ADRIANO ROGÉRIO BRUNO TECH

**Desenvolvimento de uma ferramenta computacional
para monitoramento e coleta de dados, baseado em
conceitos de e-Science e Data Warehouse para
aplicação na Pecuária.**

Tese apresentada à Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para a obtenção do Título
de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Ernane José Xavier
Costa.

Pirassununga

2008

*À minha esposa **Ellen** e aos meus filhos **Victória**
e **Ian**, pelo amor, carinho e compreensão nos momentos difíceis. A **meus**
pais e **familiares** pelo carinho, amor, incentivo e dedicação em todos os
momentos de minha jornada e aos meus **amigos** pelo apoio.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ernane José Xavier Costa, pela contribuição acadêmica, por sua amizade e pelo companheirismo.

Aos meus amigos Aldo Ivan Céspedes Arce, Ana Carolina de Sousa Silva e Rosana Ferrari, pelo auxílio na execução do Projeto, pelos artigos escritos em parceria e pela boa convivência.

Aos funcionários do Campus que auxiliaram durante a experimentação.

Aos funcionários e amigos da Secretária da Pós Graduação, da Biblioteca da FZEA e em especial à Sra. Conceição.

Aos demais amigos do ZAB, pela convivência, amizade e ajuda nos experimentos.

Aos colegas da pós – graduação.

Aos professores Prof. Sérgio Paulo e Prof. Andrés e aos demais alunos do LAFAC.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Prefeitura do Campus Administrativo de Pirassununga, pelo empréstimo dos animais.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho e em especial, à Professora Carmen Fermoseli.

À **Academia da Força Aérea Brasileira (AFA)** pelo apoio prestado durante os estudos e desenvolvimento da Tese.

RESUMO

TECH, A.R.B. **Desenvolvimento de uma ferramenta computacional para monitoramento e coleta de dados, baseado em conceitos de e-Science e Data Warehouse para aplicação na Pecuária.** 2008. 129 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

Este trabalho estuda a viabilidade de um sistema de monitoramento e de coleta de dados através da WEB, com a construção de um e-Science Zootécnico. Foram desenvolvidos os sistemas, os meios de comunicação e monitoramento, além de um simulador de deslocamento, para otimização da distribuição de antenas e identificação dos animais. Os modelos Random Walk e Pseudo-Browniano foram utilizados para a implementação do simulador. O sistema de comunicação e o sistema gestor foram desenvolvidos e testados através de experimentos que permitiram a análise e a verificação de desempenho do sistema completo, intitulado de “e-LAFAC”, que permite o controle integral do sistema, como a comunicação das estações fixas, com as estações móveis, através de uma rede de sensores sem fio. A metodologia utilizada no projeto, bem como os resultados obtidos, permitem concluir que, o objetivo de acompanhar e monitorar o animal durante um experimento, com coleta de dados telemétricos em tempo real e à distância, foi alcançado.

Palavras-Chave: Rede de sensores sem fio; Interface; Monitoramento; Sistema de Identificação; Data Warehouse; e-Science.

ABSTRACT

TECH,A.R.B. **Development of a computer tool for monitoring and data collecting, based in concepts of e-Science and Data Warehouse for the application in Cattle Breeding.** 2008. 129 F. Thesis (Doctorate) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

This paper studies the viability of a system of monitoring and data collecting through the WEB, with the construction of a Zootechnic e-Science. The hardware systems, the electronic communication devices and monitoring protocols were developed, besides a dislocating simulator, for the improvement and distribution of the antennas and identification of the animals. The models Random Walk and Pseudo-Brownian Motion were used for the implementation of the simulator. The communication and management system were developed and tested through experiments that enable the analysis and evaluation of the performance of the complete system, called “e-LAFAC”, that allows the complete control of the system, as well as the communication of the fixed stations with the movable stations through a wireless sensor network. The methodology used in the project, as well as the results, allow us to conclude that the objective of following and monitoring the animal during an experiment, with the telemetric data collection in real time was obtained.

Keywords: Wireless Sensor network; Interface; Monitoring; Identification System; Data Warehouse; e-Science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Brinco Alfanumérico. Adaptado de: Barbosa (2004).....	23
Figura 1.2 - Chip para aplicação sub cutânea. Fonte: Barbosa (2004).....	23
Figura 1.3 - <i>Transponder</i> intra ruminal – Bolus. Fonte: Barbosa (2004).	24
Figura 1.4 - Brinco Eletrônico. Fonte: Barbosa (2004).....	24
Figura 2 – Arquitetura de um modelo de Rede de um e-Science Grid. Adaptado de: Lican, Zhaohui e Yunhe (2003).	28
Figura 3 – Tipos de movimentos. Adaptado de: García, Blanco e Serrano (2007).....	32
Figura 4 – Distância Social e Individual. Adaptado de: García, Blanco e Serrano (2007).....	34
Figura 5 – Distância de conforto.	35
Figura 6 – Início dos movimentos.....	37
Figura 7 – Instante $t + 100$	37
Figura 8 – Movimentos realizados após um instante $t + 500$	37
Figura 9 - O nodo sensor. Fonte: Silva et al. (2005).....	42
Figura 10 – Imagem da placa de circuito impresso da estação rádio-base fixa (ERBF).....	43
Figura 11 – Nodo Sensor acoplado aos animais (ERBM).	43
Figura 12 – Infra-estrutura de Monitoramento do Rebanho. Fonte: ARCE et al. (2006).	45
Figura 13 – Modelo genérico de um nó WSN. Fonte: SILVA et al. (2005).	46
Figura 14 – Diagrama esquemático uma rede FBSN. Fonte: ARCE et al. (2006).....	47
Figura 15 – Algoritmo de controle do FBSN. Fonte: ARCE et al. (2006).	48
Figura 16 – Sistemas de Sensores com reprogramação de pontos on-line. Fonte: Puers (1999).	50
Figura 17 – Sistema padrão de sensores. Fonte: Puers (1999).	51
Figura 18 – Funcionamento de um sistema de coleta a distância via RFID. Fonte: Gutierrez, Filha e Neves (2005).....	52

Figura 19 – Integração do sistema de coleta sem fio com o Sistema de Gestão do e-Lafac. Adaptado de: Gutierrez, Filha e Neves (2005).....	53
Figura 20 – Exemplo de um Inlay.....	54
Figura 21 – <i>Transponder</i> Subcutâneo.....	56
Figura 22 – Esquema de um <i>transponder</i> subcutâneo.	56
Figura 23 – Sistema de coleta e armazenamento de dados. Adaptado de: Partners (2005).	58
Figura 24 – Tela do Sistema identificando a posição do rebanho.	58
Figura 25 – Identificação do animal ou rebanho em relação à torre de requisição.....	59
Figura 26 – Use Case do Sistema Gestor (Simplificado).	60
Figura 27 - Arquitetura do simulador.	63
Figura 28 - Classes “rebanho” e “boi” do simulador.....	64
Figura 29 - Diagrama UML do domínio.	65
Figura 30 – Diagrama esquemático de uma rede FBSN alimentando um banco de dados (DW). Adaptado de: ARCE et al. (2006).	67
Figura 31 – Sistema completo e-LAFAC.....	69
Figura 32 – Use Case do Módulo Gestor.....	70
Figura 33 – Use Case e Diagrama de Classe – Cadastro de Animais.....	70
Figura 34 – Use Case e Diagrama de Classe - Produção do animal.	71
Figura 35 – Tela de cadastro de reprodução do animal.	72
Figura 36 – Tela de cadastro da Fazenda.	73
Figura 37 – Tela de cadastro dos Proprietários / Criadores.	74
Figura 38 – Use Case de Monitoramento do Rebanho ou Animal.	75
Figura 39 – Ambiente de um Data Warehouse (DW). Fonte: Navarro (2007).	77
Figura 40 – Acesso ao Ambiente Interno através da Internet, Extranet ou Intranet.	80
Figura 41 – Sistema de Identificação de animal utilizando Rádio Frequência. Adaptado de: Geers et al. (1997)	83
Figura 42 - Comunicação do Sistema através de estações rádio-base (ERB).	84
Figura 43 – Identificação da área utilizada no 2º experimento.	86

Figura 44 – Antena de comunicação entre as ERBF e as ERBM.....	86
Figura 45 – Câmera IP – visualização da área em estudo.....	87
Figura 46 – Servidor de dados utilizado como base para o e-Science.	87
Figura 47 – Fonte de alimentação para as ERBF. Bateria de 45A.	88
Figura 48 – Base da ERBF para acondicionamento da bateria.....	88
Figura 49 – Imagem do cabresto desenvolvido para acondicionamento da ERBM.....	89
Figura 50 – Imagem do cabresto em ângulo diferente para acondicionamento da ERBM.	89
Figura 51 – Estação rádio base fixa (ERBF) com a câmera IP acoplada.	90
Figura 52.1 – Início do movimento MARWA ($t = 0$)	92
Figura 52.2 – Movimento MARWA ($t = 100$)	92
Figura 52.3 – Movimento MARWA ($t = 200$)	92
Figura 52.4 – Movimento MARWA ($t = 300$)	92
Figura 52.5 – Movimento MARWA ($t = 400$)	93
Figura 52.6 – Movimento MARWA ($t = 500$)	93
Figura 52.7 – Movimento MARWA ($t = 700$)	93
Figura 52.8 – Movimento MARWA ($t = 5000$)	93
Figura 53.1 – Início do Movimento Pseudo-browniano ($t = 0$)	94
Figura 53.2 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 100$)	94
Figura 53.3 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 200$)	95
Figura 53.4 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 300$)	95
Figura 53.5 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 400$)	95
Figura 53.6 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 500$)	95
Figura 53.7 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 600$)	96
Figura 53.8 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 700$)	96
Figura 53.9 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 5000$)	96
Figura 54 – Torres de transmissão para identificação de localização do animal através do protocolo FSN.	98
Figura 55 – Movimento MARWA.....	100
Figura 56 – Movimento Pseudo-browniano.....	100
Figura 57.1 – Início do Movimento Pseudo-browniano.....	101
Figura 57.2 – Início do Movimento MARWA.....	101

Figura 57.3 – Movimento MARWA (t=100).	102
Figura 57.4 – Movimento Pseudo-browniano (t=100).	102
Figura 57.5 – Movimento MARWA (t=500).	102
Figura 57.6 – Movimento Pseudo-browniano (t=500).	103
Figura 58 – Tela do simulador com a infra-estrutura para monitorar um animal isolado.	104
Figura 59 – Tela do simulador mostrando o rebanho virtual em movimento (Modelo Pseudo-browniano).	104
Figura 60.1 – Animais em início de deslocamento.	105
Figura 60.2 – Animais após alguns minutos de deslocamento.	105
Figura 60.3 – Animais após 50 minutos de deslocamento (observação).....	106
Figura 61.1 – Animais em início de deslocamento. Projeção, plano de referência.	107
Figura 61.2 – Animais após algum período de deslocamento. Projeção, plano de referência.....	107
Figura 61.3 – Animais após 50 minutos de deslocamento. Projeção, plano de referência.	107
Figura 62 – Início do monitoramento.....	111
Figura 63 – O mesmo animal após alguns minutos de filmagem.....	111
Figura 64 – Um zoom em relação ao animal observado (zoom óptico de 2x).	112
Figura 65 – Imagem em relação aos outros animais do experimento.....	112
Figura 66 – Imagem anterior após alguns minutos.....	113
Figura 67 – Imagem dos animais em deslocamento.....	113
Figura 68 – Imagem dos animais saindo da cobertura.....	114
Figura 69 – Animais em deslocamento na área do experimento.	114
Figura 70 – Animais descansando.....	115
Figura 71 – Animais em deslocamento conforme monitoramento.....	115
Figura 72 – Visualização das outras ERBF (2ª e 3ª) através da primeira estação com a câmera IP acoplada.	116
Figura 73 – Visualização geral das vizinhanças do 3º experimento através da primeira estação com a câmera IP acoplada.	116

Figura 74 – Visualização geral dos animais ao redor da primeira estação (ERBF – 1).	117
Figura 75 – Software coletor dos dados telemétricos, no caso, a temperatura do animal.	117
Figura 76 – Visualização dos arquivos extensão AVI, gerados pela câmera IP.	122

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Analógico / Digital.
BM	Base Móvel.
CI	Circuito Integrado.
DEVS	Discrete Event System Specifications.
DM	Data Mining.
DW	Data Warehouse.
FBSN	Float Base Sensor Network.
ERBF	Estação Rádio Base Fixa.
ERBM	Estação Rádio Base Móvel.
ERBT	Estação Rádio Base Temporária.
MARWA	Movimento de deslocamento adaptado do movimento Random Walk
RFID	Radio Frequency Identification.
SAD	Sistema de Apoio à Decisão.
SISBOV	Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina.
TI	Tecnologia da Informação.
UML	Unified Modelling Language.
WSN	Wireless Sensor Network.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

1 Introdução.....	14
2 Revisão de Literatura.....	21
2.1 Identificação Eletrônica (RFID).....	21
2.2 e-Science	26
2.3 Padrões de deslocamento do rebanho – Raça Zebuína e o simulador	29
2.3.1 O deslocamento social do Bovino	31
2.3.2 Estudo sobre as características do movimento aleatório	36
2.3.2.1 Movimento Random Walk	36
2.3.2.2 Movimento Browniano	38
3 Objetivos	39
4 Material e Métodos	40
4.1 Simulação dos movimentos.....	40
4.2 Arquitetura básica do Hardware	41
4.2.1 Nós Sensores – Estações Rádio Base Móveis (ERBM)	42
4.2.1.1 Acondicionamento dos Sinais.....	43
4.2.1.2 Conversão de Sinais Analógicos em Digitais	44
4.2.1.3 Transmissão dos Dados Digitais.....	44
4.2.2 Estações Rádio Base Fixas (ERBF)	44
4.2.3 Estrutura das Redes de Sensores sem fio.....	45
4.3 O Sistema Gerenciador de Rebanho – e-LAFAC	49
4.3.1 A Interface de Gerenciamento de Comunicação	49
4.3.1.1 Interface de Comunicação	49
4.3.1.2 Sistema de Coleta e Monitoração de Dados	52
4.3.1.3 Sistema de Acesso e Armazenamento de Dados.....	57
4.3.2 O Sistema e-LAFAC.....	60
4.3.2.1 O ambiente Interno do Software Gestor.....	61
4.3.2.1.1 O Modelo do Domínio.....	64

4.3.2.2 O ambiente externo do Sistema Gestor.....	78
4.4 Experimentação animal	82
5 Resultados e Discussão	91
5.1 Análise de desempenho entre os movimentos gerados pelos modelos de deslocamentos aleatórios	91
5.2 Aplicação do simulador no rastreamento do rebanho	97
5.3. Análise dos movimentos de deslocamento em relação ao movimento real descrito pelo rebanho	99
5.4 e-Science e sua aplicabilidade na Zootecnia	108
5.5 Teste do sistema	109
6 Conclusão	123
Referências	125

1 Introdução

As grandes economias do mundo, mesmo as fortemente industrializadas, sempre tiveram no setor agrícola / pecuário um importante pilar e o protegem da competição externa, com todo tipo de barreira. Cada vez mais a tecnologia é associada ao setor, buscando sempre aperfeiçoar o processo de transformação e beneficiamento, aumentando assim, a qualidade (PIRES, 2002).

Com a grande variedade de dados e variáveis inseridas no processo de transformação e controle das atividades do agronegócio, torna-se indispensável o desenvolvimento de ferramentas e técnicas que permitam ao produtor um controle mais apurado sobre o seu negócio e, conseqüentemente sobre o seu produto. Desta maneira, torna-se importante e necessário a transformação de dados em informações, através do conhecimento e destas, em possíveis decisões que permitirão aos gestores controlarem e gerirem seus negócios, com qualidade, segurança e produtividade.

Assim, a utilização de sistemas eletrônicos para a monitoração e controle de negócio, em especial, da pecuária, tornou-se fundamental para o estabelecimento de novos e melhores padrões de gerenciamento.

A identificação eletrônica em animais por rádio frequência (*Radio Frequency Identification* -RFID) traz muitas vantagens para a administração do agronegócio da pecuária, além de permitir uma melhoria considerável em relação à identificação visual de números.

As principais vantagens da utilização desta técnica de monitoramento são: diminuição da operacionalidade em relação ao manejo do rebanho e a eliminação de leituras incorretas com margem de 6% para menos de 0,1% (ERADUS; JANSEN, 1999; GEERS et al., 1999).

A RFID facilita também, o uso de sistemas de alojamento automatizados (GEERS et al., 1999) e combina as vantagens dos sistemas de alojamento convencionais (liberdade relativa para os animais), com as vantagens dos controles individuais de animais (BOCKISCH, 1990).

Sendo assim, é possível identificar a necessidade de desenvolvimento de softwares, que permitirão aos cientistas e produtores acessarem um sistema de gestão e de informação baseados em tecnologias atuais, tais como: comunicação sem fio, agentes inteligentes inseridos em softwares e elementos de identificação eletrônica para o acompanhamento, monitoramento, controle da produção e conseqüentemente para o apoio à tomada de decisão (SAD) (SARAIVA, 2003).

Outro aspecto importante inserido nesta análise está relacionado ao crescente aumento no controle e gerenciamento do rebanho, que tem influenciado significativamente a criação de normas e padrões para monitoramento e acompanhamento do processo produtivo, de forma a garantir a qualidade do produto final a ser adquirido pelos consumidores.

Baseado nessa visão e perspectiva, a União Européia (UE) por meio da resolução CE Nº 820/97 exige que todo o processo de produção de carne esteja inserido em um programa de identificação e registro. Tudo isso, para possibilitar e permitir o levantamento e a identificação de todas as informações pertinentes ao animal, desde o nascimento até o abate, visando garantir uma melhor qualidade do produto final e, conseqüentemente, a segurança do consumidor (FERREIRA; MEIRELLES, 2002).

Visando o aprimoramento da resolução em função da necessidade de ajustes, a União Européia através de normativas estabelecidas, passou a seguir o Regulamento nº1760/2000, do Parlamento e do Conselho, de 17 de julho de 2000. Essa nova medida estabelece o regime de identificação e registro de bovinos, com relação à rotulagem e aos produtos à base de carne bovina, revogando assim, o Regulamento (CE) nº 820/97 do Conselho.

Esta alteração mostra a preocupação da UE em identificar possíveis problemas sanitários no processo de importação de produtos de corte. Portanto, a UE quer ser capaz de identificar a origem de um problema, como surgiu, ou seja, na fase de cria, engorda ou processamento do produto, o qual exige controles rigorosos.

Por isso, a insistência na identificação individual dos animais. Mas, também é possível, segundo alguns autores e criadores de gado de corte, que por trás desta resolução possa estar escondida uma barreira protecionista disfarçada (DEL DEBBIO, 2004), tentando garantir a subsistência da produção interna.

Em complemento ao exposto, não se pode negligenciar efetivamente, a necessidade de um melhor acompanhamento do processo produtivo, uma vez que, ao final do ciclo ou processo, encontram-se os consumidores que não podem ser lesados por falhas ou falta de fiscalização relacionada com a parte sanitária.

Segundo Sarto, Miranda e Brisolara (2003) várias mudanças estão acontecendo no cenário de alimentação mundial. As mudanças nos hábitos alimentares e a ocorrência de contaminações em alimentos estão aumentando a preocupação dos consumidores e dos governantes em relação à qualidade dos alimentos. Assim, as autoridades estão atuando com maior ênfase e por esse motivo, a segurança alimentar tem recebido uma atenção maior junto aos novos processos de industrialização e às novas tendências de comportamento dos consumidores.

Para Spers (2000), a segurança do alimento refere-se à garantia que o consumidor tem, em consumir um produto isento de contaminação, que o prejudique ou que cause algum prejuízo à sua saúde.

Nesta linha de pensamento destacam-se dois tipos básicos de abordagens, as quais podem ser identificadas como técnicas e econômicas. A primeira tem o foco na identificação dos níveis, das formas de contaminação e do controle relativos às doenças provocadas pelos alimentos, além dos

estudos e técnicas que detectam e mensuram a presença de substâncias nocivas nos alimentos.

A segunda está relacionada com o valor agregado que o consumidor estaria disposto a pagar pelo produto, ou seja, os custos adicionais, os programas de desenvolvimento e implantação de novas técnicas necessárias para a garantia de um alimento com qualidade (SPERS, 2000).

Devido a essa exigência estão sendo desenvolvidos sistemas que permitam a identificação e o acompanhamento dos registros dos animais com maior segurança e confiabilidade, em relação aos procedimentos de controle hoje adotados, frente às exigências do mercado internacional (PIRES, 2002).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) visando garantir a qualidade do produto interno e principalmente externo, criou em janeiro de 2002 o Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina (SISBOV), buscando com isso, um sistema de melhoria e, a criação de um sistema de monitoramento e gerenciamento de rebanho com características importantes; como o conhecimento criterioso do rebanho e a correta marcação dos animais, para posterior controle e identificação do processo de desenvolvimento individual, através do monitoramento e registro de todas as informações pertinentes a cada animal (MACHADO; NANTES, 2002; BARBOSA, 2004).

Segundo Del Debbio (2004) os animais registrados no Sisbov terão sua identificação controlada por entidades certificadoras credenciadas no MAPA, fornecendo as seguintes informações:

1. identificação da propriedade de origem;
2. identificação individual do animal;
3. mês do nascimento ou data de ingresso na propriedade;
4. sexo do animal e aptidão;
5. sistema de criação e alimentação;

6. registro das movimentações;
7. comprovação de informação adicional para certificação;
8. dados sanitários (vacinações, tratamento e programas sanitários).

Com o objetivo de melhorar o processo de controle e registro de informações sobre os animais, surge a possibilidade de inclusão do conceito de rastreabilidade, o qual teve origem há mais de trinta e cinco anos, na gestão da qualidade das linhas de montagem das indústrias aeroespaciais (DEL DEBBIO, 2004).

A rastreabilidade consiste em um conjunto de práticas e técnicas possíveis de adoção em diversos setores da economia, com o intuito de disponibilizar e distribuir informações relevantes sobre os produtos, ao longo de toda a cadeia de suprimento e produtividade.

A ideal é aquela obtida quando cada produto carrega, por meio de códigos, dados sobre sua procedência, histórico, manuseio ou áreas pelas quais passou e a forma como foi transportado e acondicionado pelos varejistas ou distribuidores (FELICIO, 2001).

Segundo Spers (2000), rastreabilidade pode ser compreendida como o ato de reencontrar o histórico, a utilização ou a localização de um objeto qualquer, por meio de uma identificação registrada.

De acordo com Del Debbio (2004), um sistema de rastreabilidade informatizado ou não, deve permitir rastrear informações de diferentes tipos ou fontes, tanto no início quanto no final de uma cadeia de produção.

Segundo o mesmo autor, identificam-se dois tipos básicos de rastreabilidade: a Plena (Sper) e a Parcial (Spar).

A primeira, quando é possível identificar todos os pontos críticos e os elos da cadeia, apontando os procedimentos envolvidos nas transações entre empresas diferentes, garantindo assim, o controle total sobre todas as

operações ocorridas com um determinado produto, para posterior disponibilização das informações, em caso de problemas.

E a segunda, ocorre quando um ou mais elos da cadeia produtiva não podem ser identificados, prejudicando assim, o levantamento de informações necessárias sobre um determinado produto.

Ao focar a rastreabilidade de carnes, a EAN Internacional, organização responsável pelo sistema geral de identificação e comunicação para produtos e serviços, criada em 1977, com o intuito de servir à comunidade Européia – salienta a necessidade de caracterizar a diferença entre os termos *tracking* (acompanhamento) e *tracing* (rastreamento), conforme exposto por Del Debbio (2004):

“Acompanhamento do produto – é a capacidade de seguir o trajeto de uma unidade específica de produto ao longo da cadeia enquanto ele é transferido entre organizações. Produtos são acompanhados rotineiramente com finalidades de verificação de perda de validade, controle de estoque e logística. O produto, agora, é um animal acompanhado desde o seu nascimento até o matadouro-frigorífico, e sua carcaça e cortes cárneos são seguidos até o varejo. (Rastreamento Quanto a Origem).”

“Rastreamento do produto – é a capacidade de identificar a origem de uma unidade ou lote de produto específico, tendo como referência os registros mantidos acima da cadeia de suprimentos. Produtos são rastreados para fins de recall e investigação de reclamação. O objetivo neste caso é identificar a origem da carne em um animal ou lote de animais. (Rastreamento Quanto a Qualidade do Produto).”

Utilizada em vários países, a rastreabilidade tem possibilitado um amplo controle sobre todas as etapas da cadeia de produção, fornecendo elementos fundamentais para análise e gestão de riscos.

Em alguns países esse processo já é adotado como prática obrigatória para a reconstituição de todas as etapas de produção de um produto, ou seja, é possível identificar a origem, os procedimentos de embalagem, dos responsáveis pelo transporte e acondicionamento dos produtos, para posterior envio às distribuidoras e aos consumidores finais.

Desta forma, controlando os riscos, a empresa pode maximizar os resultados, além de oferecer maior segurança e confiabilidade ao consumidor (DEL DEBBIO, 2004).

A moderna visão do agronegócio está focada na integração da propriedade ao longo da cadeia produtiva, da tecnologia em evolução e da otimização da relação risco-retorno (JANK, 2003), permitindo ao produtor uma maior eficiência no seu sistema produtivo.

Assim, a adoção de uma visão sistemática na cadeia produtiva da carne bovina tem possibilitado e possibilitará ainda mais, a incorporação de novas tecnologias, destacando entre elas, o uso da Tecnologia de Informação (TI) no gerenciamento das atividades ou empreendimentos.

O governo federal já estuda o processo de rastreabilidade e busca atender às exigências da resolução da União Européia, que deixa claro a necessidade de identificação de todos os animais, individualmente, através da informatização de toda a cadeia de produção.

Os animais deverão possuir uma documentação que contenha todas as informações como num passaporte, toda movimentação e manejo registrados (MARTINS; LOPES, 2003).

A **identificação eletrônica** e a **rastreabilidade**, portanto, facilitam e permitem que os sistemas de dados da propriedade e do animal sejam alimentados com dados confiáveis, requisitos estes, indispensáveis para o planejamento das atividades e melhor coordenação e gestão entre os elos dessa cadeia (MACHADO; NANTES, 2002).

Através desses conceitos, insere-se um novo, o de e-Science, que possibilita a criação de uma base de dados com informações relevantes a determinados experimentos e a possibilidade de compartilhamento e de processamento distribuídos com o meio acadêmico e científico, para a análise e estudos de processos de melhorias na pecuária brasileira.

2 Revisão de Literatura

2.1 Identificação Eletrônica (RFID)

A tecnologia de identificação eletrônica por rádio frequência (Radio Frequency Identification – RFID) surgiu há muito tempo, como uma maneira remota de leitura de dados (de identificação), armazenados em pequenos objetos anexados a bens, seres vivos, homens e animais.

A aplicação desta tecnologia na identificação de animais não é nova e, obteve grande avanço na década de 90 através da correta utilização dos equipamentos e componentes.

Sua primeira grande aplicação deu-se durante a Segunda Guerra Mundial, quando foi usada pelas forças britânicas, para a identificação de aviões amigos – respondendo ou não a pedidos de identificação por meio de ondas de rádio (GUTIERREZ; FILHA; NEVES, 2005).

A tecnologia RFID digital já é utilizada em algumas aplicações, como por exemplo, em controles de acesso a locais restritos, ambientes corporativos e em meios de transporte, ambos por meio de cartões de aproximação, como chips ou *tags* ativas ou passivas, dependendo da aplicação.

Para efeitos de utilização em animais, o *transponder* pode ser utilizado sob a forma de brincos eletrônicos, injetáveis e através do bolo reticular, sendo o mais aconselhável, o último.

O bolo reticular é uma cápsula de cerâmica que envolve o *transponder*, após deglutição pelo ruminante, a cápsula por gravidade deverá ficar alojada

no retículo rumem, onde deverá permanecer até o final da vida do animal (GARCIA, 2004).

As vantagens do sistema de identificação eletrônica por rádio frequência são inúmeras, podem ser armazenadas em um mesmo equipamento diversas informações, tanto sobre o animal, como sobre a propriedade ou proprietário.

A identificação do animal fica armazenada em um *microchip*, não necessitando de qualquer meio físico para a transmissão de seus dados, possuindo desta forma, fácil comunicabilidade com o sistema central de processamento e monitoramento.

O sistema de identificação eletrônica via RFID é constituído por *transponder*, um leitor e um software gerenciador. O *transponder* é um circuito ressonante constituído por uma antena, um capacitor e um *microchip* (DA SILVA, 2004).

Existem basicamente dois tipos de *transponders*, os quais se diferem em função da utilização de baterias, ou seja, o passivo, que não precisa de uma fonte de alimentação e o ativo, que necessita de uma fonte para manter a comunicação com a antena coletora. Portanto, garantindo uma identificação segura, que é a base para a maior parte das funções do sistema de manejo e gerenciamento, resultando em melhores progressos zootécnicos, controle, otimização e economia de produção.

Os sistemas ou métodos tradicionalmente utilizados, como brincos, colares, tatuagens, ferro quente (a fogo ou elétrico) etc., permitem uma identificação prática de cada animal do rebanho (MARTINS; LOPES, 2003). Entretanto, esses sistemas apresentam dificuldade de visualização e identificação à distância, necessidade de acondicionamento dos animais, além de problemas de leitura devido à abrasão dos caracteres, sujeiras, erros de transcrição e possibilidade de duplicação de número (MARTINS; LOPES, 2003). Além disso, esses métodos podem sofrer fraudes ou alterações nas anotações realizadas.

Esses métodos tradicionais, na realidade, não são totalmente confiáveis, porque freqüentemente ocasionam perdas de dados, representando um prejuízo aos sistemas gestores.

Desta forma, com a utilização da identificação eletrônica dos animais, elimina-se essa preocupação, pois existirá maior segurança no recebimento dos dados coletados, uma vez que os mesmos passarão a ser obtidos automaticamente, pelo sistema de coleta¹ (entrada).

Espera-se, portanto, com esses métodos de identificação, que se possa fazer um sistema de rastreabilidade que atenda a todas as exigências governamentais e internacionais.

Segue abaixo, a ilustração de alguns componentes de identificação eletrônica e visual:

Figura 1.1 - Brinco Alfanumérico. Adaptado de: Barbosa (2004).

Figura 1.2 - Chip para aplicação sub cutânea. Fonte: Barbosa (2004).

¹ Coleta ou colheita de dados possui o mesmo significado, ou seja, o ato de coletar dados. Neste trabalho, será utilizado o termo coleta, por ser o mais usado no meio computacional.

Figura 1.3 - *Transponder* intra ruminal – Bolus. Fonte: Barbosa (2004).

Figura 1.4 - Brinco Eletrônico. Fonte: Barbosa (2004).

A rastreabilidade ganhou força com o passar do tempo, pois é um instrumento cada vez mais importante e capaz de privilegiar as preferências dos consumidores e as preocupações dos órgãos de saúde e vigilância sanitária, decorrente da preocupação de todos, com a qualidade e segurança dos alimentos que é a base para a implantação de um programa de qualidade em toda a cadeia de produção.

Um sistema de monitoramento e identificação animal oferece grandes possibilidades e potencialidades aos seus usuários. A principal diferença entre um sistema tradicional e um informatizado está basicamente na forma de aquisição dos dados.

No sistema tradicional os dados são alimentados ou inseridos no sistema através de um processo manual – digitação, enquanto no processo informatizado, os dados são inseridos no sistema de forma automática ou através de requisições feitas pelo usuário, aumentando assim, a confiabilidade na coleta da informação (GARCIA, 2004).

Está nova estrutura permitirá a identificação de qualquer informação pertinente ao animal durante o seu ciclo de vida, inclusive com a identificação dos períodos de coleta dos dados, ou seja, a hora e a data da realização da coleta.

A utilização adequada da identificação e do rastreamento eletrônico permitirá atender às exigências do mercado (nacional e internacional), como também, oferecer dados, para um sistema de gestão da atividade produtiva que propiciará ao pecuarista, zootecnistas, gestores e também aos frigoríficos, uma maior eficiência e redução de perdas (GUTIERREZ; FILHA; NEVES, 2005).

Segundo Da Silva (2004) em 2002 foi realizado uma comparação entre quatro métodos de identificação animal: brincos numerados, tatuagem na face interna do pavilhão auricular, marca com ferro incandescente e implante de *transponder* intra-ruminal, realizados por Ferreira e Meirelles (2002), que analisaram a facilidade de implantação, taxa de perda ou quebra, após seis meses, taxa de ocorrência de alterações clínicas e taxa de recuperação dos artefatos instalados nos bovinos.

Segundo Ferreira e Meirelles (2002) não houve resultados relevantes quando foram analisadas as variáveis taxas de perda ou quebra após seis meses, taxa de ocorrência de alterações clínicas e taxa de recuperação dos artefatos instalados nos bovinos.

Com relação à taxa de perda, Ferreira e Meirelles (2002) observaram uma variação entre as variáveis tatuagens e brincos, respectivamente de, 2,38% e 1,19%.

No que diz respeito à facilidade e rapidez de leitura comparando-se os resultados encontrados, foram encontradas diferenças significativas entre os grupos quando analisados pelo teste de Duncan ($p < 0,0001$).

O mais rápido na leitura foi o *transponder* intra-ruminal, com o tempo de 1 segundo e os outros com tempo de leitura em torno de 6 segundos.

Os autores constataram que o brinco e a tatuagem são mais rápidos de instalação, apesar de terem sido executados no tronco, com a contenção dos animais envolvidos, além de que, o procedimento não necessitou ser tão rigoroso e criterioso como os outros métodos, entretanto necessitou-se de maior agilidade da equipe.

Ao analisar a taxa de erro na transcrição da leitura, constatou-se que o *transponder* intra-ruminal, os brincos e a marca a ferro incandescente não apresentaram erro de leitura e a tatuagem apresentou dificuldade em 2,38% dos animais.

Ante ao reaproveitamento dos artefatos utilizados, constatou-se que o *transponder* intra-ruminal é o único que tem a possibilidade de reaproveitamento, apenas dependendo de uma autorização do governo federal regulamentando o assunto.

2.2 e-Science

Segundo Lican, Zhaohui e Yunhe (2003) e-Science pode ser definido como a colaboração global em áreas fundamentais da ciência através do compartilhamento, geração de pesquisas, discussões de resultados e idéias de uma maneira mais específica e efetiva.

As grandes quantidades de dados armazenadas sem suas bases permitem aos pesquisadores compartilharem informações através da sua disseminação e da maneira como as mesmas são adquiridas, formando assim, um grande repositório de dados, o qual pode ser definido como um poderoso Data Warehouse.

Essa base de dados possibilita distribuir, integrar e desenvolver soluções com alto desempenho, baseada nas análises e decisões que podem ser extraídas dessa base (BERSON; SMITH, 1997).

Os dados são adquiridos de diversas formas, como por exemplo, processamentos, sensores, saídas de outros sistemas que permitirão uma análise de grandes coleções de dados, que impõem o uso de recursos computacionais de alto desempenho e de sistemas de visualização de imagens, se necessário (SBC, 2006).

Este sistema é composto por três ferramentas básicas, que são: o repositório de dados (Data Warehouse), um editor de Metadados e uma ferramenta de busca, além da possibilidade de inserção de uma quarta ferramenta, o Data Mining, que permite a extração de padrões escondidos.

Portanto, e-Science tem como premissa básica a colaboração global entre áreas da ciência, permitindo a geração, análise, compartilhamento e discussões de *insights* e resultados obtidos em experimentos.

A Figura 2 abaixo permite visualizar a arquitetura básica de um e-Science e suas funcionalidades de acesso:

Figura 2 – Arquitetura de um modelo de Rede de um e-Science Grid. Adaptado de: Lican, Zhaohui e Yunhe (2003).

Os benefícios da aplicação do e-Science para a comunidade são relevantes, principalmente quando desenvolvidos com tecnologias avançadas de redes de computadores o que permite maior facilidade e disponibilização de informação, conforme figura acima.

Em alguns casos, o benefício é a capacidade de acesso e controle de recursos remotos, como instrumentos, recursos computacionais, telemetria, visualização ou análise de dados; em outros casos, a capacidade de colaboração entre específicos (pesquisadores ou especialistas remotos).

Outra facilidade gerada pela aplicação do e-Science é o de prover um mecanismo com metodologias novas de investigação científica, ou seja, a habilidade para combinar dados experimentais em tempo real, com dados de simulação, junto com uma equipe distribuída de pesquisadores para visualizarem e analisarem os resultados.

Outro fato importante, diz respeito à habilidade de coletarem dados através de sensores remotos e integrá-los em simulações ou análises, como, por exemplo, em aplicações de áreas agrícolas ou ambientais, em zootecnia ou em uma aplicação médica (HEY; TREFETHEN, 2004).

O acesso aos dados ou informações é autorizado mediante um supervisor, ou seja, o responsável pelo experimento tem autonomia de autorizar as pessoas envolvidas e de relacionar os experimentos que poderão ser acessados.

Esta técnica funciona da mesma forma que em uma rede. Os usuários só têm permissão de visualizar ou alterar os dados referentes ao seu perfil, garantindo assim, uma segurança aos experimentos e estudos realizados de forma distribuída.

Um e-Science Zootécnico possibilitaria, portanto, o armazenamento e distribuição de informações importantes sobre os experimentos realizados na área de Zootecnia.

2.3 Padrões de deslocamento do rebanho – Raça Zebuína e o simulador

Os processos de estudos espaciais e de gerenciamento animal em pastagens são elementos importantes e complexos que permitem o estudo de muitos fatores importantes, tanto na produtividade, como na qualidade.

Estes parâmetros serão utilizados no desenvolvimento de uma ferramenta computacional para controle e distribuição de uma rede de estações fixas (antenas), que permitirá ao gestor realizar o monitoramento e

coleta dos dados referentes a um animal ou rebanho, além de possibilitar a visualização de seu deslocamento, gerando uma base de dados e informações para alimentação de um e-Science Zootécnico.

Uma distribuição ótima das antenas tem como característica e objetivo, a diminuição no custo do sistema de monitoramento, uma vez que é possível o controle e a identificação do animal através do estudo de seu deslocamento.

Este estudo deve estar relacionado com o tipo de rebanho ou animal a que se pretende observar ou monitorar, não devendo esquecer que existem diferenças entre rebanhos, como por exemplo, os das raças Taurinas e Zebuínas, além de outras.

Neste contexto existem três questões importantes: 1) Que tipo de rebanho monitorar; 2) Como identificar o movimento do rebanho e transformá-lo em um modelo computacional; e, 3) Como predizer o comportamento do rebanho em deslocamento. Estas questões devem ser respondidas para que a concepção e a construção de um sistema possam ser realizadas.

Segundo Pressman (2004), a construção de um modelo e conseqüentemente de um sistema só é alcançada a partir da perfeita concepção do modelo real, fator esse, que permitirá compreender melhor o objeto em estudo e gerar o modelo virtual através de algoritmos e diagramas de fluxo de dados (DFD).

Para a construção do referido modelo, foram realizados estudos sobre os modelos de movimentos padronizados.

Estes estudos têm como objetivo a identificação de um modelo que melhor reflita o deslocamento do rebanho, pois assim, o simulador poderá realizar uma melhor distribuição espacial das antenas de monitoramento ao simular uma forma de deslocamento bem próxima ao rebanho real.

Com a modelagem e identificação dos elementos do comportamento durante o deslocamento dos animais, tornou-se possível desenvolver, modelar e identificar as funções ou objetos importantes, tais como: distância social, distância de fuga ou distância individual, além de outros fatores importantes, conforme será discutido no próximo tópico.

2.3.1 O deslocamento social do Bovino

O estudo sobre o deslocamento social dos bovinos permitiu a modelagem do ambiente, através do mapeamento dos movimentos. Desta forma, esse estudo identificou os requisitos necessários para a implementação dos elementos principais, que fazem parte dos domínios (classes) desenvolvidos no simulador para descrição do deslocamento e de sua posterior identificação dentro do sistema de rastreamento, sendo observado o comportamento da raça Zebuína.

O padrão de deslocamento do animal está inserido em seu bem-estar, caracterizado por Broom e Johnson (1993), como sendo o estado do organismo durante as suas tentativas de se ajustar ao seu ambiente.

Há muito que se discutir sobre o tema bem-estar animal e conseqüentemente sobre o comportamento social de deslocamento do mesmo em relação às forças externas que atuam sobre ele, principalmente as relacionadas ao seu manejo (BROOM; JOHNSON, 1993).

Cientificamente, o termo “comportamento animal” é conhecer e respeitar a biologia dos animais em produção. Melhorando o bem-estar, obtêm-se melhores resultados econômicos, seja na eficiência do sistema ou

na obtenção de produtos de melhor qualidade (NADALETO; MARQUES, 2007; BROOM; MOLENTO, 2004).

Alguns fatores foram essenciais para a concepção do simulador, sendo à distância de conforto (área de segurança do animal), um elemento importante, já que, uma vez perturbado, o animal tende a realizar movimentos inesperados, na busca de uma nova área de estabilidade e segurança.

Segundo Costa e Pinto (2003) os bovinos possuem padrões de comportamentos bem caracterizados de acordo com as hierarquias sociais, identificados através dos movimentos lineares ou de movimentos mais complexos.

A Figura 3 permite identificar esses movimentos e compreender melhor os modelos existentes, que pode variar de acordo com algum tipo de situação não conhecida pelo rebanho ou pela própria diferença existente entre raças.

Figura 3 – Tipos de movimentos. Adaptado de: García, Blanco e Serrano (2007).

O líder pode ser identificado de maneira simples, pois ele é o animal que inicia os movimentos e as atividades do grupo. Mas, deve-se observar que, em um mesmo grupo existe a possibilidade de encontrar mais de um líder, sendo que, cada um, tem uma função diferente (COSTA; PINTO, 2003).

Outro fator importante para a identificação do modelo de deslocamento para a confecção do simulador, diz respeito às associações entre os elementos do grupo, sendo que, existirão associações mais fortes entre casais, indivíduos gêmeos e finalmente, entre grupos filiais.

Essa associação pode ser identificada pela distância existente entre animais vizinhos que normalmente é inferior a 5m (GARCÍA; BLANCO; SERRANO, 2007).

Segundo García, Blanco e Serrano (2007) durante o deslocamento atuam duas forças opostas (coesivas e repulsiva) que afetam individualmente os membros do rebanho e, cujo equilíbrio faz com que a distância entre os indivíduos do grupo seja uniforme, mantendo assim, uma distância de conforto segura e importante, principalmente em deslocamento, o qual deve sempre ser realizado com muito cuidado e calma, para evitar que o animal e, conseqüentemente o rebanho, entre em um nível de estresse tornando-se um fator de complicação em relação ao deslocamento do grupo.

A primeira tende a unir os animais, pois está relacionada aos diferentes níveis de associação (casais, gêmeos, grupos filiais), a segunda força realiza um processo contrário, pois tende a separar os animais e previne que os mesmos fiquem muito próximos, definindo assim, a zona de fuga dos indivíduos e distância crítica.

Através da Figura 4, é possível verificar a atuação dessas forças que são elementos importantes para a concepção do simulador.

Figura 4 – Distância Social e Individual. Adaptado de: García, Blanco e Serrano (2007).

A distância individual ou distância mínima entre co-específicos tende a variar de acordo com o tipo de atividade realizada pelo rebanho, mas podem ser estabelecidos alguns valores pré-determinados, como (GARCÍA; BLANCO; SERRANO, 2007):

- Distância em relação ao descanso do animal = de 2 a 3 metros;
- Distância em relação à pastagem = de 8 a 10 metros.

Outros tipos de distâncias podem ser observados, tais como:

- Distância social – distância máxima que um indivíduo se separa do grupo;
- Distância crítica – distância mínima que um indivíduo pode se aproximar.

Um outro fator a ser levado em consideração, diz respeito à área de conforto, que é de aproximadamente 10m² por animal, conforme Figura 5 (GRANDIN, 2000):

Figura 5 – Distância de conforto.

Esses fatores serão inseridos no simulador, para a realização do monitoramento e distribuição das antenas na área em estudo, às quais devem refletir de forma realista os movimentos de deslocamento descritos pelos animais (TECH et al., 2007).

Uma vez compreendido os principais elementos a serem implementados ou inseridos no simulador, passou-se a analisar e estudar a forma de movimento (deslocamento) descrito pelos animais, pois já é conhecido o seu comportamento perante os seus pares.

2.3.2 Estudo sobre as características do movimento aleatório

2.3.2.1 Movimento Random Walk

Simular os movimentos complexos existentes na natureza é importante para conhecer alguns aspectos dos deslocamentos dos seres vivos.

O movimento Random Walk pode ser implementado por um algoritmo que usa números gerados de forma aleatória para calcular o deslocamento de uma partícula em uma rede simétrica. Compreende-se rede simétrica como sendo uma base de referência por onde as partículas se movimentam.

Um exemplo desse tipo de rede simétrica pode ser visto através de um papel milimetrado, onde cada cruzamento das linhas identifica uma posição a ser ocupada por uma partícula em um instante $t + 1$. Sendo assim, o sistema seria capaz de prever, segundo um modelo matemático baseado nos movimentos aleatórios, as possíveis posições que a partícula ocuparia em sua próxima movimentação.

O movimento random walk pode ser representado em um espaço bidimensional. Observa-se que, após alguns passos (n) ou algum tempo (t), esse movimento estará relacionado a uma distribuição normal, conforme a equação sugerida por Sharov (1997), em seus estudos fitológicos.

$$p(x, y) = \frac{N_0}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$p(x, y)$ = densidade populacional em uma grade bidimensional

σ = desvio padrão, σ^2 = variância

Essa equação permite modelar o deslocamento, predizendo assim, uma possível posição futura, de acordo com certo número de passos pré-estabelecidos ou identificados.

As Figuras 6 a 8 ilustram o movimento random walk:

Figura 6 – Início dos movimentos.

Figura 7 – Instante $t + 100$.

Figura 8 – Movimentos realizados após um instante $t + 500$.

2.3.2.2 Movimento Browniano

Os estudos sobre o movimento browniano datam do século XIX, onde o naturalista inglês Robert Brown, através de experimentos, observou que os grãos de pólen boiavam em um copo de água e que se movimentavam constantemente, em um zigzague caótico, sem que nenhuma força aparente os empurrasse.

O pesquisador chegou a inferir que os mesmos estivessem vivos em função dos movimentos realizados na água, mas verificou em seguida que o mesmo efeito ocorria com um pó de granito e de vidro, descaracterizando desta forma a vida ao pólen (FURTH, 1956).

Tal evento tornou-se uma incógnita para os pesquisadores da época. Não havia nesse início de século nenhuma evidência real de que a matéria fosse composta efetivamente de átomos.

Mas, na realidade, esse evento poderia ser explicado através do movimento random walk, o qual foi comprovado pelas experiências realizadas por Albert Einstein, em 11 de maio de 1905, e publicado nos Anais de Física daquela época, conforme explica Furth (1956).

O movimento browniano pode ser compreendido como um movimento random walk de partículas macroscópicas em um líquido como consequência dos choques das moléculas do líquido sobre as partículas em suspensão.

3 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo testar a seguinte hipótese:

“É possível realizar a confecção de um sistema que permita o gerenciamento do deslocamento do rebanho ou de qualquer animal deste rebanho, através do monitoramento contínuo via WEB e da utilização desses dados na construção de um e-Science Zootécnico, coletando e visualizando dados em tempo real.”

Para tal, os seguintes conjuntos de ações foram estabelecidos:

- 1- Desenvolver um sistema de gerenciamento das informações – Front-End (linguagem de desenvolvimento) e Base de Dados ou Base de Conhecimento a ser utilizado.
- 2- Desenvolver um sistema de gerenciamento ou de consulta à distância a ser empregado para a utilização das Bases de Dados ou Conhecimento.
- 3- Simular computacionalmente os principais aspectos do sistema, além da modelagem do deslocamento do rebanho através dos modelos Random Walk e Pseudo-Browniano e para otimizar a distribuição das antenas fixas na área em estudo.
- 4- Integrar uma rede de comunicação sem fio – Wireless e RFID (Radio frequency Identification).
- 5- Integrar aparelhos eletrônicos de identificação animal – *transponders*, com testes de desempenho durante variações climáticas e ambientais.

4 Material e Métodos

4.1 Simulação dos movimentos

A simulação dos movimentos foi implementada em linguagem C++, dentro de um sistema computacional denominado e-LAFAC, que será descrito posteriormente. Para esta simulação, os movimentos Random Walk e Browniano serviram de base para os modelos.

Em lugar do choque das moléculas sobre um corpúsculo macroscópico, o estímulo vem de necessidades externas ou internas dos animais, através da interação com outros animais ou de características de área de criação, tais como: detalhes do relevo, obstáculos, áreas já pastadas, áreas de descanso, necessidade de alimentação ou água, dentre outros.

O animal responsável pelo início do deslocamento recebe um estímulo inicial, movimentando-se em uma direção aleatória. Sua trajetória será alterada pelos obstáculos desenhados no simulador e com a interferência em relação ao restante do rebanho com a sua área de conforto, além de uma necessidade interna, como por exemplo, descanso, alimentação e etc.

Sendo assim, pode-se modelar um sistema que descreva o comportamento do animal durante o seu deslocamento na busca por água, alimentação ou simplesmente pastagem.

Foram considerados dois tipos de modelos de deslocamento. O primeiro baseado nas características do movimento Random Walk para o animal líder e para os demais animais virtuais houve a necessidade de uma adaptação, ou seja, a direção não será totalmente aleatória, ela dependerá do comportamento social do rebanho. Desta forma, este movimento receberá o nome de MARWA, através dos seguintes parâmetros:

1. Tamanho do passo: fixo.
2. Variação do ângulo: aleatória.
3. Direção: respeitando o comportamento social dos animais.

O outro modelo é denominado de Pseudo-Browniano, adaptado do movimento Browniano, onde:

1. O tamanho do passo depende da distribuição aleatória dos obstáculos e das interações aleatórias entre os animais.
2. A variação do ângulo segue a regra: ângulo incidente igual ao de reflexão.
3. Direção inicial dos movimentos: aleatórios.

4.2 Arquitetura básica do Hardware

O sistema aqui descrito consiste de dois módulos principais, cuja arquitetura foi baseada na infra-estrutura desenvolvida por Arce et. al (2006):

- 1- O primeiro é responsável pelo acondicionamento e transmissão dos sinais coletados (estação rádio base móvel - ERBM).
- 2- O segundo recebe os dados e os transfere para um sistema informatizado (estação rádio base fixa - ERBF).

4.2.1 Nós Sensores – Estações Rádio Base Móveis (ERBM)

Estes módulos estarão acoplados aos animais e são constituídos de três partes:

- 1- Acondicionamento dos sinais.
- 2- Conversão dos sinais analógicos – digitais.
- 3- Transmissão dos sinais digitais.

A Figura 9 mostra o sensor que será acoplado ao animal. Este sensor não se encontra em escala, para facilitar a visualização dos elementos que fazem parte do hardware.

Figura 9 - O nodo sensor. Fonte: Silva et al. (2005).

As Figuras 10 e 11 ilustram os equipamentos utilizados nas estações móveis e fixas:

Figura 10 – Imagem da placa de circuito impresso da estação rádio-base fixa (ERBF).

Figura 11 – Nodo Sensor acoplado aos animais (ERBM).

4.2.1.1 Acondicionamento dos Sinais

Os sinais obtidos a partir de transdutores elétricos são amplificados utilizando-se amplificadores operacionais e filtros ativos e passivos. Para a confecção do protótipo, foram utilizados sensores de temperatura, mas é possível a configuração ou instalação de outros tipos de sensores, desde que o sistema esteja configurado para estabelecer a coleta dos dados e a sua posterior transmissão via sistema de comunicação RFID.

4.2.1.2 Conversão de Sinais Analógicos em Digitais

Para a conversão dos sinais analógicos em digitais foi utilizado um conversor A/D de 10 bits contido em um microcontrolador PIC 16F877A. O PIC também é responsável pela multiplexação dos sinais em caso de existir mais de um sensor acoplado ao módulo e para gerenciar o protocolo FBSN (Float Base Sensor Network), idealizado por Silva et al. (2005), responsável pela otimização e controle do fluxo de dados que trafegará pela rede de sensores móveis e fixos.

4.2.1.3 Transmissão dos Dados Digitais

Os nós móveis utilizam o transceptor BIM2-433-160 de Radiometrix® que se caracteriza por possuir baixo consumo de energia e tamanho reduzido, facilitando assim, a operacionalidade e diminuição do kit sensor, que é carregado pelo animal. O transceptor é diretamente ligado a um microcontrolador PIC16F877A e opera em FM 433 Mhz.

4.2.2 Estações Rádio Base Fixas (ERBF)

Este módulo é responsável pela coleta ou recepção dos dados enviados pelos nós sensores acoplados aos animais e pelo encaminhamento das informações à estação central ou servidor de arquivos, para armazenamento e posterior processamento. O transporte das informações até a estação

central ocorre através de uma infra-estrutura de redes fixas distribuídas na área de monitoramento, conforme pode ser observado na Figura 12:

Figura 12 – Infra-estrutura de Monitoramento do Rebanho. Fonte: ARCE et al. (2006).

4.2.3 Estrutura das Redes de Sensores sem fio

Uma rede de sensores sem fio (WSN – Wireless Sensor Network) é uma rede de pequenos nós computacionais com sensores e dispositivos de transmissão telemétricos devidamente acoplados aos animais (MIN *et al.*, 2002).

A Figura 13 ilustra um modelo genérico de um nó WSN:

Figura 13 – Modelo genérico de um nó WSN. Fonte: SILVA et al. (2005).

Um nó sensor em uma WSN é composto de um microcontrolador, um sistema de transmissão e recepção usando rádio frequência, uma fonte de alimentação e um ou mais sensores acoplados (ARCE et al., 2006a).

O protocolo Floating Base Sensor Network (FBSN) proposto por Silva et al. (2005), é um protocolo de comunicação para redes sem fio, cuja principal característica é o de transformar os nós móveis em uma estação rádio base temporária (ERBT), quando necessário.

Neste protocolo, o algoritmo de controle, dinamicamente rege como os nós se comunicarão pela rede, elegendo, de forma aleatória, estações rádio base móveis, que podem ser conectadas através de uma das estações rádio base fixa (ERBF) (ARCE et al., 2006) pela solicitação do sistema gestor.

A Figura 14 mostra a estrutura de uma rede de FBSN cujo algoritmo pode ser analisado na Figura 15 (ARCE et al., 2006a).

Figura 14 – Diagrama esquemático uma rede FBSN. Fonte: ARCE et al. (2006).

Figura 15 – Algoritmo de controle do FBSN. Fonte: ARCE et al. (2006).

As estações rádio base fixas só podem se comunicar com os nós móveis que estão dentro de sua área de cobertura, determinada pela frequência e potência do aparelho utilizado.

A área de cobertura está relacionada com um círculo de raio a ser definido de acordo com a distância mínima necessária para estabelecer uma comunicação entre os nós sensores e a ERBF, ou seja, uma distância **X** na qual a ERBF e a ERBM possam trocar dados entre si (ARCE et al., 2006).

4.3 O Sistema Gerenciador de Rebanho – e-LAFAC

Este tópico tem por objetivo apresentar o sistema de monitoramento do rebanho para rastreabilidade de animais. A seção 4.3.1 apresenta sua interface de comunicação e o ambiente de gerenciamento (on-line e off-line), composta por páginas que descrevem suas funcionalidades, além de possuir formulários para cadastramento de novos usuários (Pesquisadores, Estudantes e Geral) e para entrada de usuários já cadastrados no sistema.

Na seção 4.3.2 é mostrada a interface privada do *e-LAFAC*, onde são apresentadas algumas de suas principais funcionalidades. A seção 4.3.3 descreve os diagramas utilizados no desenvolvimento desse projeto.

O sistema *e-LAFAC* (Sistema eletrônico do Laboratório de Física Aplicada e Computacional) tem como premissa a disponibilização de informações zootécnicas para a comunidade científica, através da utilização da WEB, para gerenciamento do sistema gestor de monitoramento de rebanho.

4.3.1 A Interface de Gerenciamento de Comunicação

4.3.1.1 Interface de Comunicação

A Figura 16 mostra um sistema configurável de comunicação, através da interação do software de gerenciamento com o sistema de coleta e programação de CI (circuito integrado) on-line. O software permite que o

gerenciador efetue solicitação ao sistema de comunicação sem fio, através da configuração em tempo real do mesmo, permitindo assim o monitoramento ou coleta de dados.

Pode-se observar através da Figura 17, um modelo mais geral de sistemas de coleta, onde não ocorre a configuração do sensor de maneira on-line.

O sistema on-line (Figura 16) facilita e permite a obtenção de dados de acordo com a necessidade do gestor, para tanto, o sensor deverá estar equipado com os requisitos necessários, para que a coleta possa ser feita. Ou seja, o tipo de CI instalado no sensor deve ser ativo (permite alteração de programação), pois uma vez inserido o sensor no animal torna-se difícil à realização de alteração no circuito.

Figura 16 – Sistemas de Sensores com reprogramação de pontos on-line. Fonte: Puers (1999).

Figura 17 – Sistema padrão de sensores. Fonte: Puers (1999).

Um sensor é colocado em um ambiente de processo, a fim de prover informação pertinente, com a intenção exclusiva de ser capaz de controlar o processo com a precisão desejada (PUERS, 1999).

O sensor é projetado em sucessão de fases, sendo que cada uma delas propõe uma regra de gerenciamento e armazenamento de dados, permitindo assim, a programação de determinados nós (estação móvel), como estações rádio base temporárias (ERBT).

No sistema da figura 16, a primeira etapa é o sensor analógico, que deve ser bem adaptado e requer frequentemente cuidado de design. O processamento analógico tem por papel amplificar os sinais do sensor a níveis aceitáveis para posterior tratamento e conversão (PUERS, 1999).

Depois de decodificado o sinal, o dado deve ser trabalhado e armazenado em uma base de dados, incrementando assim, o banco de e-Science Zootécnico com dados relevantes a determinadas experiências.

A intenção do sistema é o de permitir maior gerenciamento ao operador sobre o processo em execução (PUERS, 1999), inclusive quando o sistema estiver sendo acessado via Internet.

4.3.1.2 Sistema de Coleta e Monitoração de Dados

De maneira geral, o sistema de coleta e monitoração do rebanho ou de um determinado animal é realizado através de uma interface de controle e de um sistema de RFID digital que possui o seguinte funcionamento, conforme ilustrado pela Figura 18.

Figura 18 – Funcionamento de um sistema de coleta a distância via RFID. Fonte: Gutierrez, Filha e Neves (2005).

Conforme Gutierrez, Filha e Neves (2005), um aparelho com função de leitura envia, por meio de uma antena, sinais de rádio frequência em busca de objetos.

No momento em que um dos objetos é atingido pela radiação (emissão da onda), ocorre uma excitação ou um acoplamento eletromagnético entre o objeto e a antena, o que permite e possibilita que os dados armazenados no objeto sejam transmitidos e recebidos pela antena (leitadora) (GUTIERREZ; FILHA; NEVES, 2005).

Esta, por sua vez, trata os dados recebidos (armazenados) e os envia a um servidor de banco de dados (computador central – servidor de dados).

Um sistema RFID digital funciona, portanto, como um sistema poderoso de aquisição de dados em tempo real. Entretanto, para ser explorado em toda sua totalidade, é necessário que a informação adquirida pela leitadora seja processada rapidamente e repassada a outros sistemas, que dela venham a fazer uso, no caso, os sistemas de gestão.

Assim, associada à tecnologia RFID existe uma forte demanda de Tecnologia da Informação (TI) para processamento, armazenamento e análise dos dados recebidos, caracterizando assim um Sistema de Informação Operacional e Gerencial de apoio ao gestor ou zootecnista (GUTIERREZ; FILHA; NEVES, 2005).

A Figura 19 permite uma visualização da integração Hardware e Software, através da interação do sistema de coleta (sem fio), com o software gestor.

Figura 19 – Integração do sistema de coleta sem fio com o Sistema de Gestão do e-Lafac.

Adaptado de: Gutierrez, Filha e Neves (2005).

O sistema de identificação é somente a ponta de um sistema de completo de gestão, à qual disponibiliza uma enorme capacidade de coleta, grande quantidade de informações, contribuindo para aumentar o controle e a eficiência do sistema ou processo.

O conjunto constituído pelo circuito integrado e pela antena, ambos presos a um filme plástico adesivo, recebe o nome de **INLAY**, cuja figura esquemática é mostrada na Figura 20.

Algumas aplicações permitem a utilização do *inlay* diretamente sobre o objeto a ser acompanhado ou rastreado. É o caso de livros e de CDs, por exemplo.

Figura 20 – Exemplo de um Inlay.

A maioria das aplicações, contudo, faz uso de *tags*, produzidos com base em *inlays* encapsulados em epóxi, plástico resistente, cerâmica, borracha ou outro material que seja adequado à maneira de utilização e ao ambiente de uso. Os *tags* podem tomar formas externas variadas como cartões sem contato, pastilhas, argolas e etiquetas (GUTIERREZ; FILHA; NEVES, 2005).

A etiqueta é um tipo de encapsulamento especial, em geral de filme de plástico, sobre o qual é impresso um desenho apropriado (GUTIERREZ; FILHA; NEVES, 2005).

Segundo Gutierrez, Filha e Neves (2005) os *tags* podem ser classificados como ativos ou passivos. Os primeiros possuem uma fonte interna de energia que os alimenta, os outros não. Espera-se que, a curto prazo, os *tags* passivos sejam adotados em mais larga escala, por serem de preço muito inferior aos *tags* ativos, como será detalhado mais adiante.

Existem vários tipos de identificação eletrônica no mercado, como já citado anteriormente, dentre eles citam-se os brincos magnéticos ou com código de barra e os *transponders*, conhecidos também por *tags*, como já explicados.

Existem *transponders* que tem encapsulamento de vidro biocompatível (próprio para implantação no animal) ou de plástico, que permite a fixação a um brinco unindo as vantagens da identificação eletrônica às da identificação visual (MACHADO; NANTES, 2002).

Sendo assim, a identificação eletrônica dos animais permite a interligação do software gestor com outras ferramentas práticas de manejo, como por exemplo, as balanças eletrônicas.

Nesse caso, os animais que passam no piquete ou em áreas com sensores ou antenas coletoras serão automaticamente identificados, pesados, contados e até mesmo poderia ser realizada uma coleta de um dado fisiológico que se faça necessário, através de telemetria, sem que haja a necessidade de qualquer atividade manual.

Com isso, são eliminados os erros de identificação, pesagem e contagem, assim como os erros de anotações que normalmente ocorrem (MARTINS; LOPES, 2003).

A Figura 21 ilustra um *transponder*, permitindo visualizar suas dimensões.

Figura 21 – *Transponder* Subcutâneo.

Na Figura 22 observa-se a composição básica de um *transponder*, através dos elementos ou componentes que o formam.

Figura 22 – Esquema de um *transponder* subcutâneo.

Este *microchip*, como explicado acima, pode ser reconfigurado em tempo de execução, permitindo assim, a alteração do programa residente em memória, através do software gestor de coleta eletrônica.

A utilização deste equipamento em bovinos, no caso de metodologia de identificação com implantes subcutâneos ou intra-ruminais, deve seguir algumas recomendações, que segundo PIRES (2002) são:

- a) o *transponder* a ser utilizado deve ser recoberto por substância biocompatível, que não deixa resíduo na carne, além de ser resistente, para não permitir a quebra por impactos ou pressões provenientes dos manejos realizados diariamente;

- b) deve ser potente o suficiente para ser “lido” a uma distância mínima de um metro e a uma velocidade compatível com o animal em seu deslocamento normal;
- c) deve ser de fácil implante, que não machuque o animal e de forma que não migre para outras regiões, a fim de permitir a leitura confiável, e que tenha fácil recuperação ao abate (fundo de saco da prega umbilical e retículo);
- d) os *transponders* devem ser do tipo apenas para leitura (read only) e programados na fábrica (one time programmable – OTP), a fim de que não seja possível a alteração dos números;
- e) tanto os *transponders* como as leitoras estáticas ou portáteis devem ser “ISO Compatíveis”, isso é, esses implantes poderão ser lidos por qualquer leitora, independente da marca, seguindo a estrutura de código utilizada, que teve como base as Normas Internacionais ISO 11784 e ISO 11785.

4.3.1.3 Sistema de Acesso e Armazenamento de Dados

Uma vez recebido o dado através do sistema de coleta, este procederá ao armazenamento do mesmo, para posterior utilização do gestor ou responsável técnico. Através da interface de gerenciamento, o gestor tem acesso a esses dados através de relatórios ou pelo monitor.

Esses dados podem ser manipulados e, através de programação, poderão identificar a posição do animal ou rebanho na tela do computador. Isso é possível pela identificação do animal, pela informação do animal que enviou o dado e pela torre transmissora mais próxima que encaminhou esse sinal ao computador central, responsável pelo armazenamento dos dados. As Figuras 23 e 24 permitem uma visualização de todo o processo:

Figura 23 – Sistema de coleta e armazenamento de dados. Adaptado de: Partners (2005).

Figura 24 – Tela do Sistema identificando a posição do rebanho.

Os dados recebidos através do sistema de coleta são armazenados em uma base de dados e poderão ser utilizados para análise e auditoria, permitindo ao gestor um controle de todo o seu rebanho.

A posição geográfica de cada animal é estimada por meio das estações rádio base, que permitem identificar a posição do rebanho através das solicitações realizadas pelo sistema de monitoramento. Ou seja, ela apenas identifica o quadrante em que o rebanho se encontra e não a posição exata do mesmo, sendo que, para isso, os animais teriam que possuir um equipamento com um sistema de GPS (Sistema de Posicionamento Global).

A Figura 25 permite a visualização das antenas e do rebanho:

Figura 25 – Identificação do animal ou rebanho em relação à torre de requisição.

As estações rádio base fixas (ERBF) são identificadas pelas siglas A1, ..., A12, que recebem os dados coletados pelos animais (círculo vermelho) e enviam para o computador central, conforme figura acima.

O software gestor pode solicitar as ERBF informações sobre o rebanho ou em relação a um único animal, dependendo da necessidade do gestor. Portanto, uma vez coletado os dados dos animais, esses passarão a compor a base de dados do sistema gestor, que poderá ser acessado de qualquer local, utilizando a internet ou uma rede local com acesso ao sistema.

A Figura 26 ilustra uma **Use Case**² do sistema para melhor compreensão:

Figura 26 – Use Case do Sistema Gestor (Simplificado).

4.3.2 O Sistema e-LAFAC

O sistema e-LAFAC proposto, está dividido em dois ambientes de trabalho, ou seja, um ambiente interno e externo que permitirá uma maior

² Estudo de Caso ou um Uso de Caso – descrição global das funcionalidades de um sistema.

flexibilidade e facilidade de uso por parte dos gestores, de acordo com o perfil de cada usuário.

4.3.2.1 O ambiente Interno do Software Gestor

Para o desenvolvimento do software de gestão e-LAFAC, estudos foram feitos para a identificação de parâmetros e de métodos de recebimento de dados (à distância), permitindo assim, uma análise mais apurada e sem estresse aos animais, pelo contato e presença de pessoas no ambiente em análise.

O software foi desenvolvido na linguagem C++ utilizando a ferramenta Borland® C++ Builder Professional Versão 6.0, Linguagem de Programação Orientada a Objeto (POO), Análise Orientada a Objeto (AOO) e Linguagem de Programação Orientada a Objeto - JAVA e aplicações para a WEB – PHP, ASP e Banco de Dados Relacional.

A análise orientada a objetos possui uma estrutura conceptual muito aplicável à modelagem de sistemas biológicos (CONQUILLARD *et al.*, 1997).

Ela propõe para vários domínios de conhecimento um ponto de vista unificado do sistema e ajuda a solucionar problemas de comunicação. A linguagem UML (*Unified Modelling Language*) (MEDEIROS, 2004) foi escolhida por causa da sua universalidade e reusabilidade.

Um modelo de simulação normalmente é baseado em um modelo individual (FOWLER; SCOTT, 2000). Assim, as características de cada animal são preponderantes para a construção de um modelo matemático ao rebanho, ou seja, a geração de um objeto para a otimização de um processo.

Um modelo específico normalmente simula um aspecto exclusivo de um sistema complexo. Um multimodelo de um sistema complexo pode ser entendido como uma composição de modelos especialistas com diversas abstrações (PRESSMAN, 2004).

A analogia entre multimodelagem e programação orientada a objetos foi demonstrada por Cubert em 1997. Além disso, multimodelos podem ser especificados pelo formalismo DEVS (*Discrete Event System Specifications*) que apresenta o embasamento matemático necessário para o gerenciamento da base de conhecimento, como o abordado neste trabalho.

Como mostra a Figura 27, o simulador foi estruturado em 6 pacotes para contemplar todas as funcionalidades do sistema e analisar os principais pontos para o desenvolvimento do sistema final de monitoramento (ARCE et al., 2006a):

- **Pacote Rebanho** derivado da análise de domínio e acrescido de um pacote de eventos gerados durante a simulação:
 - *OnBoiMove*
 - *GeraAnimais*
 - *Reorganiza*
 - *Onrequested*
- **Pacote modelos** contém os modelos matemáticos de movimento (*random walk*, *marwa* e pseudo-browniano) e os modelos de interação espacial dos animais.
- **Pacote interface** fornece a interface gráfica para a configuração dos parâmetros do sistema: número de animais do rebanho, distância social máxima, distância individual mínima, tamanho do passo (*random walk* / *marwa*), desenho de obstáculos na área de deslocamento e raio de cobertura de um nó fixo.
- **Pacote de técnicas** contém as classes que gerenciam o kernel do simulador.

- **Pacote de saída** contém os recursos para saída de informações do simulador, assim como, a apresentação gráfica da evolução dos processos de simulação.
- **Pacote WSN** derivado da análise de domínio contém o algoritmo de controle da FBSN.

Figura 27 - Arquitetura do simulador.

A Figura 28 mostra a estrutura das classes “rebanho” e “boi” implementadas no simulador.

Dessa forma, o rebanho virtual mantém-se coeso respeitando os limites das distâncias individuais dos “animais”, além de outros fatores discutidos na sessão 2 e, desloca-se acompanhando o movimento de um dos líderes espaciais.

Figura 28 - Classes "rebanho" e "boi" do simulador.

4.3.2.1.1 O Modelo do Domínio

Na análise orientada a objetos, uma das primeiras tarefas é a construção de um modelo de domínio, que represente a visão que o especialista tem do sistema em estudo (HILL, 1996).

A Figura 29 mostra o modelo de domínio idealizado, formado por dois pacotes referentes ao sistema de monitoramento do animal.

Figura 29 - Diagrama UML do domínio.

O *pacote WSN* representa a infra-estrutura de nós fixos ou ERBFs necessários para efetuar o monitoramento do rebanho e os nós móveis associados aos animais do rebanho, além de fazer parte de um dos modelos do sistema gestor, ou seja, o módulo monitoramento.

O desenho do simulador de deslocamento bovino está principalmente focado nas interações espaciais dos animais entre si e dos líderes executando um deslocamento.

O “líder” é a entidade decisória do sistema. Ele determina o deslocamento do restante do rebanho baseado nos modelos *random walk* e o pseudo-browniano, enquanto sua interação espacial com o resto do rebanho é mantida.

Desta maneira, vários métodos de identificação e recebimento de dados foram estudados, sendo identificado, como o mais apropriado em relação ao desempenho, o sistema de comunicação sem fio, utilizando sensores (*transponders*).

Esta tecnologia permite maior facilidade e comunicabilidade através do software gestor, disponibilizando facilidades, como: coleta de temperatura, identificação de estresse do animal, batimento cardíaco e níveis de respiração.

O software de comunicação também foi desenvolvido utilizando linguagem orientada a objeto em C++ e em linguagem WEB, através das mesmas tecnologias descritas acima.

Os equipamentos utilizados para a confecção do sistema foram analisados para se obter o melhor desempenho a um custo operacional baixo, em relação ao preço e ao consumo de energia, facilitando desta maneira a sua utilização pelos pecuaristas e profissionais da área zootécnica.

O sistema aqui descrito consiste de três módulos principais:

1. O primeiro é responsável pelo acondicionamento e transmissão dos sinais coletados;
2. O segundo recebe os dados e os transfere para um sistema informatizado (estação rádio base fixa - ERBF), e;
3. E o terceiro é responsável pelo gerenciamento e gestão do sistema.

O primeiro permite a coleta de dados do animal, estando, portanto, acoplado ao mesmo. Neste caso, ele é identificado como nó móvel (ERBM).

O segundo é responsável por adquirir essa informação do ERBM e transmiti-lo ao servidor, recebendo neste caso, o nome de nó fixo ou estação rádio base fixa (ERBF).

Sendo, o terceiro o software gestor do sistema de coleta e monitoramento, responsável por coletar e armazenar os dados recebidos das ERBF e ERBM em uma base de dados.

A Figura 30 permite uma visualização dos ERBF, ERBM ou ERBT, mostrando o processo esquemático de comunicação e coleta dos dados telemétricos.

Figura 30 – Diagrama esquemático de uma rede FBSN alimentando um banco de dados (DW). Adaptado de: ARCE et al. (2006).

Pode-se observar que as estações ERBF só se comunicam com as ERBM ou ERBT que estão dentro da área de sua cobertura, à qual é limitada pela potência do sistema de comunicação que está acoplado ao animal.

Neste protocolo, o algoritmo de controle, dinamicamente rege como os nós se comunicarão pela rede, elegendo de forma aleatória estações rádio base móveis, que serão conectadas através de uma das estações rádio base fixas (ERBF) (ARCE et al., 2006) pela solicitação do sistema gestor.

Uma vez coletado e armazenado os dados em um servidor de banco de dados, o mesmo será usado a qualquer momento e de acordo com a necessidade do gestor, através de filtros e análises comparativas entre

experimentos, sendo esse acesso remoto ou local, conforme figuras apresentadas acima.

Em uma análise mais detalhada do processo do Módulo Gestão, pode-se observar a Use Case e as telas de cadastramento dos atores desse processo, como: propriedade, animais, gestores e outras atividades ligadas ao gerenciamento da atividade.

A Figura 31 ilustra o Sistema Completo e-LAFAC, com todos os seus processos e atores e as Figuras de 32 a 37 identificam esses atores e processos (classes).

Figura 31 – Sistema completo e-LAFAC.

Figura 32 – Use Case do Módulo Gestor.

Figura 33 – Use Case e Diagrama de Classe – Cadastro de Animais.

Figura 34 – Use Case e Diagrama de Classe - Produção do animal.

Figura 35 – Tela de cadastro de reprodução do animal.

Figura 36 – Tela de cadastro da Fazenda.

Proprietários / Criadores
+Cod_Proprietário : int +Endereço : string +Bairro : string +Cidade : string +Estado : string +Cep : string +Telefone : string +Celular : string +Fax : string +E-mail : string +Responsável : string +CPF : string +RG : string
+Consultar() +Alteração() +Inclusão() +Exclusão() +Relatório()

Figura 37 – Tela de cadastro dos Proprietários / Criadores.

A Figura 29 apresentada anteriormente, ilustra o domínio do sistema referente ao processo de coleta de dados, através da comunicação entre os componentes conectados nos animais, com o sistema de monitoramento e rastreamento do rebanho através das estações rádio bases fixas (ERBF).

A Figura 38 mostra o processo acima, através de uma interface UML:

Figura 38 – Use Case de Monitoramento do Rebanho ou Animal.

Este módulo permite aos gestores coletarem dados ou outros parâmetros telemétricos que necessitarem, desde que estejam instalados nos animais, de maneira a gerar uma base de dados para análise e verificações de padrões, como por exemplo: deslocamento do animal, tempo de descanso ou repouso.

Uma vez armazenado o dado em uma base de dados, o sistema permite a extração de dados ou informações através de softwares gerenciais e de decisão, que permitirão uma análise e abstração de algum padrão escondido (MACHADO, 2000).

Essa base de dados possibilita distribuir, integrar e desenvolver soluções com alto desempenho, baseada nas análises e decisões que podem ser extraídas dessa base (BERSON; SMITH, 1997).

Um outro conceito que surge é o de e-Science, conforme descrito no tópico 2.2, que tem como premissa básica, a colaboração global entre áreas da ciência, permitindo a geração, análise, compartilhamento e discussões de *insights* e resultados obtidos nos experimentos.

Desta forma, facilita a coordenação e o gerenciamento de testes ou simulações de experimentos, compartilhando soluções e resultados através da Internet, mediante acesso externo de colaboradores do sistema.

Uma outra tecnologia que poderá ser inserida no modelo está ligada aos conceitos de Data Warehouse e Data Mining, que permitem uma análise mais elaborada e baseada no modelo mental do gestor.

Este modelo mental é compreendido como uma abstração de algum assunto, modelo ou experimento, conforme pode ser visualizado na Figura 39:

Figura 39 – Ambiente de um Data Warehouse (DW). Fonte: Navarro (2007).

Um Data Warehouse tem por objetivo organizar os dados operacionais de uma instituição, em um local onde o ambiente operacional não seja afetado, da melhor forma possível para que possam ser aplicadas técnicas de análise e extração de dados (COLAÇO, 2004).

Outro elemento importante visualizado na figura acima está relacionado ao Metadado, que consiste em “dados sobre dados” que descrevem o Data Warehouse. Ele é usado para construção, manutenção e gerenciamento de dados (BERSON; SMITH, 1997).

Devido à característica de armazenamento de dados operacionais, pode-se dizer que um Data Warehouse é, na verdade, uma coleção de dados derivados dos dados operacionais (Sistemas de Processamento de Transações) ou dos sistemas de processamento gerenciais (SIG) para sistemas de suporte à decisão (SAD). Estes dados derivados são, muitas vezes, referidos como dados “gerenciais”, “informacionais” ou “analíticos” (TECH; GUALAZZI, 2007).

Além de armazenar informações históricas passadas, o sistema é capaz de gerir grande capacidade de processamento e armazenamento dos dados que se encontram dispostos de duas maneiras: detalhados e resumidos, tornando-se, portanto, uma ferramenta competitiva aos que tomam decisões.

Desta forma, alavancando os investimentos já feitos pela maioria das companhias em sistemas legados, permite que os usuários corporativos façam uma transação efetiva do acesso tradicional para um acesso informativo aos dados corporativos (SINGH, 2001).

4.3.2.2 O ambiente externo do Sistema Gestor

É fundamental em um projeto que o analista saiba exatamente o que deseja, mesmo que para isso, ele necessite de um tempo maior para a modelagem final do sistema.

A falta de objetivo ou de um foco bem claro e definido sobre um evento pode levar o sistema a um colapso em função dos requisitos mínimos para a sua construção e desenvolvimento.

Assim, a construção do produto não deve ser restrita ao âmbito interno, ou seja, apenas a modelagem de dados e fluxos de acesso, e sim, ao sistema completo que tem início na interface amigável e confiável, seguindo para as autenticações e acessos às bases de dados.

Esses acessos são autorizados de acordo com os atributos dos usuários, sejam eles, pesquisadores, estudantes ou simplesmente pessoas interessadas em aprender sobre temas diversos.

A concepção de um ambiente interno e externo permite uma maior flexibilidade por parte do analista, visto que, ele pode desenvolver o projeto em dois tempos. O primeiro ligado aos Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGDB) responsáveis pelo armazenamento e disponibilização dos conteúdos recebidos dos experimentos realizados, identificando o experimento, pesquisadores e instituições.

O segundo, ligado à maneira de acesso e disponibilização dos dados capturados, ou seja, através de uma rede local ou externa com a utilização de uma Intranet, Extranet ou mesmo Internet.

Em ambos os ambientes as ferramentas devem ser as mais simples e amigáveis possível, pois devem oferecer facilidade de comunicação e acesso aos bancos de dados, ou mesmo, acesso ao Data Warehouse, em casos onde os dados estão sendo processados e analisados através de tecnologias inteligentes na busca de padrões ou comportamentos não compatíveis com os resultados esperados.

Para a utilização e construção dessas facilidades o sistema e-LAFAC utilizou técnicas de WEB, como páginas estáticas e dinâmicas, através do acesso aos dados e informações armazenadas nos sistema.

Desta forma, para acessar o sistema, o usuário deverá estar registrado e autorizado a utilizá-lo através de parâmetros definidos pelos gestores do sistema. Esses parâmetros estão relacionados ao perfil do usuário, que poderá ter autorização total ou parcial sobre determinados eventos.

A Figura 40 ilustra esse acesso e os possíveis perfis definidos pelos gestores de acordo com as características individuais de cada pesquisador, instituição ou usuário final:

Figura 40 – Acesso ao Ambiente Interno através da Internet, Extranet ou Intranet.

Os Data Marts são conjuntos de bases de fatos juntamente com um conjunto de tabelas de dimensões variadas que atendem às necessidades de grupos de pesquisadores ou instituições de acordo com os projetos em andamento ou arquivados (KIMBALL; MERZ, 2000).

Eles podem ser concebidos como uma representação de um assunto ou experiências existentes em um Data Warehouse.

Alguns aspectos importantes a serem lembrados com relação à utilização de sistemas com acesso a WEB, ou seja, deve-se sempre projetar os modelos de forma a garantir facilidades de comunicação, através de envios e recebimentos de dados, permitindo uma interação rápida e amigável, além de garantir a segurança dos dados que estão sendo manipulados em tempo real.

Assim, identificam-se alguns elementos importantes aos sistemas que utilizam a WEB para as realizações de atividades, como (KIMBALL; MERZ, 2000):

- Ser de fácil manipulação. Qualquer pessoa ou usuário pode preencher ou apertar botões de comandos ou consultas;
- Espera-se que o serviço seja rápido, não importando se às vezes, ele não o seja! Essa expectativa, segundo Kimball e Merz, é inegociável;
- Esperam que o Site esteja funcionando 7 dias da semana, 24 horas por dia;
- Possa encontrar os status de todas as atividades desenvolvidas ou analisadas;
- Uma página da WEB deve ser personalizada para cada usuário ou grupo de usuários, de acordo com a atividade ou experimento realizado;
- E a segurança às informações e experimentos devem ser as mais confiáveis possíveis, ou seja, não pode haver falhas de sistemas.

Cumprindo essas premissas, tem-se um sistema WEB totalmente flexível e importante na troca de informações ou processos, através da conexão entre vários pesquisadores e instituições.

As comunicações entre os usuários e o servidor de aplicativo poderão ser feitas localmente ou através da internet, como demonstrado na Figura 40.

Esse acesso, quando realizado através da internet, terá as mesmas características de um acesso local, pois ambos realizarão a autenticação do usuário e do experimento.

Uma vez identificado o usuário e o experimento, através de uma lista de experimentos ligados ao perfil do usuário, ele poderá ter acesso a todas as informações pertinentes à sua característica.

Após os passos iniciais o usuário terá todos os serviços disponíveis, inclusive dependendo do perfil do monitoramento on-line do rebanho ou de um único animal, através de uma interface amigável, que possuirá todos os processos referentes àquele experimento e àquele usuário.

4.4 Experimentação animal

Para que os objetivos propostos fossem alcançados, tornou-se necessário dividir o projeto em partes, sendo que, para cada uma delas, há um enfoque abordado com conceitos e técnicas, que permitiram uma melhor modularização e conseqüente confecção do sistema, através das linguagens de programação C++, Java e aplicações para WEB.

A primeira parte do experimento diz respeito ao levantamento e análise dos requisitos necessários para a construção do sistema, onde foram

abstraídos os conceitos e relacionamentos entre o todo (domínio) e cada parte do sistema a ser desenvolvido (classes).

Assim, tornou-se necessário identificar os elementos necessários e a dimensão de aprofundamento dos recursos e tecnologias, que foram usados no sistema.

A segunda parte caracteriza-se pela modelagem do sistema, através da análise individual dos requisitos encontrados na primeira parte, onde foram identificados os elementos e, quais tecnologias seriam empregadas na confecção do mesmo. Finalmente, na terceira parte foi realizado um experimento que permitiu analisar e verificar o desempenho do sistema.

Exemplificando a pergunta chave do trabalho, o processo pode ser visualizado da seguinte forma:

Figura 41 – Sistema de Identificação de animal utilizando Rádio Freqüência. Adaptado de: Geers et al. (1997)

A figura anterior demonstra a coleta de informações provenientes do animal, através de um *transponder* inserido em seu interior ou a ele acoplado.

O sinal é solicitado pelo operador e, através de uma comunicação sem fio (*wireless*) ou através de uma transmissão de rádio freqüência (RFID), obtém-se os dados contidos no aparelho inserido no animal.

Assim, pode-se ao mesmo tempo identificá-lo e obter sua localização aproximada no espaço, de acordo com a identificação da antena fixa responsável pela recepção do sinal.

Caso o receptor não consiga receber o sinal ou responder à requisição, alguns animais estarão portando equipamentos mais potentes, que serão os responsáveis pela amplificação do sinal e retransmissão do mesmo, para as estações fixas, a fim de localizar o animal em consulta.

Figura 42 - Comunicação do Sistema através de estações rádio-base (ERB).

Foram realizados três experimentos na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, na cidade de Pirassununga, interior de São Paulo.

Os animais utilizados no primeiro experimento são da raça Zebuína, para verificação do deslocamento do rebanho e foram cedidos pela Prefeitura do Campus. O experimento foi realizado no período de 25 a 29 de junho de 2007. As fotos apresentadas são do dia 27 de junho, das 15 horas às 16 horas e 30 minutos.

O 1º experimento utilizou 100 animais, sendo que os mesmos foram colocados em uma área experimental que possuía capim da espécie *Brachiaria* com altura em torno de 15 cm, sendo a temperatura no dia da tomada das fotos de 38° C e uma área total de 50 x 100 metros, totalizando 0,5 ha.

O 2º e 3º experimentos foram realizados no período de 20, 21 e 26 de dezembro de 2007, também na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo na cidade de Pirassununga, com a utilização de novilhas leiteiras da raça holandesa em dois períodos.

O 2º experimento ocorreu nos dias 20 e 21, sendo o 3º realizado no dia 26, com uma temperatura ambiente de 25°C na sombra, no 2º experimento e, 30°C no 3º experimento, também na sombra, sendo utilizados os seguintes elementos em uma área de 0,5 ha:

2º Experimento:

1. Número de animais = 5
2. Número de ERBM = 5 (estações rádio base móvel)
3. Número de ERBF = 1 (estações rádio base fixa - determinada via software – simulador)
4. Câmera IP Wireless = 1 (acesso remoto)

3º Experimento:

1. Número de animais = 6
2. Número de ERBM = 6 (estações rádio base móvel)
3. Número de ERBF = 3 (estações rádio base fixa - determinada via software – simulador)
4. Câmera IP Wireless = 1 (acesso remoto)

A Figura 43 ilustra o local do 2º experimento, permitindo identificar a área em questão, bem como a sua localidade no campus da USP.

Figura 43 – Identificação da área utilizada no 2º experimento.

Os equipamentos utilizados para a realização do 2º e do 3º experimentos, podem ser visualizados através das Figuras 44 a 48:

Figura 44 – Antena de comunicação entre as ERBF e as ERBM.

Figura 45 – Câmera IP – visualização da área em estudo.

Figura 46 – Servidor de dados utilizado como base para o e-Science.

Figura 47 – Fonte de alimentação para as ERBF. Bateria de 45A.

Figura 48 – Base da ERBF para acondicionamento da bateria.

A distribuição das antenas na área foi realizada de forma a obter o maior raio de cobertura entre as ERBF e as ERBM, sendo utilizadas 1 antena e 5 equipamentos móveis no 2º experimento e 3 antenas e

6 equipamentos móveis no 3º experimento, conforme já mencionado anteriormente. A Figura 49 mostra um equipamento móvel acoplado ao animal.

Figura 49 – Imagem do cabresto desenvolvido para acondicionamento da ERBM.

Figura 50 – Imagem do cabresto em ângulo diferente para acondicionamento da ERBM.

As ERBF colocadas no local possuem uma altura de 6 metros, para ampliar o raio de cobertura e diminuir a possibilidade de interferência

através de obstáculos, como árvores ou instalações prediais, conforme a Figura 51.

Figura 51 – Estação rádio base fixa (ERBF) com a câmera IP acoplada.

A distribuição da mesma foi realizada inicialmente via simulador para otimização e melhor cobertura da área. Com relação à cobertura ou área de resposta das ERBM, ficou configurada uma área de 50 metros. Após esta etapa, foram inseridos os animais no sistema, bem como os obstáculos existentes na área, visualizando assim, a simulação do deslocamento e a atuação das ERBF na requisição das ERBM.

5 Resultados e Discussão

5.1 Análise de desempenho entre os movimentos gerados pelos modelos de deslocamentos aleatórios

A Figura 7 mostra o movimento random walk simulado, onde os pontos representam os animais e a área cinza, a área percorrida.

É possível observar sua variação após um instante $t + 100$. O animal andou um pouco mais, mas, na verdade, afastou-se pouco do ponto de sua origem. O círculo verde é uma referência para mostrar de quanto o animal se afastou do ponto de saída.

A Figura 8 mostra a situação do animal após $t + 500$. Embora o animal já tenha alcançado uma distância maior em relação ao local de origem, referenciado pelo círculo azul, a região central continua sendo o local mais provável de encontrá-lo.

Observa-se, portanto, que o movimento random walk, permite uma maior cobertura em relação às áreas próximas, ou seja, em função da alteração aleatória do seu ângulo e em relação a um determinado número de passos é possível verificar uma maior abrangência nas áreas vizinhas.

As Figuras 52.1 a 52.8 ilustram os dados do Simulador para análise de deslocamento e área de cobertura. O movimento analisado é o MARWA adaptado do movimento Random Walk, em diferentes instantes de tempo.

Figura 52.1 – Início do movimento MARWA ($t = 0$)

Figura 52.2 – Movimento MARWA ($t = 100$)

Figura 52.3 – Movimento MARWA ($t = 200$)

Figura 52.4 – Movimento MARWA ($t = 300$)

Figura 52.5 – Movimento MARWA ($t = 400$)

Figura 52.6 – Movimento MARWA ($t = 500$)

Figura 52.7 – Movimento MARWA ($t = 700$)

Figura 52.8 – Movimento MARWA ($t = 5000$)

Estas figuras ilustradas permitem uma boa identificação e compreensão do movimento MARWA, pois percebe-se que após um t ($t >$

5000), o animal tenderá a estar próximo ao local de origem, em contra partida, tem-se uma ocupação de espaço na vizinhança bem elevado.

Outra análise de comportamento e não de deslocamento que poderia ser feita, está relacionada à otimização de espaço na busca pelos alimentos necessários para a sua necessidade. Nesse caso, poderia ser inferido que o referido movimento prediz melhor uma ocupação e utilização do espaço e de todos os recursos ali existentes.

Por outro lado, o modelo de movimento Pseudo-browniano, também procura descrever um caminho através da interação do animal com o restante do rebanho e de possíveis obstáculos encontrados durante o percurso.

Assim, observa-se que a utilização de um modelo embasado no comportamento Pseudo-browniano permitirá que o animal percorra um espaço bem maior em relação ao MARWA, conforme as figuras 53.1 a 53.9:

Figura 53.1 – Início do Movimento Pseudo-browniano ($t = 0$)

Figura 53.2 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 100$)

Figura 53.3 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 200$)

Figura 53.4 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 300$)

Figura 53.5 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 400$)

Figura 53.6 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 500$)

Figura 53.7 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 600$)

Figura 53.8 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 700$)

Figura 53.9 – Movimento Pseudo-browniano ($t = 5000$)

Como verificado acima, o movimento pseudo-browniano permite uma maior ocupação espacial (figura 53.9 após $t > 5000$), uma vez que sua direção é alterada mediante alguma força externa, necessidade do animal, através de alguma obstrução no percurso ou forças contrárias ao seu movimento.

Espelhando esse conceito em relação à movimentação do rebanho, o animal líder (responsável pelo deslocamento) só alterará o seu caminho mediante alguma necessidade, como, por exemplo, falta de alimentação, água ou, caso encontre algum obstáculo durante o seu percurso, do

contrário, ele descreverá um trajeto aproximadamente linear, até atingir sua necessidade.

Observa-se, portanto, que o movimento pseudo-browniano é o que mais se aproxima do deslocamento real do rebanho, quando comparado com o movimento MARWA, em relação à ocupação de espaço.

Estes resultados permitem discutir uma distribuição ótima das antenas em função da presença de obstáculos e das necessidades individuais dos animais.

5.2 Aplicação do simulador no rastreamento do rebanho

Através da aplicação dos modelos matemáticos utilizados no simulador: MARWA e Pseudo-browniano, pode-se descrever a concepção básica do simulador, através da análise, do comportamento de deslocamento do animal e do seu posicionamento, permitindo ao gestor analisar e verificar padrões de comportamentos realizados pelo rebanho em seu movimento e armazenados em uma base de dados.

Sendo assim, o simulador descreve através de receptores e transmissores o posicionamento dos animais através de uma rede de sensores sem fio. Desta forma, monitorando os possíveis locais ou posições do rebanho, que após a localização ou identificação de um membro, os demais elementos também poderão ser identificados, através de dispositivos de comunicação sem fio – ativos instalados em alguns animais (SILVA et al, 2005).

Através de um desenho bem simples, é possível visualizar o referido modelo e a forma de gerenciamento ou monitoramento dos animais distribuídos em determinadas áreas de pasteio.

A Figura 54, extraída do simulador em estudo, permite localizar o rebanho através da identificação de um dos elementos do grupo. Ela possui seis (6) torres de transmissão e recepção com alcance de 150m, que podem ser identificadas pelas letras maiúsculas.

Essas torres, além de possuírem comunicação, têm como função disparar sinais para que os dispositivos menores, kits, instalados nos animais (BM), como os *transponders*, possam receber o sinal e retransmiti-los para as torres. Estas por sua vez, se encarregaram de enviar o sinal ao módulo central na sede da propriedade ou de outro local qualquer.

Figura 54 – Torres de transmissão para identificação de localização do animal através do protocolo FSNB.

Desta forma, gerencia-se uma área através de um modelo computacional que poderá inclusive fornecer dados sobre o comportamento

individual ou geral de um rebanho (dados telemétricos), facilitando assim, o trabalho de manejo e demais estudos que se façam necessários.

Outro facilitador do simulador é o de permitir aos zootecnistas e veterinários estudos comparativos, análises de ambiente e interações entre os animais, verificando comportamentos individuais ou em conjunto durante determinado tempo, de acordo, com a finalidade do estudo, caracterizando assim, o princípio do e-Science.

5.3. Análise dos movimentos de deslocamento em relação ao movimento real descrito pelo rebanho

Após o desenvolvimento do software simulador alguns resultados foram observados, analisados e avaliados para que se verifique sua funcionalidade e os movimentos utilizados pelo simulador em comparação com os mesmos descritos por um rebanho real.

A seguir, serão ilustrados os resultados dos movimentos utilizados no simulador para a comprovação efetiva da funcionalidade do mesmo e, conseqüente utilização em análise do comportamento de deslocamento.

O primeiro movimento a ser analisado foi o MARWA, que permite uma maior cobertura em relação às áreas próximas, ou seja, em função da alteração aleatória do seu ângulo e em relação a um determinado número de passos, é possível verificar uma maior abrangência nas áreas vizinhas.

A Figura 55 mostra o ponto de saída do animal (ponto vermelho) e a situação do animal após **t + 100** (círculo amarelo) e **t + 500** (círculo branco), na mesma figura. Também é possível identificar a posição atual do rebanho, através dos pontos amarelos e o deslocamento já realizado pelo mesmo,

através dos pontos (rastro) verdes. Embora o animal já tenha alcançado uma distância maior em relação à origem (círculo branco), a região central continua sendo o local mais provável de encontrá-lo.

Figura 55 – Movimento MARWA.

A seguir, analisou-se a caminhada através do movimento pseudo-browniano, que também procura descrever um caminho através da interação do animal com o restante do rebanho e de possíveis obstáculos, encontrados durante o percurso.

Assim, observou-se que a utilização de um modelo embasado no comportamento pseudo-browniano permitiu que o animal percorresse um espaço bem maior em relação ao MARWA, conforme a Figura 56:

Figura 56 – Movimento Pseudo-browniano.

A seguir, realiza-se uma comparação entre os modelos de deslocamento e as observações reais de deslocamento do rebanho, sendo que os modelos simulados por intermédio do computador foram analisados em tempos t e comparados com os movimentos reais descritos pelo rebanho.

A Figura 57 mostra os movimentos MARWA e Pseudo-browniano no instante $t = 0$, e para a localização do rebanho, será utilizada uma seta indicativa:

Figura 57.1 – Início do Movimento Pseudo-browniano.

Figura 57.2 – Início do Movimento MARWA.

Neste instante, verifica-se apenas a posição inicial de cada movimento, a seguir serão observados as suas variações no tempo, variando de $t = 100$ a 500:

Figura 57.3 – Movimento MARWA ($t=100$).

Figura 57.4 – Movimento Pseudo-browniano ($t=100$).

Figura 57.5 – Movimento MARWA ($t=500$).

Figura 57.6 – Movimento Pseudo-browniano ($t=500$).

As Figuras 57.3 e 57.4 mostram o deslocamento dos animais após um t igual a 100. Observa-se neste instante, a variação com relação aos deslocamentos. O MARWA tende a uma ocupação mais próxima do ponto de saída, já o pseudo-browniano, tende a um deslocamento de área maior e, o mesmo observa-se para as Figuras 57.5 e 57.6 ($t = 500$).

Observa-se, portanto, que um movimento descreve melhor a ocupação e utilização dos espaços mais próximos de sua origem, permanecendo neste, por tempo indefinido.

Em contrapartida, o movimento pseudo-browniano procura suas necessidades ao longo de um deslocamento, sem necessariamente realizar uma busca exaustiva na vizinhança.

As Figuras 58 e 59 mostram o simulador com a projeção da área em estudo e o rebanho realizando o movimento pseudo-browniano.

Figura 58 – Tela do simulador com a infra-estrutura para monitorar um animal isolado.

Figura 59 – Tela do simulador mostrando o rebanho virtual em movimento (Modelo Pseudo-browniano).

As Figuras 60.1, 60.2 e 60.3, são instantâneos retirados de um filme do deslocamento do rebanho em pastagem.

Figura 60.1 – Animais em início de deslocamento.

Figura 60.2 – Animais após alguns minutos de deslocamento.

Figura 60.3 – Animais após 50 minutos de deslocamento (observação).

O intervalo de aquisição das imagens é diferente do tempo de referência do simulador, em função do deslocamento do rebanho ser condicionado a vários fatores, o que altera o tempo de comparação. Desta forma, devem ser observadas somente as características de deslocamento em relação à formação da trajetória do rebanho, ponto esse de análise do trabalho.

Para maior clareza de visualização, as figuras 61.1 a 61.3 mostram a projeção dos animais em um plano auxiliar de referência, para comparação com o modelo feito pelo simulador.

Figura 61.1 – Animais em início de deslocamento. Projeção, plano de referência.

Figura 61.2 – Animais após algum período de deslocamento. Projeção, plano de referência.

Figura 61.3 – Animais após 50 minutos de deslocamento. Projeção, plano de referência.

Portanto, através das figuras projetadas sobre o mesmo plano do simulador, pode-se analisar e comparar os movimentos reais descritos pelo rebanho, com os simulados, baseados nos modelos MARWA e Pseudo-browniano, evidenciando desta forma, a similaridade entre o segundo modelo de deslocamento com o movimento real.

5.4 e-Science e sua aplicabilidade na Zootecnia

O modelo permite a troca de conhecimento entre os pesquisadores, através da disponibilização de dados, experimentos, imagens, filmes para pesquisas ou comparações com outras simulações realizadas por outras instituições de pesquisa.

Desta forma, facilita-se a coordenação e o gerenciamento de novos testes ou simulações, para checagem ou conferência de determinados eventos.

A tecnologia de e-Science tem como concepção a criação ou reestruturação do conceito de ciência compartilhada, através da distribuição de informação e conhecimento.

Ou seja, identificam-se inúmeros benefícios providos desta tecnologia, tais como:

- 1 – Facilidade de disponibilização de informações entre pesquisadores;
- 2 – Maior colaboração entre áreas fundamentais da ciência, através da geração, análise, compartilhamento e discussões de idéias e experimentos;

3 – Utilização de técnicas de inteligência artificial, através das tecnologias Data Warehouse e Data Mining;

4- Armazenamento de informações históricas (passadas) sobre os experimentos e pesquisas desenvolvidas.

5.5 Teste do sistema

Após os testes preliminares via simulador, passou-se a realização do experimento a campo. Através do mesmo foi possível verificar o rendimento da rede de sensores e sua funcionalidade. Foram realizadas coletas de dados diretamente de um animal por meio de uma ERBF, a qual respondeu de forma satisfatória em todas as solicitações.

Outro ponto avaliado foi em relação aos animais que se encontravam fora da área de cobertura das ERBFs, como exemplo estação 1 (ERBF-1). O sistema conseguiu realizar a tarefa localizando o animal solicitado através da rede de sensores móveis, por meio do protocolo FBSN, que escolhe aleatoriamente determinados animais, até encontrar uma ERBM que se encontre dentro do raio de cobertura do animal requisitado, transformando-a em uma ERBT e realizando a coleta dos dados e retransmitindo aos demais, até a ERBF-1, que enviará os dados coletados ao servidor central.

A seqüência de passos realizados pelas ERBF e ERBM pode ser compreendida através dos seguintes procedimentos:

- Inicialmente todas as ERBMs estão em modo de escuta (aguardando receber comandos);
- O software gestor envia um comando de requisição de dados através da ERBF endereçado para o nó N;

- Todas as ERBMs recebem o comando, mas somente o nó N reconhece;
- A ERBM ativa o sensor, por exemplo, o de temperatura e lê a temperatura e a transmite para a ERBF ou para outra ERBM, que se transformará em uma ERBT, até o pacote com os dados chegar a uma ERBF;
- A ERBM coloca o sensor de temperatura em modo de espera;
- A ERBF recebe a resposta, armazena os dados e retransmite os mesmos ao servidor de dados central, e;
- O ciclo se repete para todos os nós, conforme solicitação do software gestor.

Outro ponto testado foi à utilização da câmera IP para visualização do ambiente, que propiciou uma boa interatividade com o experimento, uma vez que não houve a necessidade de estar presente na coleta dos dados, além de propiciar um maior conforto aos animais com relação a possível estresse.

Um outro aspecto observado e que merece destaque, está relacionado a estudos de comportamento que poderão ser realizados, uma vez que não houve alteração de ambiente, de pessoas em contato com os animais, deixando-os inteiramente à vontade, durante todo o tempo.

As Figuras 62 a 67 foram tomadas através da ERBF com uma câmera IP acoplada, permitindo a visualização do animal na área do experimento.

Além das fotos, o sistema também permite a confecção de vídeos, para uma melhor análise dos eventos ocorridos durante o experimento. Esses vídeos podem ser acessados diretamente pelo sistema ou coletados via e-mail ou FTP, mediante configuração do sistema gestor.

Essas imagens foram tomadas no dia 20 e 21 de dezembro de 2007 das 16 às 17 horas e 30 minutos, no local reservado para o 2º experimento.

Figura 62 – Início do monitoramento.

Figura 63 – O mesmo animal após alguns minutos de filmagem.

Figura 64 – Um zoom em relação ao animal observado (zoom óptico de 2x).

Figura 65 – Imagem em relação aos outros animais do experimento.

Figura 66 – Imagem anterior após alguns minutos.

Figura 67 – Imagem dos animais em deslocamento.

As imagens a seguir ilustram o 3º experimento, realizado no dia 26 das 9 às 12 horas, com uma temperatura ambiente de 30°C na sombra. O 3º

experimento foi realizado próximo ao prédio do Laticínio, no 1º piquete experimental.

Figura 68 – Imagem dos animais saindo da cobertura.

Figura 69 – Animais em deslocamento na área do experimento.

Figura 70 – Animais descansando.

Figura 71 – Animais em deslocamento conforme monitoramento.

Figura 72 – Visualização das outras ERBF (2ª e 3ª) através da primeira estação com a câmera IP acoplada.

Figura 73 – Visualização geral das vizinhanças do 3º experimento através da primeira estação com a câmera IP acoplada.

Figura 74 – Visualização geral dos animais ao redor da primeira estação (ERBF – 1).

A Figura 75 mostra o software responsável pela coleta dos dados telemétricos realizados pelas ERBF em relação às ERBM.

Figura 75 – Software coletor dos dados telemétricos, no caso, a temperatura do animal.

A seguir, alguns dados telemétricos obtidos durante o 2º e 3º experimentos, identificando a ERBF e as ERBM utilizadas durante a

solicitação da temperatura, bem como os animais envolvidos. Cada chave é tratada via software, identificando as ERBF e as ERBM que foram utilizadas no momento da coleta, bem como os dados referentes a cada animal requisitado.

1ª coleta:

```
\x00\r\n7\xFE\npasou\r\n\xFB\r\n2\xF30101\n\nA040305000003052
\r\n\xF9\r\n2\xFF\r\n0\xFE\x98L\x8AR\nA030406000291120\r\n\xFF
\r\n0\xFC\nAck\r\n\xF3\r\n6\xFF0101\n\nA030006000291126\r\n\xF
F\x85\xA1\xFE\xFF
```

2ª coleta:

```
\x00\x85\xA1s\x7F\npasou\r\n\xFA\r\n2\xFE0101\n\nA040305000003
052\r\n\xF3C!\xE6\xFEC!\xF3\xFE0101\n\nA030406000290804\r\n\xF
E\r\n4\xFC\nAck\r\n\xFC\r\n0\xFE0101\n\nA030006000290808\r\n\x
FEC!\xFE\xFF
```

3ª coleta:

```
\x00\x8D\n7~\xFF\npasou\r\n\xFD\r\n2\xFE0101\n\nA040305000003
052\r\n\xFD\r\n2\xFE\r\n4\x98L\x8AR\nA030406000290804\r\n\xFF
\r\n4\xFE\nAck\r\n\xF1\r\n0\xFE0101\n\nA030006000290800\r\n\xF
DC!\xFE\xFF
```

4ª coleta:

```
\x00\r\n3\xFE\xFE\npasou\r\n\xFE\r\n2\xFF0101\n\nA04030500000
3052\r\n\xFF\r\n2\xFF\r\n1\xFF0101\n\nA030406000290961\r\n\xFF
\r\n1\xE7\nAck\r\n\xFE\r\n7\xFE0101\n\nA030006000290967\r\n\x
FC\x85!\xF3\xFF
```

5ª coleta:

\x00a\xB1\xF3\xF7\npasou\r\n\xFC\r\n2\xFE0101\n\nA04030500000
3052\r\n\xFCC!\xE6\xFF\x8D\xA1\xFE\xFC\x98L\x8AR\nA0304060002
90961\r\n\xFE\r\n1\xFC\nAck\r\n\xF9\r\n7\xFE0101\n\nA03000600
0290967\r\n\xFDC!\xE6\xFE

6ª coleta:

\x00\r\n7~\npasou\r\n\xF9\r\n2\xFE0101\n\nA040305000003052\r\n
\xCBC!\xE6\xFFC\xA1\xFE\xFE0101\n\nA030406000290961\r\n\xFE\r
\n1\xCF\nAck\r\n\xFC\r\n7\xFE0101\n\nA030006000290967\r\n\xFE
C!\xE6\xFE

7ª coleta:

\x00c\xB9f\x80\xFF\npasou\r\n\xFF\r\n2\xFE0101\n\nA04030500000
3052\r\n\xFEC!\xE6C\xA1\xFE\xFF0101\n\nA030406000290961\r\n\x
FE\r\n1\xF9\nAck\r\n\xFC\r\n7\xE70101\n\nA030006000290967\r\n
\xFEC\xA1\xF3\xFE

8ª coleta:

\x00\r\n7\xFE\npasou\r\n\xFE\r\n2\xFE0101\n\nA040305000003052
\r\n\xFFC!\xE6\xFF\r\n1\xFF0101\n\nA030406000290961\r\n\xFE\r\
n1\xFE\nAck\r\n\xFE\r\n7\xFE0101\n\nA030006000290967\r\n\xFE\
r\n2\xFE

9ª coleta:

\x00\r\xCA3\xFE\npasou\r\n\xFE\r\n2\xFF0101\n\nA0403050000030
52\r\n\xFEC1\xE6}\r\n0\xF9\xB8101\n\nA038406000291120\r\n3\xFF
\r\n0\xE5\nAck\r\n\xF9\r\n6\xF20101\n\nA030006000291126\r\n\xF
EC\xA1~\xFC

10ª coleta:

\x00\x8C\xCA'\xFE\npasou\r\n\xFE\r\n2\xFE0101\n\nA04030500000
3052\r\n\xFF\r\n2\xFF\r\n7\xFF0101\n\nA030406000291287\r\n\xFF
\r\n7\xFD\nAck\r\n\xF3\r\n3\xFE0101\n\nA030006000291283\r\n\x
F8\r\n3\xFF

11ª coleta:

\x00\xA0\xA0\x11\xFE\npasou\r\n\xFC\r\n2\xFC0101\n\nA04030500
0003052\r\n\xFE\x8D\n2\xFFC\xA1\xE6\xFF0101\n\nA030406000291
603\r\n\xFE\r\n3\xFF\nAck\r\n\xFA\r\n9\xFE0101\n\nA0300060002
91609\r\n\xFEC\xA1\xFE\xFE

12ª coleta:

\x00c\xB9\xB3\xFE\npasou\r\n\xFC\r\n2\xFC0101\n\nA04030500000
3052\r\n\xFC\r\n2\xFF\r\n5\xFF0101\n\nA030406000300165\r\n\xFF
\r\n5\xF9\nAck\r\n\xFB\r\n1\xF80101\n\nA030006000300161\r\n\xF
E\r\n1\xFF

Para melhor compreensão dos elementos envolvidos na comunicação, será ilustrado um trecho do diálogo monitorado.

Solicitação: \nA040305000003052

ERBF = 04

ERBM = 03

Solicitação de temperatura = 05

Resposta: \nA030406000300165

ERBM = 03

ERBF = 04

Temperatura = 30,01°C

Resposta ao comando de temperatura = 6

Seguem-se abaixo, os códigos utilizados pelo sistema para a comunicação do sistema gestor com as estações rádio base fixas, móveis e temporárias:

- “00” - Requisita ACK. Este comando é usado para fazer um inventário dos dispositivos próximos. Um deles responde com o comando “09” e inclui a temperatura no pacote nos bits 4 a 6 (msb – 0 a 255 ASCII) e 1 a 3 (lsb – 0 a 255 ASCII).
- “01” - Coleta EEG. O tempo, em minutos, deve ser incluído nos bits 1 a 4 em representação ASCII. Exemplo: A03040100000010X coletará 10 minutos de EEG do dispositivo 04.
- “02” - Coleta EEG. O tempo, em segundos, deve ser incluído nos bits 1 a 4 em representação ASCII. Exemplo: A03040200000010X coletará 10 segundos de EEG.
- “03” - Configura o dispositivo como ERBT, para fazer a ponte com outro. O código do dispositivo alvo deve ser incluído nos bits 3 e 4 e o comando para o nó alvo deve ser incluído nos bits 1 e 2. Exemplo: No pacote “A000103000000205X”, o dispositivo

“00” pede para o dispositivo “01” retransmitir o comando “05” (requisição de temperatura) para o dispositivo “02”.

- “05” - Coleta temperatura. O dispositivo responde com o comando “06” e inclui a temperatura no pacote nos bits 4 a 6 (msb – 0 a 255 ASCII) e 1 a 3 (lsb – 0 a 255 ASCII).
- “06” - Identifica um pacote de resposta ao comando de temperatura.
- “08” – Requisição de inventário de nós próximos enviada ao dispositivo alvo.
- “09” - Identifica um pacote de resposta ao comando de requisição de ACK (inventário).
- “10” - Requisita ao nó-alvo que transmita o inventário de nós próximos.

Esses dados ilustram a funcionalidade e o desempenho do sistema, mostrando sua aplicabilidade no monitoramento do rebanho ou do animal durante alguma atividade ou em seu deslocamento.

O sistema também permitiu a gravação de partes do 2º e do 3º experimentos, onde foram realizadas cinco filmagens via câmera acoplada à primeira ERBF, conforme Figura 76.

Figura 76 – Visualização dos arquivos extensão AVI, gerados pela câmera IP.

Essas filmagens podem ser realizadas mediante solicitação ou podem ser agendadas pelo sistema gestor, de acordo com a necessidade do pesquisador ou pessoa responsável pelo monitoramento do experimento ou da atividade.

Portanto, observa-se a grande facilidade de monitoramento e acompanhamento dos animais. Mediante uma solicitação do sistema gestor o animal é localizado e sua posição é definida pelo sistema através da ERBF responsável pela transmissão dos dados coletados via ERBM e transferida ao servidor central de dados.

Outro elemento analisado foi o acesso aos dados e à câmera, quando requisitados via internet, sendo verificado e observado a funcionalidade e a verificação do tempo de resposta, sendo que, o rendimento ficou um pouco abaixo, justificável por estar sendo utilizada uma conexão de banda larga com 100 megabits.

Esse dado ilustra a velocidade e a largura da banda utilizada no acesso remoto ao sistema. Percebe-se essa diferença, somente quando da utilização da câmera.

6 Conclusão

Os resultados desse projeto levam a concluir que a hipótese da possibilidade de monitoramento de animais via WEB, em tempo real, utilizando técnicas computacionais e conceitos avançados no gerenciamento de dados como simulação computacional, e-Science e Data Warehouse, pode ser aceito mediante os seguintes fatos obtidos através dos experimentos:

1- O sistema de gerenciamento das informações e a base de dados construídos para a realização do projeto, obtiveram excelentes resultados, além de um front-end totalmente amigável;

2- O sistema de gerenciamento ou de consulta à distância para utilização da base de dados e de conhecimento obteve um bom desempenho, principalmente quando utilizados para consultas de arquivos AVI e JPEG;

3- O desenvolvimento do simulador atingiu todos os objetivos, tanto de operacionalidade, desempenho, estrutura e otimização de antenas, como o de monitoramento do deslocamento do rebanho através dos modelos MARWA e Pseudo-Browniano para identificação de posição e coleta de dados. O simulador permitiu concluir que o modelo Pseudo-Browniano é o que melhor descreve o deslocamento do rebanho quando comparado com o modelo MARWA para a raça zebuína.

4- A integração de todo o sistema de comunicação sem fio (RFID), com os sistemas de gerenciamento de dados mostrou-se funcional e estável, pois gerou grande facilidade de monitoramento e coleta de dados, além de um suporte visual aos experimentos ou atividades desenvolvidas através da câmera IP.

Outro ponto importante observado foi a diminuição do contato com os animais durante o experimento, uma vez que a visualização dos mesmos pôde ser feito à distância, sem causar-lhes estresse ou quaisquer desconforto.

5- Os testes realizados com os equipamentos de coleta e transmissão obtiveram êxito em todos os quesitos, ou seja, desempenho, facilidade de comunicação e transmissão, além de excelente portabilidade e funcionalidade com o software gestor.

Referências

ARCE, A. I. C.; TECH, A. R. B.; SILVA, A. C. S.; COSTA, E. J. X.. Simulador de deslocamento de rebanho bovino para avaliação de monitoramento baseado em redes de sensores sem fio. **Revista Brasileira de Agroinformática**, São Paulo, v. 8, n. 1, p.1-16, ago. 2006.

ARCE, Aldo Ivan Céspedes; TECH, Adriano Rogério Bruno; SOUTO, Sérgio Paulo Amaral; COSTA, Ernane José Xavier. Uso de Redes de Sensores inalámbricos en Monitorización de Rebaños. **2a Conferencia Internacional em Diseño Electrónico**. Veracruz. México. 2006[a].

BARBOSA, Elaine Muniz. **Desenvolvimento de um Sistema para Rastreabilidade de Bovinos**. Monografia de Graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. Lavras. 2004.

BERSON, A & SMITH, S. J.. **Data Warehouse, Data Mining, & OLAP**. McGraw-Hill. 1997.

BOCKISCH, F.J., 1990. Individual Identification of cows in special function areas in loose housing systems. **AgEng '90**, Berlin, 24–26, October 1990, p. 297–298.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M.. Bem-Estar Animal: Conceito e Questões Relacionadas – REVISÃO. (Animal welfare: concept and related issues – Review). **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2004.

BROOM, D.M.; JOHNSON, K.G. **Stress and Animal Welfare**. London: Chapman and Hall, 1993.

COLAÇO, M. J.. **Projetando Sistemas de apoio à Decisão baseados em Data Warehouse**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

COSTA, Mateus J. R. Paranhos; PINTO, A. A.. Princípios de etologia aplicados ao bem-estar animal. In: DEL CLARO, K.; PREZOTO, F. E. (Ed.). As distintas faces do comportamento animal. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Etologia**, 2003. p. 211-223.

DA SILVA, KÉSIA OLIVEIRA. **Viabilidade do uso da rastreabilidade eletrônica na produção de suínos**. 2004. 138 f. Tese (Doutorado) - FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2004.

DEL DEBBIO, Cleonilde Maria dos Santos. **A rastreabilidade na cadeia produtiva da carne bovina brasileira**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Cantareira, 2004.

EINSTEIN, Albert. **Investigations on the theory of the Brownian Movement**. Edited with notes by R. Furth. Translated by A. D. Cowper. Dover Publications, INC. 1956.

ERADUS, W. J.; JANSEN, M. B. Animal identification and monitoring. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 24, p. 91-98, 1999.

FELICIO, Pedro Eduardo. Rastreabilidade aplicada à Carne Bovina. In: MATTOS, W. R. S. et al. (Ed). **A produção animal na visão dos brasileiros**, Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 294-301.

FERREIRA, L. C. L.; MEIRELLES, M. B. **Avaliação da eficiência de quatro métodos para identificação de bovinos**. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/tese/identificacao/>>. Acesso em: 1 dez. 2002.

FOWLER, Martin; SCOTT, Kendall. **UML essencial**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000, p. 89.

GARCIA, Mário Pedro. Para um Sistema de Informação Electrónica de Animais. In: 1º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA AGRO-PECUÁRIA. **Santarém**, Portugal, 7 e 8 de Junho, 2004.

GARCÍA, Mariano Herrera; BLANCO, Francisco Peña; SERRANO, Evangelista Rodero. Tema 13: Comportamento Social. Facultad de Veterinaria. Guía Docente "LICENCIADO EN VETERINARIA". **Etología y protección animal y etnología**. Curso 2007-2008. Disponível em: <http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/aula/img/pictorex/06_07_04_TEMA_13.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2007.

GEERS, R., PUERS, B., GOEDSEELS, V., WOUTERS, P., 1997. Electronic identification, Monitoring and Tracking of Animals. **CAB International, Wallingford**. Apud ERADUS, 1999.

GRANDIN, Temple. Principios de Comportamiento Animal para el Manejo de Bovinos y otros herbívoros en condiciones extensivas. Publicado en: Temple Grandin (comp.) *Livestock Handling and Transport*. **CABI Publishing, Wallingford**, Oxon (Reino Unido), 2000, capítulo 5 (pp. 63-85). Traducción del Dr. Marcos Giménez-Zapiola.

GUTIERREZ, R. M. V.; FILHA, D. C. M.; NEVES, M. E. T. M. S..Complexo Eletrônico: Identificação digital por radiofrequência. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 29-70, set. 2005.

HEY, Tony; TREFETHEN, Anne E.. UK e-Science Programme: Next Generation Grid Applications. **The International Journal of High Performance Computing Applications**, v. 18, n. 3, p. 285-291, Fall 2004.

JANK, M.S. Rastreabilidade nos agronegócio (4). In: ZYLBERSTAJN, D; SCARE, R.F. (Org.). **Gestão da Qualidade no Agribusiness**: estudos e casos. São Paulo: Atlas, 2003.

KIMBALL, Ralph; MERZ, Richard. **Data Webhouse: Construindo o data warehouse para a Web**. Tradução: Edson Furmankiewicz e Joana Figueiredo. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

LICAN, Huang; ZHAOHUI, Wu; YUNHE, Pan. Virtual and dynamic hierarchical architecture for e-Science grid. **The International Journal of High Performance Computing Applications**, v. 17, n. 3, p. 329-347, Fall 2003.

MACHADO, F. N. R. **Projeto de DATA WAREHOUSE: Uma Visão Multidimensional**. São Paulo: Érica, 2000.

MACHADO, João Guilherme de Camargo Ferraz, NANTES, José Flávio Diniz. A rastreabilidade na cadeia da carne bovina. Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. In: 1º. CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA AGRO-PECUÁRIA, **Portugal**, 2002.

MARTINS, Fernando Marassi; LOPES, Marcos Aurélio. Rastreabilidade Bovina no Brasil. **BOLETIM AGROPECUÁRIO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**, Lavras, Brasil, n. 55, p.1-72, ago. 2003.

MEDEIROS, Ernani Sales de. **Desenvolvendo software com UML 2.0: definitivo**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2004.

NADALETO, Cláudio Eduardo; MARQUES, Leonardo Junio. Manejo Racional de bovinos. **RendCorte Consultoria em Agronegócio**. Disponível em: <<http://www.rendcorte.com.br/index-%20Comportamento%20animal.htm>>. Acesso em: mar. 2007.

NAVARRO, Maria Cristina de Araújo. O que é um Data Warehouse?. **Publicação eletrônica**. Tema 127, ano III, n. 27. 1996. Disponível em: <<http://www.serpro.gov.br/publicacao/tematec/1996/ttec27>>. Acesso em: 28 set. 2007.

PIRES, Pedro Paulo. Identificação e Gerenciamento Eletrônico de Bovinos. Embrapa Gado de Corte. **I Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte**. Via Internet. Campo Grande, MS, 2002.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. São Paulo: MakronBooks, 2004.

PUERS, Robert. **Sensor, sensor interfacing and front-end data management for stand-alone microsystems**. J. Micromech. Microeng. Printed in the UK. 1999.

SARAIVA, Antonio Mauro. **TI no agronegócio e a biodiversidade**. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. Escola Politécnica da USP. Apostila, 2003.

SARTO, F.M., MIRANDA, S.H.G.; BRISOLARA, C.S. Análise dos impactos econômicos da implantação do sistema de identificação e certificação de origem bovina e bubalina no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, SOBER, XLI, 2003. **Anais...** Juiz de Fora, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. Ano VII. n. 24. Dez. 2006.

SHAROV, A. Quantitative Population Ecology. **Dept. of Entomology**, Virginia Tech, Blacksburg, USA. Review appeared in the Plant Pathology Internet Guide Book as a "Tip of the month", August 1997

SILVA, A.C.S.; ARCE, A. C.; SOUTO, S.; COSTA, E.J.X. A wireless floating base sensor network for physiological response to livestock. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.49, n.2, pp.246-254, 2005.

SINGH, H. S. **Data Warehouse: Conceitos, Tecnologias, Implementação e Gerenciamento**. São Paulo: Makron Books, 2001.

SPERS, E.E. Qualidade e segurança em alimentos. In: ZYLBERSTAJN, D; NEVES, M.F. (Coord.) **Economia e Gestão dos Negócios Agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000, 428p.

TECH, A. R. B.; GUALAZZI, G. A. S.. Um modelo neural para a mensuração da informação no processo decisório. In: XXVII ENEGEP. CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2007, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** Foz do Iguaçu, 2007, p. 377.

TECH, A. R. B.; ARCE, A. I. C.; SILVA, A. C. S.; ONODY, Guilherme; COSTA, E. J. X.. Combinando os movimentos Random Walk e Pseudo-browniano para simular o deslocamento de um rebanho bovino. In: 44^a. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Jaboticabal, SP, Brasil. **Resumos...** Jaboticabal: UNESP, 24 a 27 de julho de 2007. 1 CD-ROM.