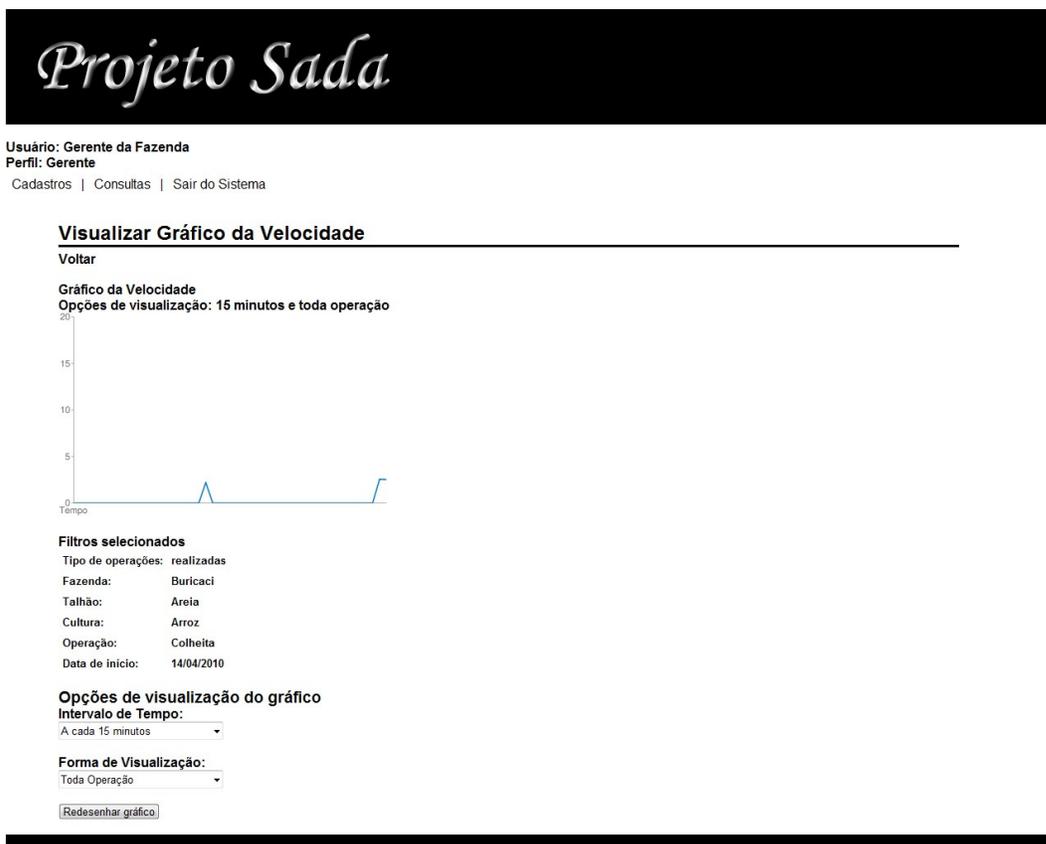


Figura 48 - Resultado de "Visualizar Gráfico da Velocidade"

Em "Consultar Eficiência Operacional", a seleção de valores foi "Buricaci", como fazenda, "Areia", como talhão, "Arroz", como cultura, "Colheita", como operação e "14/04/2010", como data de início. O resultado é o da Figura 49.

Projeto Sada

Usuário: Gerente da Fazenda
 Perfil: Gerente
 Cadastros | Consultas | Sair do Sistema

Consultar Eficiência Operacional
 Voltar

Filtros selecionados
 Tipo de operações: realizadas
 Fazenda: Buricaci
 Talhão: Areia
 Cultura: Arroz
 Operação: Colheita
 Data de início: 14/04/2010

Valor da eficiência operacional: 74%

Figura 49 - Resultado de "Consultar Eficiência Operacional"

O Mobile SADA (M-SADA) permite que todas as telas de resultados apresentadas possam ser visualizadas por meio de qualquer aparelho de celular que tenha plano de acesso à Internet, possibilitando ao gerente acompanhar e gerenciar a operação agrícola independente da sua localização, sem precisar estar a frente de um computador.

No envio de mensagens para o celular do operador ou do gerente, o sistema compara a média de valores fornecidos pelos sensores a cada quinze minutos com os valores de referência correspondentes. Em caso de incompatibilidade entre os valores comparados, é emitida mensagem. As mensagens são enviadas em formato SMS, podendo ser recebidas por qualquer aparelho básico de celular. Assim, em tempo real, o operador e o gerente são avisados dos problemas detectados pelo sistema, tornando possível evitar desgastes/prejuízos no momento da sua ocorrência (gerenciamento pró-ativo). Essa é uma forma diferenciada de gerenciar, que não é apenas verificar em relatórios, com correções futuras de fatos já ocorridos. As Figuras 50 e 51 mostram exemplos do resultado dessa função, onde são

apresentadas mensagens diferentes em um *smartphone* e em um celular comum, sem recursos computacionais.



Figura 50 - Mensagem enviada a um *smartphone* (gerente)



Figura 51 - Mensagens enviadas ao celular do operador/gerente

4.4 Considerações finais

Fazendo-se um comparativo do sistema desenvolvido com os demais trabalhos relacionados, tem-se como diferencial:

- O sistema é uma ferramenta que auxilia o gerente do agronegócio na tomada de decisões. Por meio das tecnologias que são utilizadas é possível identificar e corrigir problemas relacionados às operações agrícolas durante a sua execução no campo, de forma mais rápida e precisa.
- Os dados da máquina, coletados através de sensores, são precisos e fidedignos já que são transmitidos diretamente da máquina agrícola (base móvel) para um computador servidor de banco de dados (base fixa) de forma automatizada, sem nenhuma interferência humana.
- Os dados são transmitidos em tempo real e podem ser analisados em um computador fora da máquina agrícola (independente de um computador de bordo).
- O sistema permite que o usuário acesse seu ambiente computacional a partir de qualquer lugar e a qualquer tempo por poder fazê-lo através de dispositivo móvel.
- O sistema possui uma arquitetura aberta, que permite modificações, ajustes e ampliações, diferentemente dos sistemas comerciais existentes, que possuem arquitetura fechada.

Este trabalho apresenta as seguintes inovações:

- São usados dois meios de transmissão dos dados, por rádio-frequência e estrutura de celular, tornando o sistema redundante, ou seja, se um meio falhar na transmissão o outro assume, garantindo o envio. Isto é possível porque os dois meios de transmissão apresentam infra-estruturas independentes e tecnologias que se diferenciam por características como protocolos, frequências, equipamentos (rádios transmissores) e estrutura física, como antenas e torres de transmissão, onde os limites de uma tecnologia são solucionados pelas vantagens da outra.
- O sistema é tolerante a falhas, de tal forma que continuará a executar corretamente mesmo na presença de falhas. Isto é possível através da análise dos pacotes de dados e pedidos de retransmissão (reenvio) daqueles identificados como inconsistentes ou não enviados.

- O uso de técnicas de computação pervasiva no agronegócio, que consiste na construção de um sistema pró-ativo. Ou seja, sem necessidade de solicitação prévia, o operador da máquina agrícola vai receber alertas sobre a existência de possíveis erros na operação da máquina. O sistema também chamará a atenção do gerente caso o operador não solucione a questão após alguns avisos. Desta forma, os problemas decorrentes de operadores não preparados são reduzidos, assim como a ocorrência de despesas que podem ser percebidas e evitadas. A computação pervasiva permite que a informação acompanhe o usuário de forma transparente, sem que ele necessite ter qualquer conhecimento de informática e, mesmo assim possa se beneficiar dela.

O desenvolvimento do SADA foi financiado pela Secretaria da Ciência e Tecnologia do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Divisão de Pólos Tecnológicos, através de projeto aprovado, encaminhado pelo Pólo de Modernização Tecnológica da Região Central.

5 CONCLUSÕES

Gerenciar empresas rurais pode ser mais difícil do que administrar empresas urbanas em função de suas características, como dependência de fatores climáticos altamente variáveis e reduzida qualidade da mão de obra. Com a necessidade do aumento da produção de alimentos, as propriedades rurais se tornaram dependentes da mecanização agrícola, fazendo com que grande parcela dos custos de uma operação agrícola esteja vinculada ao maquinário. Por isso, monitorar o desempenho das máquinas durante o seu trabalho no campo e determinar mecanismos para análise dos dados coletados é fundamental para auxiliar proprietários e gerentes do agronegócio.

Com a conclusão dos estudos propostos e a implementação do sistema SADA, comprova-se a hipótese de que a telemetria, associada a um sistema de gerenciamento, permite monitorar o desempenho do trabalho de uma máquina agrícola em campo e alertar as operações errôneas realizadas.

O SADA, Sistema de Apoio à Decisão para utilização no Agronegócio, compõe-se de dois módulos principais, o T-SADA e o G-SADA.

O T-SADA é o sistema de telemetria criado para fazer a transmissão dos dados coletados dos sensores implantados na máquina agrícola, armazenando-os em uma base de dados de um computador servidor. Ele consiste em uma rede sem fio (*wireless*) que busca a redundância através de dois meios de transmissão, que são por rádio-frequência (*ZigBee*) e estrutura de telefonia celular (GSM/GPRS), de tal forma que falhando um deles o outro assume a transmissão. Outra preocupação do sistema foi a validação dos dados armazenados, fazendo com que eles cheguem corretos e completos à base de dados, e permitindo o reenvio de pacotes falhos ou incorretos.

Os testes realizados demonstraram que a redundância foi eficaz e garantiu a transmissão com a troca de tecnologia sem degradação do tempo, já que em caso de desconexão do modem GSM, o sistema leva 30 milissegundos para se conectar ao *Xtend* e enviar os dados. Em paralelo, o sistema tenta restabelecer a conexão do modem, que leva de 10 a 30 segundos, e mantém a comunicação e a transmissão dos dados com o sistema alternativo até ter sucesso com a reconexão GSM.

O sistema de reenvio consegue determinar a transmissão de dados falhos em tempo hábil de até 5 segundos na maioria dos casos, enquanto que o ciclo de coleta é de 4 segundos.

O reenvio, portanto, continua possibilitando uma análise dos dados de forma *on-line*, com um tempo considerado pequeno entre o ciclo e o reenvio.

Apesar do sinal GSM/GPRS ser precário no local dos testes (Fazenda no município de São Francisco de Assis, estado do RS, Brasil) o *Xtend/ZigBee* estabeleceu a cobertura da maioria do território avaliado. Mesmo em casos onde não houve a cobertura de nenhum dos meios de transmissão, foi possível recuperar os dados não transmitidos através do processo de reenvio no momento de reconexão, com uma perda insignificante de 3 pacotes de dados em um total de 13.332, transmitidos.

O sistema T-SADA alcançou os objetivos propostos, ou seja, garantiu a transmissão dos dados com tolerância a falhas e de forma redundante em locais remotos e de relevos diferenciados, como planície (sem obstáculos) e coxilhas (com alguns obstáculos, morros).

Muitos experimentos e validações são realizados pelo uso de simulação computacional. Existem vários simuladores para redes de computadores, como é o caso do NS (*Network Simulator*) (MARQUES, 2010). Os simuladores permitem a visualização do comportamento das transmissões, mas não mostram problemas como os de implantação do sistema. O T-SADA foi validado em situação real, sem utilização de simulação.

O G-SADA é o sistema computacional de gerenciamento que tem o propósito de auxiliar gerentes do agronegócio, disponibilizando resultados de consultas em forma de mapas ou gráficos, que podem ser em tempo real (com a máquina em trabalho no campo) ou não. Seus usuários possuem perfis diferentes, o administrador do sistema faz a manutenção dos cadastros da base de dados; o gerente pode obter informações cadastrais relativas à fazenda, talhões, culturas, operações, máquinas e operadores de máquinas, ou fazer consultas referentes à posição de uma máquina agrícola, eficiência da operação, histórico das operações, consumo de combustível, velocidade e patinamento; e o operador/gerente recebe mensagens para o seu celular, alertando quando os valores da operação estiverem fora dos padrões, como consumo de combustível, altura da plataforma de corte e velocidade.

O G-SADA é uma das formas de utilização dos dados fornecidos pelos sensores. Muitas outras aplicações podem ser criadas a partir do momento em que os dados estiverem disponibilizados na base de dados, buscando auxiliar gerentes ou proprietários do agronegócio ou pesquisadores da mecanização agrícola que necessitem avaliar resultados de desempenho das máquinas.

O uso das tecnologias de informação e comunicação proporcionadas pelo sistema de telemetria (T-SADA) e pelo Sistema Gerencial (G-SADA), contribuem para o aumento da

lucratividade e competitividade da produção agrícola em função do controle e conseqüente redução dos custos envolvidos na gestão do agronegócio.

Como a transmissão dos dados é feita através de rede sem fio (*wireless*), é evitado o transtorno de ter que parar a operação agrícola para fazer a transferência para um computador portátil.

Todo o processo de criação do sistema foi documentado, desde a aquisição dos dados até a emissão dos resultados.

O sistema desenvolvido demonstrou ser tecnicamente viável, podendo ser adaptado a diferentes tipos de máquinas agrícolas, instrumentadas com sensores distintos. Além dos testes de campo feitos com a colhedora, foi possível colocar o sistema em funcionamento com tratores. Para tal prática foi utilizado um trator da marca *Massey Ferguson*, modelo *Advanced 290 Shuttle*, ao qual foram instalados sensores de rodas para informar o patinamento das rodas motrizes, também no tanque de combustível, para mostrar o consumo, e um GPS, para fornecer a velocidade de deslocamento.

5.1 Contribuições do trabalho

Este trabalho deixa como contribuições:

- um estudo de meios de transmissão de dados e o levantamento de equipamentos de transmissão necessários para uso neste caso;
- um sistema de transmissão de dados redundante e tolerante a falhas;
- a modelagem de dados e de funções de uma aplicação que utiliza informações coletadas em tempo real, fornecidas por sensores;
- um protótipo de sistema computacional de gerenciamento da propriedade rural, desenvolvido para a *web* e disponibilizado a partir de qualquer tipo de computador, que possui funcionalidades de acesso à base de dados estática e funcionalidades de tempo real;
- a mudança de cultura dentro da Instituição de Ensino Superior (IES) no que diz respeito à criação de grupos heterogêneos, aproveitando as potencialidades específicas e com isso, obtendo resultados mais rápidos através da troca de conhecimentos;
- a formação de um grupo de pesquisa multidisciplinar que pode dar continuidade aos estudos e trabalhos;

- o desenvolvimento de Tese de Doutorado, Dissertações de Mestrado e Monografias de Conclusão de Curso.

Os resultados do trabalho beneficiam diretamente os produtores rurais envolvidos no agronegócio, considerando que:

- A tecnologia desenvolvida possibilita que os mesmos tenham reais condições de conhecer, controlar e gerenciar seu trabalho com o maquinário, influenciando diretamente na redução dos custos envolvidos no processo de produção e abreviando o tempo de resposta para correção de um problema;
- Tanto os operadores das máquinas quanto os ruralistas terão uma completa mobilidade em suas propriedades rurais, pois não precisarão estar diante de um computador de mesa para receber informações gerenciais, visto que as mesmas poderão ser acessadas por um *notebook*, celular, *smartphone* ou PDA;
- A utilização do sistema SADA não requer especialização ou conhecimentos específicos dos produtores rurais, nem dos operadores das máquinas;
- O uso desta ferramenta irá reduzir o conservadorismo dos empresários/proprietários rurais no que se refere ao emprego de métodos e produtos inovadores.

5.2 Extensões futuras

Pode-se ter como extensões futuras deste trabalho:

- como o *datalogger* é um equipamento com muitas funções que o tornam mais oneroso, mas que muitas delas não são utilizáveis neste projeto, ele pode ser substituído por um circuito eletrônico a fim de automatizar a comunicação dos equipamentos transmissores e sensores. Esse *hardware*, denominado CAC (Circuito Eletrônico de Aquisição e Comunicação), é um circuito eletrônico especialmente desenvolvido para prover leitura, aquisição, armazenamento e comunicação de dados provenientes de sensores de instrumentação agrícola e/ou de sistemas de telemetria. Com o seu desenvolvimento, o custo do projeto ficaria diminuído.
- o desenvolvimento de outras aplicações a partir dos dados coletados pelos sensores;
- o aprimoramento das interfaces do G-SADA, tornando-as mais claras e com botões mais intuitivos;
- a correção de possíveis erros do G-SADA;

- a inserção de novos sensores na máquina agrícola, como um sensor para medir o nível do depósito de grãos em uma colhedora;
- o incremento de funções no G-SADA, como o envio de mensagem ao operador/gerente relativo ao nível de volume do depósito de grãos da colhedora, que permite sinalizar quando faltar, por exemplo, trinta por cento para o depósito do produto colhido estar completo. Desta forma é possibilitado que o transporte já possa ser acionado, sem a necessidade de haver um tempo de espera do operador da máquina, agilizando assim a operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOBE Systems Incorporated. **Adobe Flash Lite 2.1 Datasheet**. Disponível em: <<http://www.adobe.com/products/flashlite/productinfo/overview/datasheet.pdf>>. Acessado em: 20 jun. 2007.

AGRISOFT. **ADM-Máquinas**. Disponível em: <http://www.agrisoft.com.br/v2/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=90>. Acesso em: 20 jan. 2010.

ANDRIGHETTO, E. **Sistema de processamento de sinais biomédicos: rede wireless zigbee com aplicação do padrão IEEE 802.15.4**. 2008. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ARAÚJO, R. B. **Computação ubíqua: princípios, tecnologia e desafios**. In XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Natal, 2003.

ASAE Standards. **ASAE D497.2 Agricultural machinery management data**. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, 1999.

ASSISTE Engenharia de *Softwares* Técnicos. **Sisagri sistema de gerenciamento de plantio**. Disponível em: <<http://www.assiste.com.br/sisagri.html>>. Acesso em: 15 mai. 2010.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990.

BARROS, F. F. **A melhoria contínua no processo de plantio da cana-de-açúcar**. 2008. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

BATISTA, E. O. **Sistema de informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento**. São Paulo: Saraiva, 2004.

BIGATON, A. L. **Gestão estratégica da informação nas pequenas empresas: estudo comparativo de casos em empresas do setor industrial de São José do Rio Preto - SP**. 2005. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BIZARRIA, J. W. **Leitura automatizada de medidores de consumo de energia elétrica eletromecânicos**. 2006. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BOEMO, D. **Desenvolvimento de sistemas computacionais móveis, integrados a receptores GPS Bluetooth, aplicáveis a gestão rural e urbana**. 2007. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

BONATO, R. G. **Qualidade operacional da fenação: análise do processo de produção**. 2004. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

- BONDE, I. **Telemetria**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialmtelemetria/pagina_2.asp>. Acesso em: 18 jul. 2007.
- CAMARGO, J. M. **Relações de trabalho na agricultura paulista no período recente**. 2007. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, 2007.
- CAMPBELL – **Campbell scientific** - Disponível em: <<http://www.campbellsci.com/>>. Acesso em: fev. 2010
- CEBIM, G. J. **Plantio mecânico de cana-de-açúcar (*saccharum spp*): desempenho operacional e econômico**. 2008. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- CELLA, D. **Caracterização dos fatores relacionados ao sucesso de um empreendedor rural**. 2002. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- CEREDA JR, A.; THOMMAZO, A. D.; MARTINS, M. Scouting georreferenciado utilizando dispositivos computacionais móveis. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, agosto de 2007.
- DARUMA – **Modem Urmet Daruma GSM/GPRS** - Disponível em: <http://www.daruma.com.br/prd_det.php?id_prod=33>. Acesso em: jan. 2010
- EDWARDS, W. **Machinery management: farm machinery selection**. Ames: Iowa State University Extension, 2001.
- FALSARELLA, O. M.; CHAVES, E. O. **Sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão**. Disponível em: <<http://www.chaves.com.br/TEXTSELF/COMPUT/sad.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2010.
- FELCAR, A. H. **Comunicação e gestão da informação com o uso de TI: estudo multicaso em pequenas empresas do setor de informática de Ribeirão Preto-SP**. 2007. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo de solo**. 2003. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- FIGUEIREDO, C. M.; NAKAMURA, E. F. **Computação móvel: novas oportunidades e novos desafios**. T&C Amazônia, Ano 1, n. 2, Junho de 2003.
- FIHO, T. **Business intelligence no Microsoft Excel**. Rio de Janeiro: Excel Books do Brasil, 2004.
- FILHO, M. Técnica garante maior produtividade da cana. **Jornal da Unicamp**. UNICAMP. 27 de agosto a 2 de setembro de 2007.

FLORIDO, I. R. **Rede de sensores sem fio em ambientes veiculares baseada no padrão zigbee**. 2008. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GALVIN, D. **Protótipo de sistema de CRM para dispositivos móveis utilizando a tecnologia .NET**. 2004. Monografia de Conclusão de Curso - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

GARCIA, M. A. **Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2008. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GUIMARÃES, R. V. **Aplicação de geoprocessamento para o aumento da eficiência de percurso em operações agrícolas na cultura da cana-de-açúcar (saccharum spp.)**. 2004. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

GUO, L.S.; ZHANG, Q. Wireless data fusion system for agricultural vehicle positioning. **Biosystems Engineering**, Urbana, v.91 (3), p.261-269, 2005.

HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J.; RAKOTONIRAINY, A. **Infrastructure for pervasive computing: challenges**. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/hemichesiOinfrastucture.html>>. Acesso em: 18 set. 2009.

HOFMANN, R. **Software in tractors: aspects of development, maintenance and support**. Bonn: 2006 (Club of Bologna).

JAVA. **Java.com**. Apresenta textos sobre a plataforma J2ME. Disponível em: <http://www.java.com/pt_BR/download/faq/whatis_j2me.xml>. Acesso em: 30 ago. 2007.

JOHN DEERE. **APEX Software de gerenciamento agrícola**. Disponível em: <http://www.deere.com.br/pt_BR/ag/products/ams/apex.html>. Acesso em: 15 jan. 2010.

JUNIOR, D. **Transmissão de dados via telemetria: uma opção de comunicação remota**. Disponível em: <<http://www.vivaolinux.com.br/artigos/verArtigo.php?codigo=1710>>. Acesso em: 24 ago. 2009.

KAPPEL, A. M. **Uma abordagem para o gerenciamento do projeto de sistemas de informação na web com características sazonais**. 2006. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

LAMB, J.R. et al. **Aplicação de sistemas de informação para o controle das atividades em pequenas propriedades agrícolas**. XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Bonito, MS. Agosto de 2007.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J.P. **Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital**. São Paulo: Prendice-Hall, 2004.

LIMA, M. S. **Lançamento do OpenFarm 2.0**. Disponível em: <<http://www.dicas-l.com.br/dicas-l/20071015.php>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

LOPES, A. et al. **Importância da determinação correta do consumo de combustível em tratores. Revista Ciência Extensão.** v.1, p.14, 2004. Jaboticabal.

MACHADO, F. N.; ABREU, M. **Projeto de banco de dados: uma visão prática.** São Paulo: Érica, 1996.

MARCHIORI, P. Z. A ciência e a gestão da informação: compatibilidades no espaço profissional. **Revista Ciência da Informação,** Brasília, v.31, n.2, p. 72-79, maio/ago, 2002.

MARQUES, H. et al. Simulation of 802.21 handovers using ns-2. Hindawi Publishing Corporation. **Journal of Computer System, Networks, and Communications.** Disponível em <<http://downloads.hindawi.com/journals/jcsnc/2010/794749.pdf>>. Acesso em dez. 2010.

MENEZES, R. **Flash Lite - uma nova revolução à vista?** 2006. Disponível em: <<http://infomediav.terra.com.br/infomediav/?section=11&article=6>>. Acesso em: 20 jun. 2007.

MENON, J. M. **Dimensionamento de tráfego de rede de dados para sistema celular 1XEV-DO.** 2006. Dissertação de Mestrado - Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2006.

MESSIAS, A. R. **Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4).** Disponível em: <<http://alumni.ipt.pt/~lrafael/zigbeebyrogercom.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2010.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1974.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação.** Piracicaba: CNPq-PADCT/TIB; FEALQ, 1996.

MIKKONEN, T. **Programming mobile devices an introduction for practitioners.** Chichester: 2007.

MOLIN, J. P. **Revisão bibliográfica agricultura de precisão parte I: O que é e estado da arte em sensoriamento.** Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos901/agricultura-precisao-sensoriamento/agricultura-precisao-sensoriamento.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

MONSIGNORE, F. **Sensoriamento de ambiente utilizando o padrão zigbee.** 2007. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MORAES, G. D. A. **Tecnologia da informação na pequena empresa: uma investigação sobre uma contribuição à gestão estratégica da informação nos empreendimentos de São José do Rio Preto – SP.** 2005. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

MOREIRA, M. D. D. et al. **Internet do Futuro: Um Novo Horizonte.** Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, SBRC 2009. Recife, Pernambuco, 2009.

MUNACK, A.; Speckmann, H. Communication technology is the backbone of precision agriculture. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**. Vol III. May 2001.

MURAKAMI, E. **Uma infra-estrutura de sistemas de informação orientados a serviços distribuídos para agricultura de precisão**. 2006. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

NASCIMENTO, C. E. **Gestão do conhecimento: um estudo exploratório sobre a sua presença em empresas têxteis de médio e grande porte do vale do Itajaí**. 2003. Dissertação de Mestrado - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2003.

NAVARRO, M. D. **Telemedição de medidores eletrônicos de energia na rede de TV a cabo**. 2006. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

NETO, J. M. Proposta de um padrão para comunicação de dados em sistemas de telemetria baseado em *web services*. Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI. Disponível em: <<http://josemorelli.net/tcc/tcc-artigo.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2010.

NETO, M. et al. Computação móvel em agricultura. **Revista Agri-Ciência**, n.52, Lisboa. Disponível em: <<http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/rca/v30n1/v30n1a11.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2009.

NOGUEIRA, A. D. B. **Uma proposta de integração das redes UMTS e IEEE 802.11 com suporte a mobilidade**. 2007. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

NORONHA, J. F. Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: **Congresso Brasileiro de Economia Rural**. Anais. Campinas, São Paulo, 1991. p. 13-33.

OGLIARI, R.S. et al. **Gerenciamento de dados agrícolas utilizando a computação móvel em dispositivos com limitada capacidade de armazenamento**. Hifen, Uruguaiana, v.31, n.59/60, 2007.

OSMARI, E. K. **Gerenciamento da propriedade rural: ainda um dilema para o gaúcho?** Disponível em: <<http://www.guiamercadorural.com.br/?pg=noticia&id=536>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21 p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

PAULA, F. B. **Telemetria**. Disponível em: <<http://www.vivaolinux.com.br/artigos/verArtigo.php?codigo=1710>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

PEKUS Cons. e Desenvolvimento Ltda. **Dispositivos móveis**. 2002. Disponível em: <<http://www.pekus.com.br/palmtops.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2007.

PERIN, G. F. **Determinação da capacidade e eficiência operacional utilizando técnicas de agricultura de precisão.** 2008. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PIACENTINI, L. **Software para estimativa de custo operacional da maquinaria agrícola – MAQCONTROL.** 2007. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel, 2007.

PIERCE, F.J.; ELLIOT, T.V. Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington. **IEEE Computers and Eletronics in Agriculture**, Washington, v.61, p.32-43, 2008.

PINHEIRO, J. M. **ZigBee em home area network.** 2006. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_zigbee_em_home_area_network.php>. Acesso em: 24 mar. 2010.

PROCREARE. **Softwares para controle da agropecuária.** Disponível em: <<http://www.procreare.com.br/>>. Acesso em: 19 jan. 2010.

RAMOS, A. S. **Sistema multimídia para apoio ao gerenciamento de resíduos de abatedouro.** 2007. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa, 2007.

RIBAS JR, J. A. **Gerenciamento da propriedade agrícola.** Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/abrades-sc/pdf/Memorias2000/3_Ribas.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2009.

RIBEIRO JR, L. C. **Uma arquitetura de software para sistemas espaço-temporais baseados na web para agricultura de precisão.** 2007. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RUSSINI, A. **Projeto, construção e teste de instrumentação eletrônica para avaliação do desempenho de tratores agrícolas.** 2009. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SALDANHA, F. M. **Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de convênios.** 2004. Monografia de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SALDANHA, M. F. S. **Validação de dados geográficos espaciais em ambiente orientado a objeto.** 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/8196>>. Acesso em: 10 de out. 2009.

SALVI, J. V. **Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar.** 2006. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SAM. **SAM 3G Modem GSM** - Disponível em: <<http://www.fixedwireless.com.au/files/CIX42378/SAM3G%20Brochure.pdf>> Acesso em: fev. 2010.

SANTOS, P. M. **Modelagem do desempenho em tração de conjuntos mecanizados visando ao dimensionamento do trator**. 2010. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SANTOS, S.A. **Sintetizador de frequência de 2,4 GHz em CMOS, 0,3 um para aplicações em zigbee**. 2008. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SARAIVA, A. M. **TI no agronegócio e biodiversidade**. São Paulo, 2003.

SARUGA, F. **Evolução da mecanização agrícola**. Disponível em: <http://www.cna.pt/artigostecnicos/filipesaruga/06%20vtjulho2002_filipesaruga.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2009.

SCHLOSSER, J. F. Módulo 2: **Tratores agrícolas**. Santa Maria: UFSM/NEMA, 2002. (Série Técnica).

SCHLOSSER, J. F. Módulo 6: **Administração de máquinas agrícolas**. Santa Maria: UFSM/NEMA, 2003. (Série Técnica).

SILVA, A.B. et al. **Sistema de informação baseado no uso de telemetria em rede de comunicação móvel**. Conferência IADIS Ibero-Americana, 2005.

SILVA, E. S. **Metodologia de cálculo de espectro para suportar a evolução do sistema móvel celular**. 2007. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVEIRA, G.M. **Custo horário das máquinas agrícolas**. IAC – Campinas, 4p. 2006.

SIMCOM. **Documentação do modulo SIM340**. Disponível em : <<http://wm.sim.com/Sim/News/photo/2009612100236.pdf>> Acesso em: fev. 2010.

SOUZA, L. R. **Validação externa da metodologia de análise focada na decisão – o caso da “SEAB Paraná”**. 2002. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SPRAGUE, R. H.; HUGH, J. W. **Sistemas de Apoio à Decisão**. Campus. 1991.

TATO. **Documentação do Modem SIM340**. Disponível em: <<http://www.tato.ind.br/detalhesproduto.asp?id=87>>. Acesso em: fev. 2010.

TAURION, C. **Internet móvel: tecnologias, aplicações e modelos**. Rio de Janeiro, Campus, 2002.

TOLEDO, A. B. **Proteus: uma arcabouço para o particionamento de aplicações orientadas por objetos no ambiente as computação pervasiva**. 2007. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

TROPICAL. **Tropical Sistemas Industriais**. Disponível em: <<http://www.tropinet.com.br/telemetria.html>> Acesso em: fev. 2010

TSENG, C.L. et al. **Feasibility study on application of GSM-SMS technology to field data acquisition**. IEEE Computers and Eletronics in Agriculture, Taiwan, v.53, p.45-49, 2006.

WALSHAM, G.; WAEMA, T. Information systems strategy and implementation: a case study of a building society. **Communications of the ACM**, New York, v.12, n.2, p.150-173, 1994.

WANT, R.; Pering, T. **System challenges for ubiquitous & pervasive computing**. In: International Conference on Software Engineering, 27, 2005, Saint Louis. Proceedings... New York, ACM Press, 2005.

WAZLAWICK, R. S. **Análise e projeto de sistemas de informação orientados a objetos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WITNEY, B. **Choosing and using farm machines**. Essex: Longman Scientific and Technical, 1998.

YAMIN, A.C. **Arquitetura para um ambiente de grade computacional direcionado às aplicações distribuídas, móveis e conscientes do contexto de computação pervasiva**. 2004. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

VALLE, B. M. Tecnologia da informação no contexto organizacional. **Revista Ciência da Informação**, Brasília, v.25, n.1, 1996.

VALVERDE, A. **Tecnologia 3G**. Disponível em: <http://www.antenas3g.com.br/antenas_parabolica_3g.html>. Acesso em: 14 abr. 2009.

VECTIS, I3 Tecnologia. **Optimus**. Disponível em: <<http://www.i3.vectis.com.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

VIEIRA, E. P.; BRIZOLLA, M. M. **A influencia da mecanização da atividade agrícola na composição do custo de produção**. Disponível em: <http://www.furb.br/congressocont/_files/CCG%20152.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2009.

VITOR, E. **Evolução da Mecanização Agrícola**. Disponível em: <<http://essencia-existencialista.globspot.com/2008/11/evoluo-da-mecanizacao-agrcola.html>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

ZANATTA, E.; VARELLA, C. A. Programa computacional para gerenciar a substituição de máquinas agrícolas. **XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Bonito, MS, 2007.

APÉNDICE

Apêndice A - GLOSSÁRIO

Antena direcional - é usada quando o tráfego na linha não é muito grande e só possui uma direção na emissão de informação. É um equipamento opcional para redes sem fio que proporciona mais qualidade e intensidade do sinal, isto é, maior potência e alcance.

Banco de dados - (ou base de dados), é um conjunto de registros dispostos em estrutura regular que possibilita a reorganização dos mesmos e produção de informação.

Buffer - é uma região de memória temporária utilizada para escrita e leitura de dados. Os dados podem ser originados de dispositivos (ou processos) externos ou internos ao sistema.

Browser - também conhecido como navegador, é um programa de computador que habilita seus usuários a interagirem com documentos virtuais da *Internet*, também conhecidos como páginas da *web*.

Desktop - computador de mesa.

Flash e ActionScript - O *Flash* é uma ferramenta para produzir animações e utiliza a linguagem de *scripts* do *ActionScript* para adicionar interatividade aos filmes e assim como o *JavaScript*, é uma linguagem de programação orientada a objetos. Pode-se criar várias instâncias de uma classe, chamadas objetos, e usá-las nos *scripts*. Além disso, pode-se usar classes predefinidas do *ActionScript* e criar novas classes próprias. Ao criar uma classe, define-se todas as propriedades (características) e todos os métodos (comportamentos) de cada objeto que ela criar, exatamente como os objetos reais são definidos.

Google - Site de busca muito rápido e eficiente, que traz os resultados baseados no número de acessos de uma página e da origem deste acesso. Oferece ainda outros serviços.

GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global), tem como função básica identificar a localização de um receptor que capte os sinais emitidos por seus satélites

na superfície terrestre. É um sistema de informação eletrônico que fornece via rádio a um aparelho receptor móvel a posição do mesmo com referencia as coordenadas terrestres.

Hardware - É a parte mecânica e física da máquina, com seus componentes eletrônicos e peças.

Interface - se compõe dos meios pelos quais um programa se comunica com o usuário, incluindo uma linha de comandos, menus, caixas de diálogos, sistema de ajuda *on-line*, entre outros. As interfaces com os usuários podem ser classificadas como: baseadas em caracteres (texto), baseadas em menus e baseadas em elementos visuais.

Linux - O sistema operacional *Linux* é a representação prática de uma filosofia de distribuição e produção de *software* gratuito. Seu código fonte está aberto, para que programadores possam modificá-lo.

Modem - Contração de Modulador/Demodulador. Modulam sinais digitais na forma de sinais analógicos, como por exemplo os modems usados nos sistemas de acesso à *Internet* via cabo ou ADSL, assim como em algumas arquiteturas de rede.

On-line - significa estar conectado na *Internet* em tempo real.

Open Source - Programas que tem seu código aberto. Qualquer um pode baixar o código fonte do programa, estudá-lo ou mesmo aperfeiçoá-lo. *Open Source* não é a mesma coisa que de domínio público, pois continua pertencendo ao seu criador e a quem ajudou no seu desenvolvimento.

Pacote de dados - Todos os dados transmitidos através da rede, são divididos em pacotes. A estação emissora escuta o cabo, transmite um pacote, escuta o cabo novamente, transmite outro pacote e assim por diante. A estação receptora por sua vez, vai juntando os pacotes até ter o arquivo completo.

Plataforma - é o padrão de um processo operacional ou de um computador. É uma expressão utilizada para denominar a tecnologia empregada em determinada infra-estrutura de Tecnologia da Informação (TI) ou telecomunicações, garantindo facilidade de integração dos diversos elementos dessa infra-estrutura.

Ponto-a-ponto - é um termo usado em telecomunicações para identificar uma conexão mais duradoura que liga dois pontos de uma rede, em geral dois computadores numa rede trocando informações entre si ou dois terminais telefônicos durante uma conversa. As redes ponto-a-ponto são uma grande solução para residências onde os computadores desejam compartilhar informações entre eles e periféricos. Mas somente para transferência de dados locais, pois não serve para compartilhamento de *internet*. É como se fosse uma ponte que serve para ligar um lugar ao outro simples e direto.

Porta lógica - Também chamada de circuito lógico, são dispositivos que operam um ou mais sinais lógicos de entrada para produzir uma e somente uma saída, dependente da função implementada no circuito. São geralmente usadas em circuitos eletrônicos, em função das situações que os sinais podem apresentar: presença de sinal, ou "1"; e ausência de sinal, ou "0". O comportamento das portas lógicas é conhecido pela tabela verdade que apresenta os estados lógicos das entradas e das saídas.

Protocolo - informações e procedimentos técnicos que possibilitam a transferência de dados pela rede.

Protótipo - é um produto que ainda está em fase de testes ou de planejamento. Primeiro tipo ou exemplar; modelo ou padrão.

Repositório - é um local na *internet* ou mesmo em mídias locais, que possuem os pacotes de *software*.

Servidor da Web - Em uma rede, é um computador que administra e fornece programas e informações para os outros computadores conectados. No modelo cliente-servidor, é o programa responsável pelo atendimento a determinado serviço solicitado por um cliente. Referindo-se a equipamento, o servidor é um sistema que prove recursos tais como armazenamento de dados, impressão e acesso *dial-up* para usuários de uma rede de computadores.

Smartphone - é um telefone celular com funcionalidades avançadas que podem ser estendidas por meio de programas executados no seu Sistema Operacional.

Software - É o conjunto de procedimentos básicos que fazem com que o computador execute alguma função.

String - Conjunto de caracteres, ou seja, uma seqüência de símbolos ou dígitos em programação de computadores.

TCP/IP - é um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede. Seu nome vem de dois protocolos: o TCP (*Transmission Control Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão) e o IP (*Internet Protocol* - Protocolo de Interconexão). O conjunto de protocolos pode ser visto como um modelo de camadas, onde cada camada é responsável por um grupo de tarefas, fornecendo um conjunto de serviços bem definidos para o protocolo da camada superior. As camadas mais altas estão logicamente mais perto do usuário (chamada camada de aplicação) e lidam com dados mais abstratos, confiando em protocolos de camadas mais baixas para tarefas de menor nível de abstração.

Template - é um modelo de documento, ou melhor, é a apresentação visual de um *site*.

Transmissão por satélite - É uma forma de transmissão por microonda, na qual um satélite funciona como a estação de retransmissão.

Web ou World Wide Web - A *World* (mundo) *Wide* (amplo) *Web* (rede) é um conjunto de milhões de páginas de informação distribuídas pela rede. Cada *site*, forma conjuntos de páginas sobre determinados assuntos, instituições, indivíduos ou grupos de indivíduos. É um serviço de consulta a documentos hipermídia espalhados pela *internet* e podem ser consultados usando-se um *software* especial (*browser*).

Apêndice B - Funcionamento do G-SADA

Para executar o sistema G-SADA deve-se acessar a Internet, através da abertura de um *browser*. Ao digitar o endereço *http://sadaserver.hopto.org/sada/*, é mostrada a tela de entrada no sistema (Figura A1).



Figura A1 - Tela de entrada do sistema G-SADA

Nesta tela são digitados usuário e senha, já cadastrados no sistema. Caso um deles esteja inválido, é apresentada a mensagem da Figura A2.

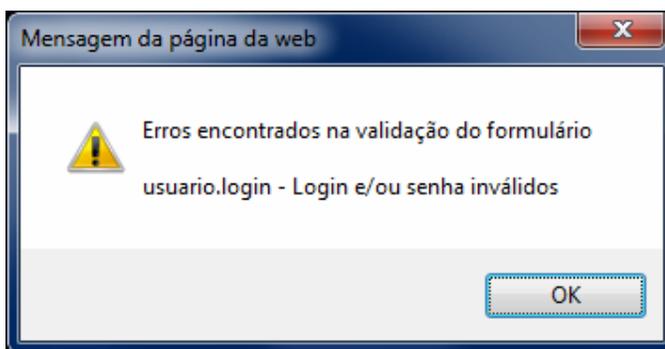


Figura A2 - Mensagem de usuário e/ou senha inválidos

O sistema admite dois perfis de usuário, que são reconhecidos pelo usuário/senha digitados. Os perfis possíveis são o de administrador e o de gerente. As funções apresentadas para um e para outro são diferentes. Ao administrador serão apresentadas as funções de manutenção de cadastro, enquanto que o gerente, além das funções do administrador, poderá também, consultar cadastros e visualizar gráficos.

Com a inserção de usuário e senha válidos, ao clicar no botão <Entrar> aparecerá a tela da Figura A3, se o usuário for o administrador, ou a tela da Figura A4, se o usuário for o gerente.

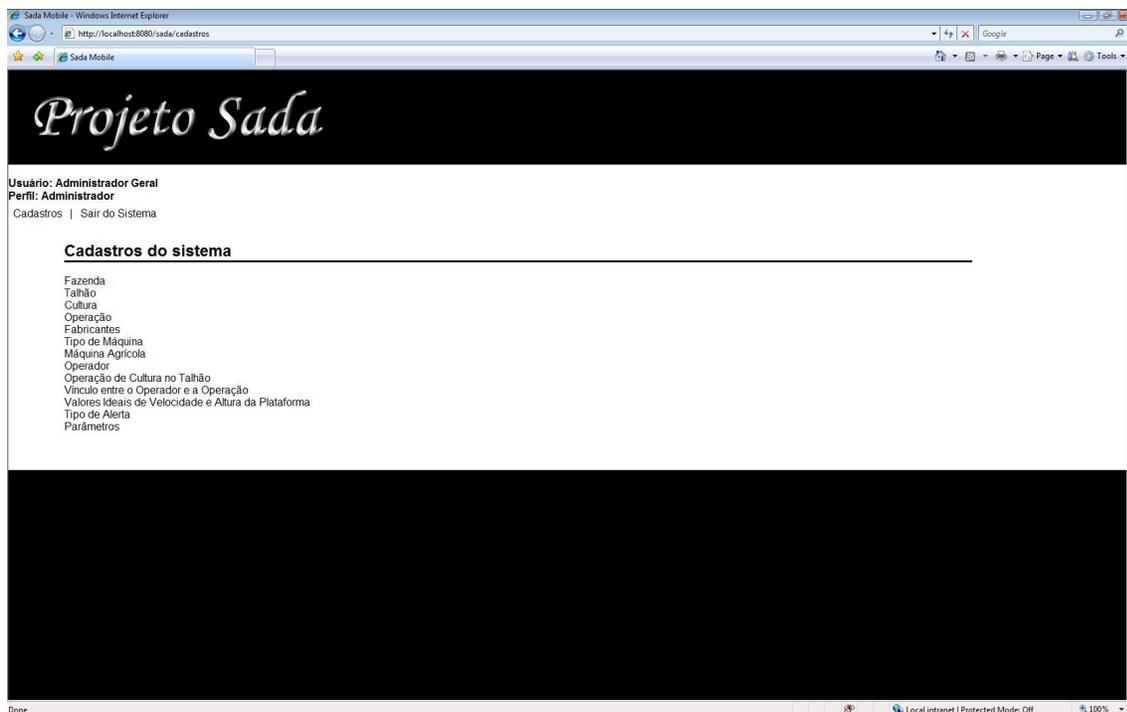


Figura A3 - Tela de funções do administrador

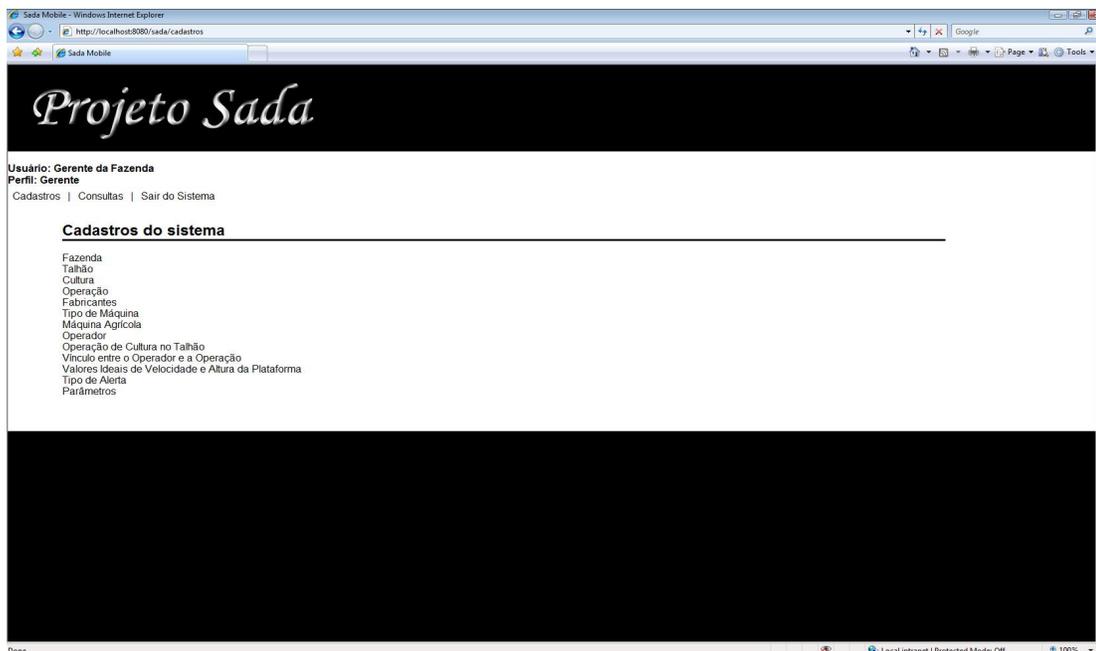


Figura A4 - Tela de funções do gerente

Ao clicar na opção "Consultas" do menu principal da tela do gerente, as funções da Figura A5 são apresentadas.

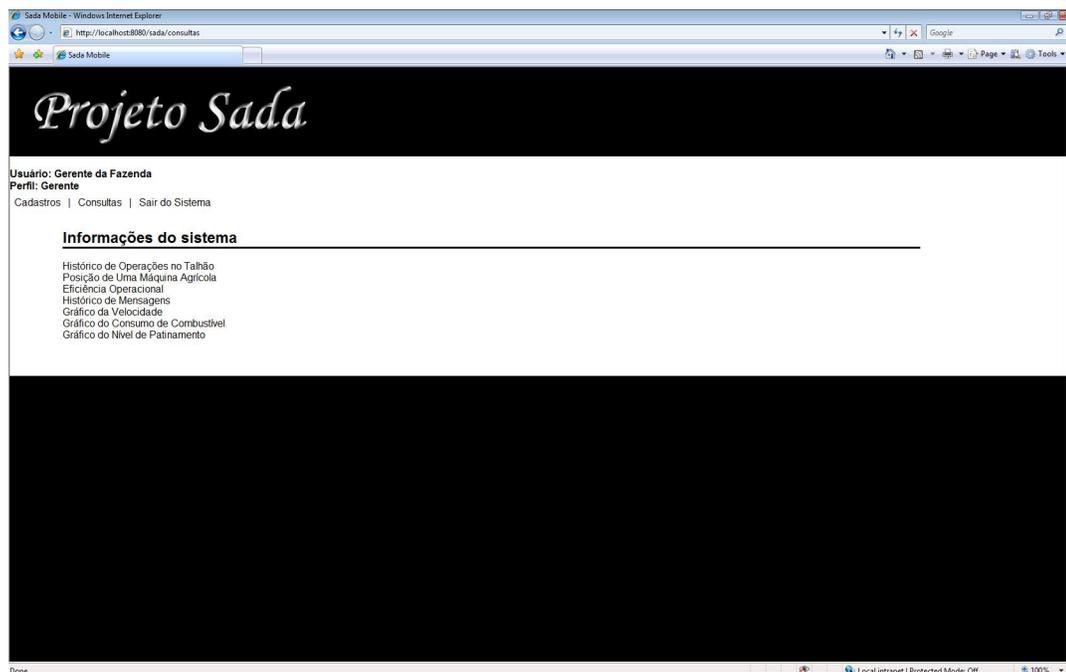


Figura A5 - Tela de funções de consultas do gerente

A opção "Sair do Sistema" faz retornar a tela de entrada.

As funções do administrador permitem consultar, incluir, alterar e excluir dados das tabelas da base de dados. Como todas as telas do grupo de funções "Manter cadastros do sistema" são semelhantes, para exemplificar será mostrada a função "Operador". Ao escolher esta opção, a tela da Figura A6 é apresentada, exibindo todas as linhas da tabela.

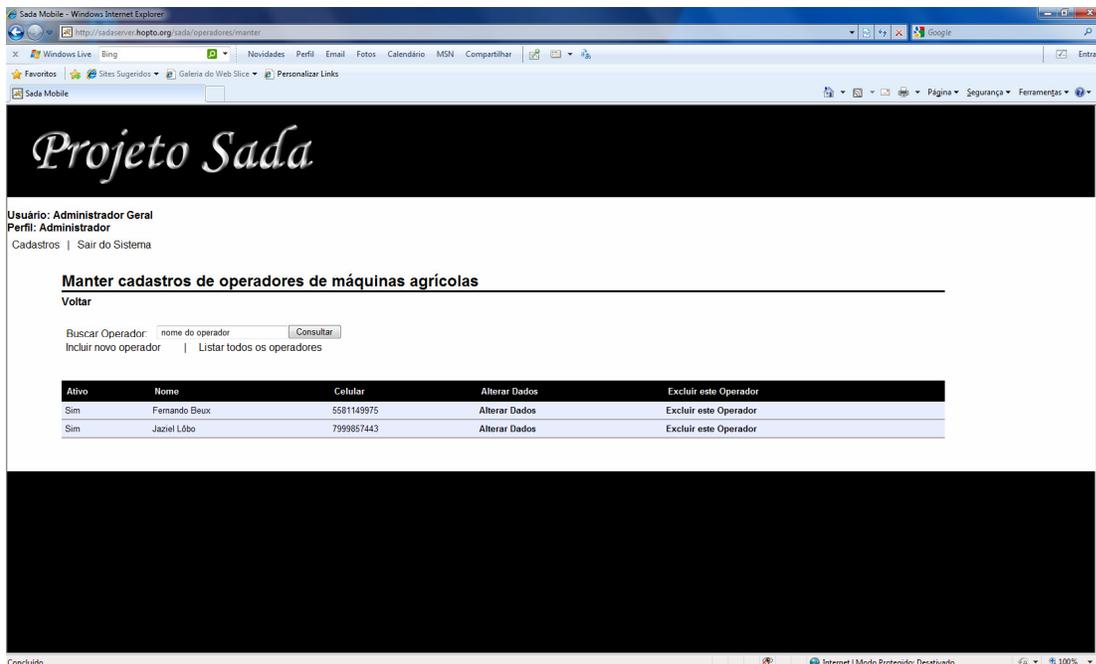


Figura A6 - Tela da função "Manter Operador"

Para ser mostrada uma linha específica, deve ser digitado o nome ou parte do nome do operador, clicando no botão <Consultar>. No exemplo deste caso, digitando "fer", iniciando com letra maiúscula ou não, será mostrada a tela da Figura A7.



Figura A7 - Resultados da busca pelo nome "fer"

Ao clicar no item "Listar todos", todas as linhas da tabela passam a ser mostradas na janela, e "Voltar", retorna a tela anterior a corrente.

A inclusão de uma nova linha implica em pressionar o botão esquerdo do *mouse* no item "Incluir novo", sendo mostrada então a tela da Figura A8.

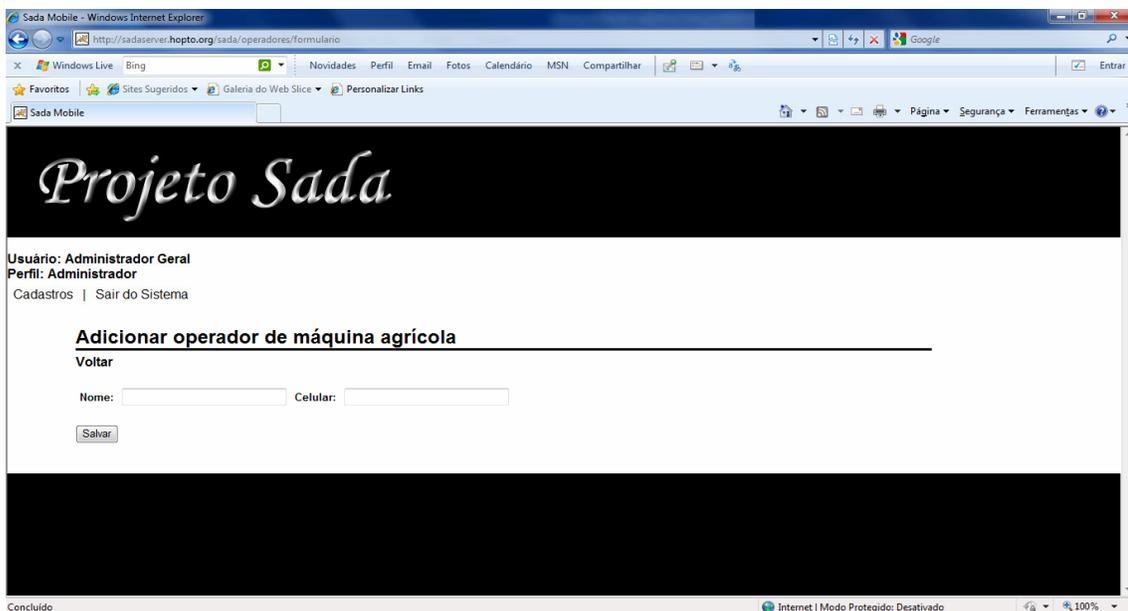


Figura A8 - Exemplo de tela de Inclusão

Para ocorrer a inserção da nova linha na tabela da base de dados, é necessário que se faça a digitação dos campos e após, seja pressionado o botão <Salvar>. Se algum campo de digitação obrigatória não for preenchido o sistema emite uma mensagem de erro. A Figura A9 apresenta um exemplo de mensagem de erro através da inclusão de um novo operador sem a digitação do número do seu telefone celular.

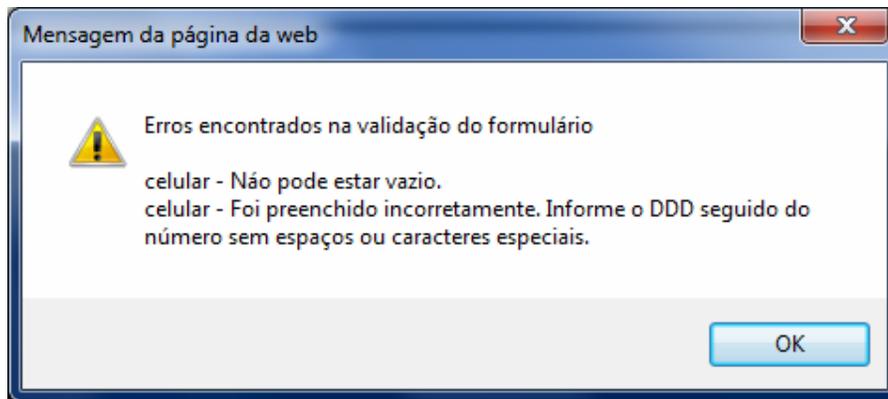


Figura A9 - Mensagem de erro na inclusão de uma linha na tabela

Para efetuar alteração dos valores dos campos da linha deve-se clicar no item "Alterar Dados" da linha escolhida. A Figura A10 apresenta, como exemplo, a tela de alteração dos dados do operador, possibilitando a redigitação de novos dados e a mudança do seu estado, podendo passar de "ativo" para "inativo". Clicando no botão <Salvar>, os valores são alterados.

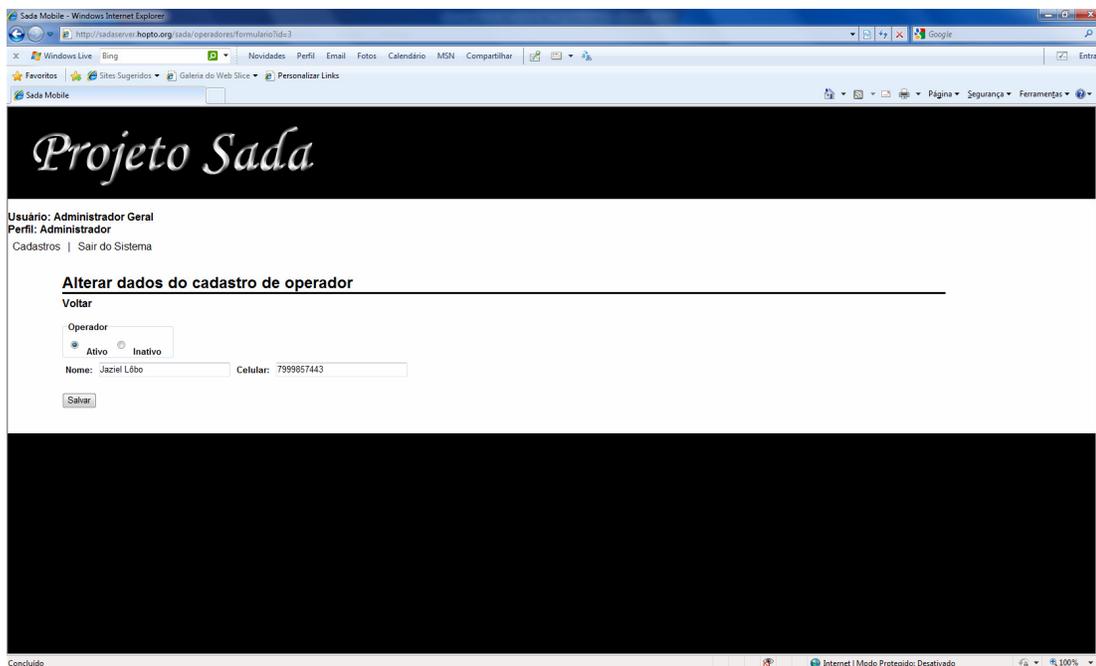


Figura A10 - Tela de alteração dos dados do operador

A exclusão de uma linha da tabela é possível através do item "Excluir". Ao clicar neste item da linha escolhida para exclusão é mostrada uma mensagem de confirmação, conforme exemplo da Figura A11.

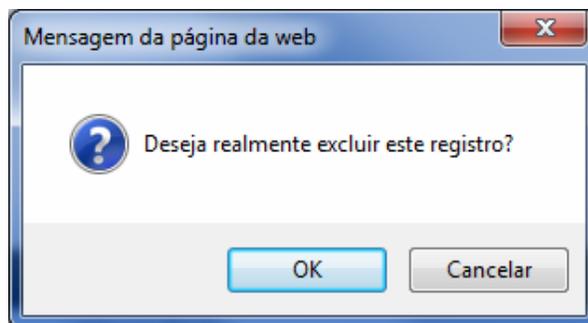


Figura A11 - Mensagem de confirmação de exclusão de linha

O gerente possui dois grupos de funções, "Cadastros", o mesmo disponibilizado para o administrador, e "Consultas". As funções de consultas permitem visualizar históricos de mensagens enviadas ao operador e de operações nos talhões, a posição de uma máquina agrícola e gráficos do consumo de combustível, velocidade e patinamento da máquina.

Ao escolher uma dessas funções é apresentada uma tela para ser informada a fazenda, o talhão, a cultura, a operação e a data de início usados, para ser feita a busca na base de dados. A Figura A12 mostra a tela da função "Histórico de Operações no Talhão" para exemplificar.



The screenshot displays a web browser window titled "Sada Mobile - Windows Internet Explorer". The address bar shows the URL "http://sadaserver.hopto.org/sada/historicoOperacoesTalhao/opcoes". The browser interface includes a search bar with "Google" and various navigation and utility icons. The main content area features a black header with the text "Projeto Sada" in a white, stylized font. Below the header, the user's profile is shown: "Usuário: Gerente da Fazenda" and "Perfil: Gerente". Navigation links for "Cadastros", "Consultas", and "Sair do Sistema" are present. The main section is titled "Consultar Histórico de Operações no Talhão" and contains a form with the following fields:

- Fazenda: Buricaci (dropdown menu)
- Talhão: Areia (dropdown menu)
- Cultura: Arroz (dropdown menu)
- Operação: Colheita (dropdown menu)
- Data inicial (formato: dd/mm/aaaa): 14/04/2010 (dropdown menu)
- Data final (formato: dd/mm/aaaa): (empty text input field)

A "Salvar" button is located at the bottom left of the form area. The browser's status bar at the bottom indicates "Concluído" and "Internet | Modo Protegido: Desativado".

Figura A12 - Tela para digitação dos campos usados como filtro de pesquisa de consultas